
PERANCANGAN MESIN MIXER ADONAN ROTI HORIZONTAL

Miftahul Surur¹, Estu Prayogi²

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin D3, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

² Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK

Pengadukan adonan roti merupakan salah satu proses dari serangkaian tahapan produksi roti yang dilakukan. Industri rumahan umumnya masih menggunakan metode pengadukan adonan secara manual, meskipun beberapa ada yang menggunakan mesin *mixer* dalam proses pengadukannya, tetapi kapasitas pengadukannya pun dirasa belum maksimal dalam menghadapi tingginya permintaan konsumen. Hal ini berpengaruh terhadap tingkat produktivitas dan efisiensi yang dihasilkan. Sebenarnya sudah banyak mesin *mixer* adonan roti yang beredar di pasaran, tetapi dirasa masih ada sedikit kendala dalam penggunaannya, terutama dalam hal pengoperasian dan perawatannya. Oleh sebab itu, penulis bertujuan melakukan penelitian tentang Perancangan Mesin *Mixer Roti Horizontal*, yang harapannya bisa menjawab permasalahan dari produsen roti rumahan dalam proses produksinya. Metode penelitian diawali dengan mengidentifikasi kebutuhan konsumen yang ada di pasaran, melakukan pengembangan dan merencanakan beberapa konsep sampai terpilih satu konsep yang dirasa tepat, lalu dilanjutkan dengan perhitungan dari tiap komponen mesin serta melakukan analisis, dan penerbitan gambar teknik. Mesin memakai motor listrik 0,75 HP dengan putaran 1400 RPM, kemudian direduksi putarannya oleh puli menjadi 1000 RPM, dan reduksi kembali dengan *Reducer* sehingga menjadi 100 RPM pada proses pengadukannya. Mesin ini dirancang dengan kapasitas pengadukan 15,5 kg per prosesnya yang berlangsung selama 15 menit, dan harapannya bisa meningkatkan produktivitas pembuatan roti.

Kata kunci : perancangan, mesin, roti, pengadukan, adonan.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Roti diartikan sebagai makanan yang terbuat dari tepung terigu yang diragikan dengan menggunakan ragi roti atau campuran dari terigu, air, telur, garam dan ragi dengan atau tanpa penambahan bahan lain. Dan selanjutnya adonan dibakar atau dipanggang. Umumnya pada industri UKM, proses pengadukan adonan roti masih menggunakan tenaga manusia, sehingga dibutuhkan tenaga yang besar dan waktu yang cukup lama dalam tiap proses pengadukannya.

Pada jurnal Fadwah Maghfurah, dkk (2016), beliau meneliti tentang Rancang Bangun Alat Mixer Vertikal Adonan Kue Donat Dengan Gearbox, menggunakan motor listrik dengan daya sebesar 0,5 HP dengan putaran motor 1400 rpm. *Gearbox* yang digunakan pada mesin *mixer* ini adalah jenis roda gigi kerucut lurus (*bevel gear*) dengan perbandingan roda gigi adalah 1,6 : 1 sehingga putaran *output* yang

dihasilkan setelah di reduksiya itu sebesar 875 rpm. Mesin *mixer* ini menggunakan wadah yang dapat memuat kapasitas 7 kg, sehingga dapat menghasilkan *output* sebesar 26 kg / jam.[1] Selain itu, Eko Sulistyono dan Eko Yudo (2016), dalam penelitiannya membahas tentang Rancang Bangun Mesin Pengaduk Adonan Ampiang. Hasil pengujian mesin dengan penggerak manual menghasilkan 5 kg dalam waktu 30 menit, dan persentase keseragaman pengadon adonan ampiang yaitu 80%. Bila dibandingkan dengan menggunakan mesin, didapatkan hasil yang jauh lebih besar yaitu dalam 10 menit menghasilkan 5 kg.[2] Selain itu, Sukanto (2011) dalam penelitiannya tentang Rancang Bangun Mesin Pembuat Bahan Adonan Roti Tipe *Horizontal*, hasil penelitian didapatkan bahwa kapasitas pengadukan sebesar 10 kg dalam waktu 15-20 menit.[3]

Dari beberapa jurnal atau sumber yang telah dipelajari, penulis ingin merancang mesin *mixer* adonan roti *horizontal*. Yang menjadi pembeda dari beberapa alat yang telah dibuat, yaitu terletak pada *tools* pengaduknya, serta penambahan penutup pada wadah masuk dan pemberian lubang keluar. Keunggulan yang diharapkan yaitu, pengadukan adonan bisa lebih homogen, aman dan higienis, serta meningkatkan produktivitas pembuatan roti.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana cara kerja mesin *mixer* adonan roti *horizontal* ?
2. Bagaimana pemilihan konsep pada mesin *mixer* adonan roti *horizontal* ?
3. Bagaimana perancangan komponen mesin *mixer* adonan roti *horizontal* ?
4. Bagaimana analisa yang dilakukan pada mesin *mixer* adonan roti *horizontal* ?

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini yaitu :

1. Memahami cara kerja mesin *mixer* adonan roti *horizontal*.
2. Perancangan konsep pada mesin *mixer* adonan roti *horizontal*.
3. Perancangan detail pada mesin *mixer* adonan roti *horizontal*.
4. Menganalisa kekuatan rangka pengaduk mesin *mixer* adonan roti *horizontal*.

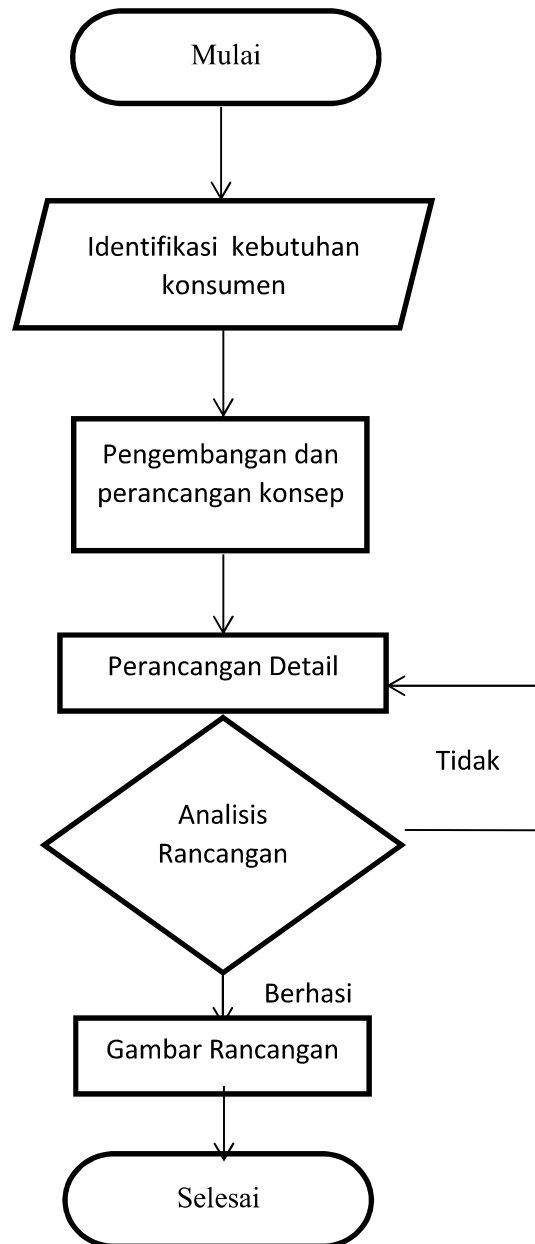
1.3 Cakupan Penelitian

Cakupan dari penelitian ini adalah :

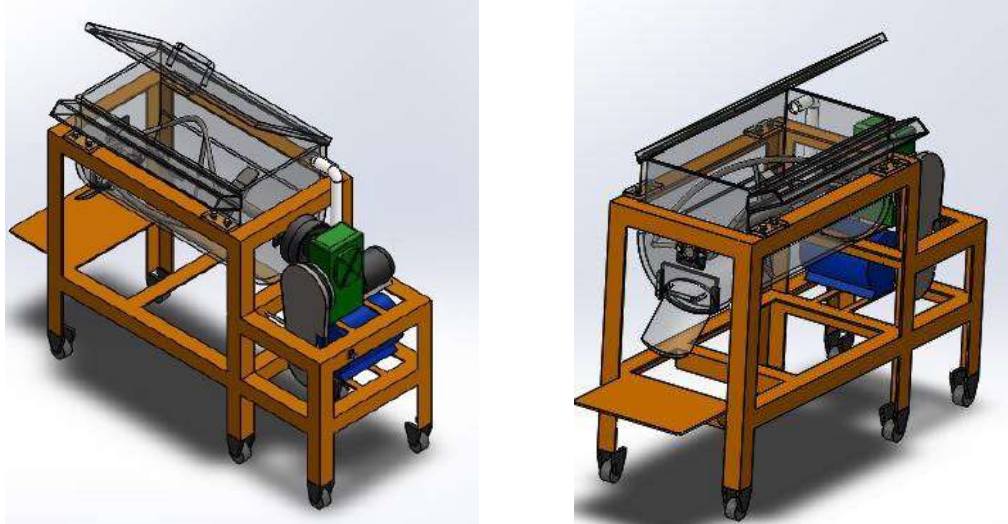
1. Kapasitas produksi direncanakan 15,5 kg.
2. Disain gambar menggunakan *software* Solidworks.
3. Menggunakan perancangan metode Ulrich-Eppinger.
4. Analisa difokuskan pada kekuatan rangka.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu sebagai berikut :



Penelitian diawali dengan mengidentifikasi kebutuhan konsumen, lalu mengembangkan ide-ide dan perancangan konsep sehingga terpilih satu varian produk, kemudian melakukan perhitungan komponen – komponen mesin dan menganalisisnya, dan penerbitan gambar teknik [4].



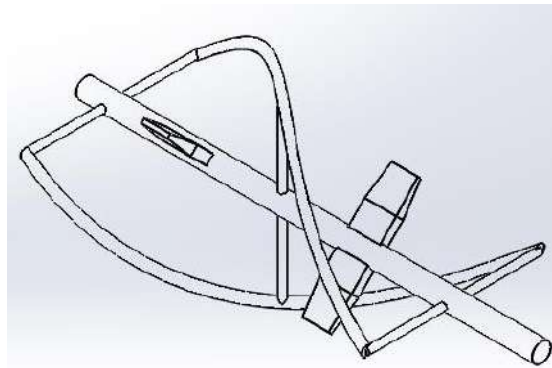
(a)

(b)

Gambar 1 Gambaran mesin: (a) tampak sisi depan; (b) tampak sisi belakang.

3. HASIL PENELITIAN

3.1 Penentuan Daya Motor



Gambar 2 Tools pengaduk.

Material *tools* pengaduk cast stainless steel, dengan massa jenis = 7700 kg/m³.

$$\begin{aligned} V_{\text{poros pengaduk}} &= \pi r^2 \times t \\ &= 3.14 \times 15^2 \times 722 \text{ mm} \\ &= 510093 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{helical}} &= \pi r^2 \times t \\ &= 3.14 \times 7,5^2 \times 550 \text{ mm} \\ &= 97144 \text{ mm}^3 \times 2 \text{ buah} = 194288 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{tumpuan helical}} &= \pi r^2 \times t \\ &= 3.14 \times 5^2 \times 275 \text{ mm} \\ &= 21588 \text{ mm}^3 \times 3 \text{ buah} = 64764 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{balok}} &= p \times l \times t \\
 &= 200 \times 50 \times 15 \text{ mm} \\
 &= 150000 \text{ mm}^3 \times 2 \text{ buah} = 300000 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{tools total}} &= V_{\text{poros pengaduk}} + V_{\text{helical}} + V_{\text{tumpuan helical}} + V_{\text{balok}} \\
 &= 510093 + 194288 + 64764 + 300000 \text{ mm}^3 \\
 &= 1069145 \text{ mm}^3 \\
 &= 0.0011 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa tools pengaduk} &= \text{Massa jenis material} \times V_{\text{tools total}} \\
 &= 7700 \text{ kg/m}^3 \times 0.0011 \text{ m}^3 \\
 &= 8.5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Diketahui : Massa tools pengaduk = 8.5 kg
Jari – jari tabung pengaduk (r) = 150 mm

Bahan – bahan dasar pembuatan roti :

Tabel 1 Bahan dasar adonan roti.

Material	Massa jenis (kg/m ³)	Volume yang dipakai (m ³)	Massa (kg)
Air	1000	0.002	2
Telur	1000	0.0015	1.5
Gula pasir	849	0.001	0.85
Garam	1201	0.0003	0.37
Tepung	593	0.005	3
Mentega	865	0.001	0.87
Total			8,6

Total massa bahan dasar roti sekitar 9 kg.

Jadi, beban kerja yang ditanggung oleh motor dalam bekerja :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Massa tools pengaduk} + \text{massa bahan dasar roti} \\
 &= 8.5 + 16 \\
 &= 24.5 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

- $T = F \times r$
 $= 24.5 \text{ kg} \times 150 \text{ mm}$
 $= 3675 \text{ kg.mm}$

- Daya yang dibutuhkan

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60 \text{ det}} \times T$$

$$= 2 \cdot 3,14 \cdot 1000/60 \cdot 3,675 \text{ kg.m}$$

$$= 385 \text{ watt}$$

$$P = 0,55 \text{ HP}$$

Karena $0,55 \text{ HP} < 3/4 \text{ HP}$, maka motor listrik dengan daya $3/4 \text{ HP}$ dapat dipakai.

3.2 Perencanaan Poros

Diketahui : $P = 0,728 \text{ kW}$
 $n = 1400 \text{ rpm}$

- Daya Rencana (P_d)

$$P_d = f_c \cdot P \quad [5]$$

$$= 1,0 \cdot 0,728 \text{ kW} \quad \text{Ket : } f_c = 1,0 \text{ dipilih karena daya normal}$$

$$= 0,728 \text{ kW}$$

- Torsi (T)

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1}$$

$$= 9,74 \times 10^5 \frac{0,728}{1400}$$

$$= 506,48 \text{ kg.mm}$$

- Material S30C, dengan tegangan tarik (σ) 48 kg/mm^2 .

- Tegangan Geser yang diizinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma}{(sf_1 \times sf_2)} \quad \text{Ket : } sf_1 = 6,0 \text{ karena memakai baja paduan}$$

$$= \frac{48}{(6,0 \times 2,0)} \quad sf_2 = 2,0 \text{ dikarenakan poros memiliki alur pasak}$$

$$= 4 \text{ kg/mm}^2$$

- Diameter poros

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t \cdot C_b \cdot T \right]^{1/3} \quad \text{Ket : } K_t = 2,0 \text{ karena diperkirakan terjadi tumbukan besar}$$

$$= \left[\frac{5,1}{4} \cdot 2,0 \cdot 2,0 \cdot 506,48 \right]^{1/3} \quad C_b = 2,0 \text{ karena diperkirakan terjadi beban lentur}$$

$$= 14 \text{ mm}$$

3.3 Perencanaan Puli dan Belt

Diketahui : Daya (P) = $0,560 \text{ kW}$
 n motor (n_1) = 1400 rpm
diameter poros = 14 mm
 n yang digerakkan (n_2) = 1000 rpm

$$\text{rasio antar } n_1 \text{ dan } n_2 (i) = 1,4$$

- Daya Rencana (P_d)

$$P_d = f_c \cdot P \quad \text{Ket : } f_c = 1,0 \text{ dipilih karena daya normal}$$

$$= 1,0 \cdot 0,728 \text{ kW}$$

$$= 0,728 \text{ kW}$$

- Torsi (T)

$$T_1 = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1}$$

$$= 9,74 \times 10^5 \frac{0,728}{1400}$$

$$= 506,48 \text{ kg.mm}$$

$$T_2 = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_2}$$

$$= 9,74 \times 10^5 \frac{0,728}{1000}$$

$$= 709 \text{ kg.mm}$$

- Material S30C, dengan tegangan tarik (σ) 48 kg/mm².

- Tegangan Geser yang diizinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma}{(sf_1 \times sf_2)} \quad \text{Ket : } sf_1 = 6,0 \text{ karena memakai baja paduan}$$

$$= \frac{48}{(6,0 \times 2,0)} \quad sf_2 = 2,0 \text{ dikarenakan poros memiliki alur pasak}$$

$$= 4 \text{ kg/mm}^2$$

- Diameter poros

$$d_{s1} = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t \cdot C_b \cdot T_1 \right]^{1/3} \quad \text{Ket : } K_t = 2,0 \text{ karena diperkirakan terjadi tumbukan besar}$$

$$= \left[\frac{5,1}{4} \cdot 2,0 \cdot 2,0 \cdot 506,48 \right]^{1/3} \quad C_b = 2,0 \text{ karena diperkirakan terjadi beban lentur}$$

$$= 14 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t \cdot C_b \cdot T_2 \right]^{1/3}$$

$$= \left[\frac{5,1}{4} \cdot 2,0 \cdot 2,0 \cdot 709 \right]^{1/3}$$

$$= 15,5 \text{ mm}$$

- Berdasarkan RPM dan daya rencana, maka terpilihlah penampang sabuk-V tipe A.

- Diameter min. yang anjurkan sabuk-V tipe A = 95 mm

$$d_p = 95 \text{ mm} \quad \text{Ket : } d_s = \text{diameter poros}$$

$$D_p = 95 \times i \quad d_p = \text{diameter lingkaran jarak bagi puli}$$

$$= 95 \times 1,4 \quad d_k = \text{diameter luar puli}$$

$$= 133 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}d_k &= d_p + (2 \times K) \\ &= 95 + (2 \times 4,5) = 104 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}D_k &= D_p + (2 \times K) \\ &= 133 + (2 \times 5,5) = 144 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Kecepatan sabuk V

$$\begin{aligned}v &= \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_1}{60 \times 1000} \\ &= \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 1400}{60000}\end{aligned}$$

$$= 6,96 \text{ m/s}$$

6,96 m/s < 30 m/s, baik.

- Panjang keliling sabuk (L)

$$\begin{aligned}L &= 2C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4C} (D_p - d_p)^2 \\ &= 2.225 + \frac{3,14}{2} (95 + 133) + \frac{1}{4.225} (133 - 95)^2 \\ &= 450 + 1,57 (228) + \frac{1}{900} (1444) \\ &= 450 + 1,57 (228) + \frac{1444}{900} \\ &= 450 + 357,96 + 1,60 \\ &= 809,56 \text{ mm} \\ &= 813 \text{ mm}.\end{aligned}$$

Didapat nomor nominal sabuk – V : 32 inch, $L = 813 \text{ mm}$.

3.4 Perbandingan Putaran Reducer

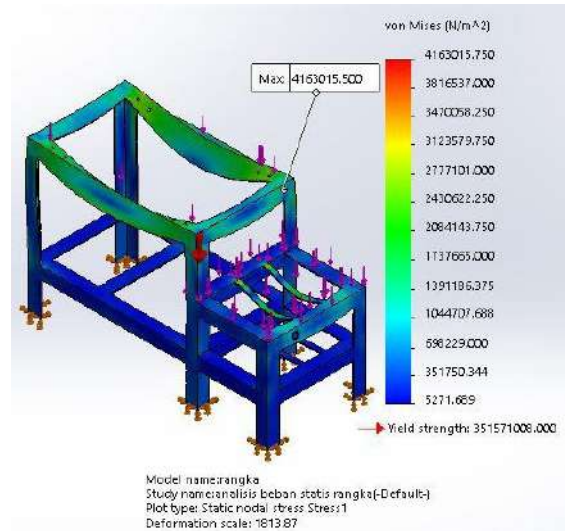
Mesin mixer ini menggunakan *reducer* jenis WPA 70, dengan spesifikasi Input shaft diameter 18 mm; Output shaft diameter 28 mm; Rasio putaran 1:10.[6]

Jadi, perhitungannya rasio nya adalah :

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{100}{1000} = \frac{1}{10}$$

Dengan perbandingan 1:10, maka putaran pada input reducer adalah 1000 rpm, dan output 100 rpm, yang selanjutnya akan memutar tools pengaduk.

3.5 Analisis kekuatan rangka



Gambar 3 Tegangan yang terjadi pada rangka.

Pembebanan yang diberikan adalah sebesar 62 kg. Tegangan maksimal yang terjadi adalah 4181046.25 N/m² yang ditunjukkan pada area berwarna merah. Kesimpulannya, rangka dengan material ini aman digunakan karena tegangan maksimal yang terjadi tidak melebihi batas *yield strength*. [7]

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian tentang perancangan mesin *mixer* adonan roti *horizontal* ini diantaranya sebagai berikut :

1. Konsep kerja pada mesin ini yaitu, mesin memiliki pemasukan air secara otomatis, penutup bak pengaduk, dan corong keluar yang memudahkan dalam proses kerjanya.
2. Hasil perancangan detail, mesin ini memakai penggerak motor listrik dengan daya $\frac{3}{4}$ HP, transmisi *v-belt* dan *reducer* untuk mereduksi putarannya menjadi lambat dalam proses pengadukan, dan dilengkapi *belt tensioner* untuk penyetelan defleksi dari *v-belt*.
3. Kapasitas produksi yang dihasilkan adalah 15,5 kg per prosesnya yang berlangsung sekitar 15 menit.
4. Tegangan maksimal yang terjadi pada rangka adalah 4181046.25 N/m², dan displacement maksimal yang terjadi adalah 0,056 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Maghfurah, "Rancang Bangun Alat Mixer Vertikal Adonan Kue Donat Dengan Gearbox Tipe Bevel Gear Kapasitas 7 Kilogram," vol. 22, pp. 1–6, 2016.
- [2] R. Saputra, "Rancang bangun mesin pengaduk adonan ampiang," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, no. November, pp. 1–5, 2017.
- [3] A. R. Wahid *et al.*, "ANALISIS MESIN MIXER HORIZONTAL DENGAN VARIASI PUTARAN DAN WAKTU PENGADUKAN," vol. 1, pp. 8–17.
- [4] K. T. dan S. D. E. Ulrich, *Perancangan & Pengembangan Produk*. Jakarta: Salemba Teknika, 2001.
- [5] K. S. Sularso, *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita, 2004.

- [6] PT. Cakra Adji Gunung, “Worm Gear Reducer WPA Series | PT. CAKRA ADJI GUNUNG,” 2017. [Online]. Available: <https://nusajayateknik.com/2017/03/14/worm-gear-reducer-wpa-series/>. [Accessed: 07-Aug-2019].
- [7] Dassault Systemes, “Solidworks 2016.” Dassault Systemes, 2016.

PERENCANAAN SISTEM PEMADAM KEBAKARAN PADA GEDUNG PERKANTORAN X 24 LANTAI DENGAN LUAS BANGUNAN 1225 M²

Ridwan Aziz^{††††}, Setiyono²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK

Gedung Perkantoran X 24 Lantai dengan luas bangunan 1225 m² memerlukan perencanaan pemadam api saat terjadi kebakaran. Tiap lantai diperlukan *Indoor Hydrant Box* (IHB) dan mempunyai sprinkler otomatis yang dilengkapi dengan *fire alarm* dan *smoke detector*. Perlu direncanakan dan dihitung untuk mengetahui volume tangki air pemadam kebakaran, *head* pompa, tekanan kerja yang dicapai pada *Indoor Hydrant Box*, dan jumlah sprinkler otomatis yang melindungi area gedung berdasarkan peraturan dan standar yang ditetapkan.

Metode perencanaan dilakukan dengan mencari data pada gedung sesuai dengan fungsi, tinggi, luasan, dan jumlah lantai gedung X. Lalu dianalisa perhitungan kebutuhan, penentuan ukuran dan pemilihan spesifikasi pompa pemadam kebakaran yang memenuhi standar.

Perencanaan ini mendapatkan hasil volume tangki 170,325 m³, *head* pompa 201,02 mH₂O, pembagian zona menjadi 3 zona yaitu *Low Zone*, *Middle Zone*, dan *High Zone*. Pengurangan tekanan menggunakan *Pressure Reducing Valve* (PRV) sebesar 4,7 bar, dan ukuran *Orifice Plate* berkisar dari 22,76 mm sampai 35,72 mm untuk mencapai tekanan sesuai kebutuhan.

Kata kunci : *Kebakaran; Indoor Hydrant Box; Sprinkler; Head Pompa; Tangki pemadam kebakaran*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Gedung Perkantoran X yang berlokasi di Jakarta Selatan memiliki ketinggian 24 lantai sekitar 112 meter dengan luasan perlantainya 1225 m² memerlukan perencanaan dan pengelolaan desain instalasi pemadam kebakaran. Perlindungan kebakaran adalah sebuah cara pencegahan terjadinya kebakaran dan atau meluasnya kebakaran. ke.ruangan-ruangan ataupun lantai-lantai bangunan, mengurangi resiko bahaya kebakaran, mengatur zona yang berpotensi menimbulkan kebakaran, serta kesiapan dan kesiagaan sistem perlindungan kebakaran aktif maupun perlindungan pasif. [1] mengidentifikasi bahaya kebakaran yaitu mengetahui proses bahaya dan karakteristik api dan menempatkan desain perlindungan api pada bangunan saat kondisi awal deteksi kebakaran dan peralatan alarm, dan sprinkler yang harus selalu aktif. [2]

Sistem perlindungan aktif yang digunakan pada bangunan gedung berupa sprinkler otomatis dan sistem *Indoor Hydrant Box* (kotak hidran). Proses perancangan sprinkler otomatis dan kotak hidran gedung ini memerlukan perencanaan terhadap kebutuhan air pemadam yang dibutuhkan guna mendapat kapasitas pompa. Sistem kerja dari ruang pompa pemadam kebakaran gedung dimulai dari pompa jockey (kapasitas kecil) yang selalu dalam keadaan *standby*. Jika terjadi kebakaran dan katup-katup terbuka maka akan terjadi penurunan tekanan yang drastis. Penurunan tekanan yang signifikan ini menyebabkan pompa elektrik (kapasitas besar) menyala untuk menyuplai kebutuhan air pemadaman. Adapun jika terjadi korsleting listrik dan listrik padam sehingga tidak dapat menhidupkan pompa elektrik, terdapat pompa diesel yang menggantikan kerja pompa elektrik untuk menyuplai air pemadam.

Perencanaan pemadaman kebakaran dengan sprinkler otomatis dan *Indoor Hydrant Box* (kotak hidran) ini bertujuan untuk memenuhi standar keamanan yang telah ditetapkan oleh peraturan dan yang terpenting adalah memastikan setiap area tercapai oleh sprinkler dan mengatur tekanan yang dapat dicapai *nozzle* kotak hidran tiap lantainya. Tekanan yang berlebih pada kotak hidran akan berdampak pada tidak dapat digunakan, karena

†††† Corresponding author: sudahgede20@gmail.com

memungkinkan terjadinya hentakan, sementara tekanan yang kurang berakibat pada tidak terjangkaunya semua bagian gedung oleh *noozle* hidran.

Rumusan Masalah

1. Kebutuhan *fire water tank* di Gedung Perkantoran X.
2. Kapasitas pompa pemadam kebakaran dan *head* pompa yang digunakan.
3. Tekanan kerja yang dicapai pada tiap *indoor hydrant box*.
4. Instalasi Sprinkler Otomatis pada lantai terjauh.

Batasan Masalah

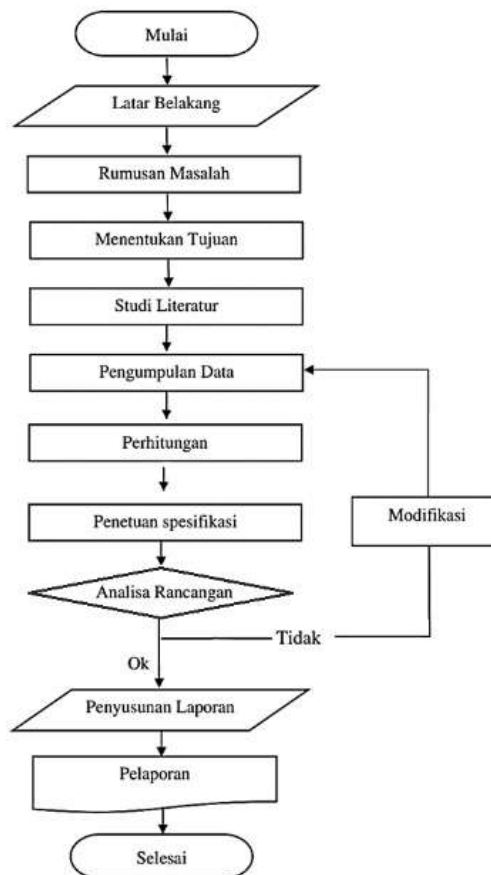
1. Perhitungan kebutuhan *fire water tank* berdasarkan luasan gedung.
2. Perhitungan kapasitas, *head* total dan daya pompa sentrifugal
3. Perhitungan tekanan yang dicapai *IHB* tiap lantai dan pengurangan tekanan oleh *oriffice plate*.
4. Perhitungan tekanan pada sprinkler otomatis lantai terjauh.

Maksud dan Tujuan

Maksud serta tujuan dari perencanaan sistem perlindungan kebakaran ini adalah untuk mendapatkan volume tangki air pemadam kebakaran, mengetahui *head* pompa dan tekanan kerja yang dicapai pada *Indoor Hydrant Box* , dan jumlah sprinkler otomatis yang melindungi area gedung berdasarkan peraturan dan standar yang ditetapkan.

METODE

Metode Penelitian



Gambar 2.1 Diagram Alir

Identifikasi Masalah

Pada tahap ini mengidentifikasi masalah dengan cara mencari data pada gedung sesuai dengan fungsi, tinggi, luasan, jumlah lantai dan jumlah individu yang akan mengisi gedung tersebut.

Perumusan Masalah

Pada tahap ini setelah mengidentifikasi masalah – masalah yang terjadi pada gedung tersebut didapatkan informasi yang dapat dirumuskan menjadi beberapa masalah, yaitu :

1. Kebutuhan *fire water tank* di Gedung Perkantoran X.
2. Kapasitas pompa dan *head* pompa yang digunakan untuk penyalur air pemadam kebakaran.
3. Tekanan kerja yang dicapai pada tiap *indoor hydrant box*.
4. Instalasi Sprinkler Otomatis.
5. Instalasi Fire Alarm dan simulasi saat terjadi kebakaran

d. Studi Literatur

Setelah dilakukan perumusan masalah, langkah selanjutnya adalah mencari sumber pustaka yang akan digunakan sebagai rujukan untuk mencapai perumusan masalah. Sumber Pustaka diperoleh dari buku ilmiah, jurnal ilmiah, standar yang dipakai, peraturan pemerintah, dan lain sebagainya.

Pengumpulan Data

Pengambilan data untuk perencanaan ini didapatkan dari studi dokumen yang ada pada Gedung Perkantoran X di Jakarta Selatan. Data yang didapat berupa denah arsitek dan kelengkapan untuk instalasi lainnya.

Pengolahan Data

Pada tahap ini Data yang dikumpulkan akan diolah berdasarkan perhitungan yang dibutuhkan sesuai dengan referensi buku ilmiah dan jurnal ilmiah.

Analisis Data

Data yang telah diolah sesuai dengan referensi buku ilmiah dan jurnal ilmiah akan dianalisis sesuai dengan standar yang berlaku dan peraturan pemerintah. Yaitu :

- a. Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta No. 92 Tahun 2014, tentang Persyaratan Teknis dan Tata Cara Pemasangan Sistem Pipa Tegak dan Slang Kebakaran dan Hidran Halaman.
- b. Standar Nasional Indonesia No. SNI 03-1745-2000 tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Pipa Tegak dan Slang Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Gedung.
- c. Standar Nasional Indonesia No. SNI 03-3989-2000 tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Sprinkler Otomatik Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Gedung.
- d. Standar Nasional Indonesia No. SNI 0225:2011 tentang Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011.
- e. *National Fire Protection Association 10 : Standard for Fire Extinguisher Systems.*
- f. *National Fire Protection Association 13 : Standard for the Installation of Sprinkler Systems.*
- g. *National Fire Protection Association 14 : Standard for the Installation of Standpipe Systems.*
- h. *National Fire Protection Association 20 : Standard for the Installation of Fire Pumps.*

HASIL DAN ANALISIS

Spesifikasi

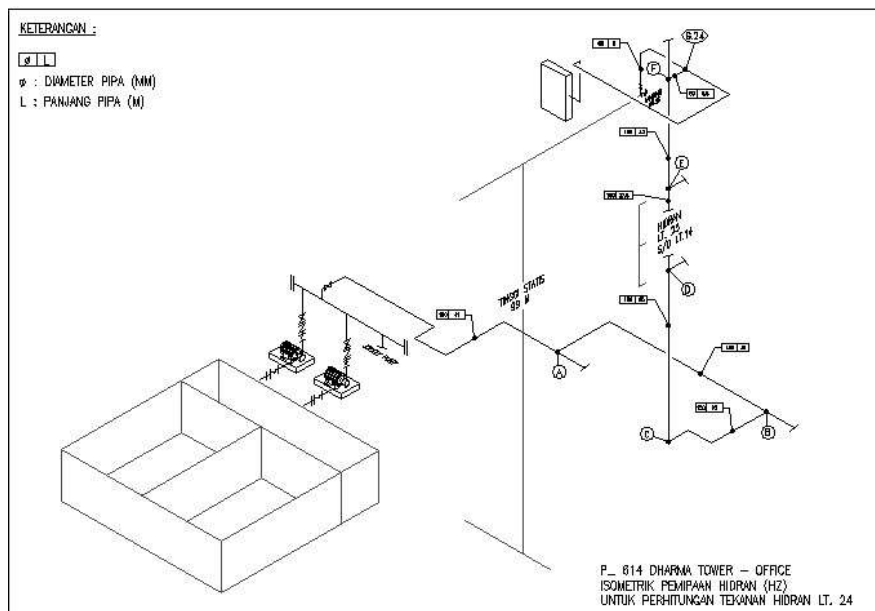
Gedung perkantoran X memiliki 24 lantai dan 4 basement dengan total ketinggian 107,5 m diatas permukaan jalan dengan luasan 1225 m² pada lantai tipikalnya. Data ketinggian gedung dan tiap lantainya dapat dilihat di tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data elevasi lantai gedung

Lantai	Level Lantai (m)	Tinggi Lantai (m)
Atap	107,5	-
24	102,4	5,1
23	98,2	4,2
22	94,0	4,2
21	89,8	4,2
20	85,6	4,2
19	81,4	4,2
18	77,2	4,2
17	73,0	4,2
16	68,8	4,2
15	64,6	4,2
14	60,4	4,2
13	56,2	4,2
12	52,0	4,2
11	47,8	4,2

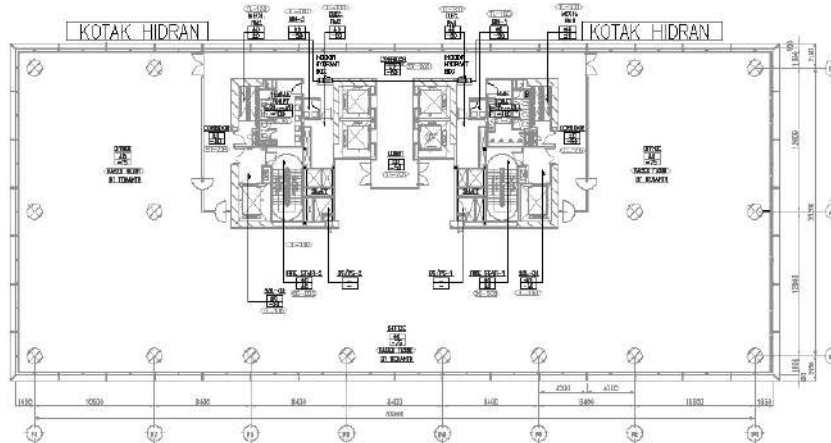
Lantai	Level Lantai (m)	Tinggi Lantai (m)
10	43,6	4,2
9	39,4	4,2
8	35,2	4,2
7	31,0	4,2
6	26,8	4,2
5	22,6	4,2
4	18,4	4,2
3	14,2	4,2
2	10	4,2
Dasar	0	10,0
B1	-4,25	4,25
B2	-7,75	3,5
B3	-11,25	3,5
B4	-14,75	3,5

Instalasi perpipaan dan penggunaan pipa digambarkan dalam bentuk isometrik yang tidak berskala untuk menunjukkan panjang dan diameter pipa, serta sambungan yang ada pada pipa serta untuk menunjukkan tinggi statis dari tangki ke kotak hidran terjauh di lantai 24.



Gambar 3.1 Isometrik instalasi pompa ke kotak hidran lantai 24

IHB atau kotak hidran diletakkan seperti pada terlihat di gambar 3.2 dengan jarak maksimum antar kotak hidran 40 m. Panjang koridor didapat sepanjang 35 m, maka digunakan 2 kotak hidran yang diletakkan di sisi kanan dan kiri gedung dekat tangga kebakaran.



Gambar 3.2

hidran lantai 24

Peletakan kotak

Perhitungan

Kebutuhan Fire Water Tank

Gedung perkantoran X mempunyai 2 (dua) tangga kebakaran, maka :

- 1 tangga pertama : 500 GPM
- 1 tangga kedua : 250 GPM
- Total : 750 GPM

Maka kapasitas pompa (Q) yang dibutuhkan adalah sebesar 750 GPM.

Waktu penyediaan *fire water tank* ditentukan waktu operasi pompa untuk bahaya kebakaran sedang yaitu 60 menit. Data yang diketahui sebagai berikut :

$$Q = 750 \text{ [GPM]}, t = 60 \text{ [menit]}$$

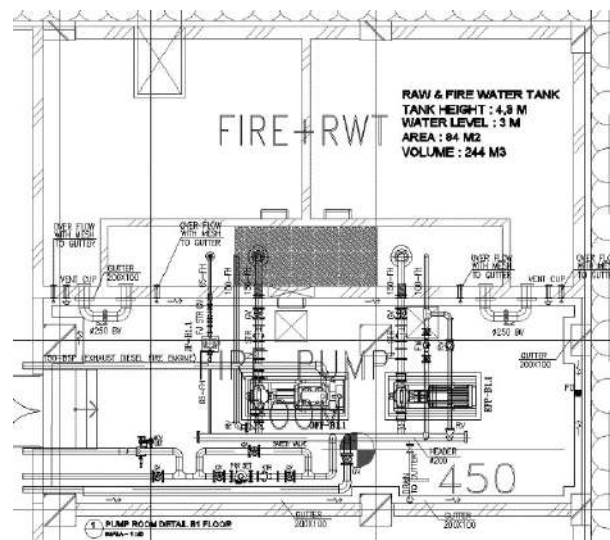
Volume Tangki Pemadam Kebakaran :

$$V = \frac{Q (3,785) t}{1000}$$

$$V = \frac{750 \cdot (3,785) \cdot 60}{1000}$$

$$V = 170,325 \text{ [m}^3\text{]}$$

Volume tangki pemadam kebakaran yang dibutuhkan untuk kapasitas pompa 750 GPM dan waktu operasi pompa 60 menit adalah 170,325 m³.



Gambar 3.3 Instalasi pompa di lantai basement

Head Pompa

Tabel 3.2 Perhitungan total rugi gesek pipa hidran

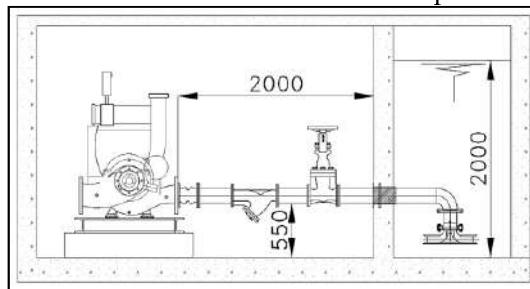
Keterangan	Laju Aliran (GPM)	Diameter Pipa (mm)	Panjang Pipa (m)	Fitting		Valves		Eq. length		Total Eq. length (m)	i' (m/m)	Rugi Gesek (m)
				Tee (bh)	Elbow (bh)	GV (bh)	CV (bh)	Fitting (m)	Valves (m)			
Tangki - Pompa	750	150	2,5	0	2	1	0	8,5	0,91	11,95	0,055	0,654
Pompa - Header	750	150	2,5	0	1	1	1	4,3	10,67	17,44	0,055	0,955
Header - A	750	150	41,0	2	4	1	0	35,4	0,91	77,27	0,055	4,232
A - B	750	150	40,0	2	1	0	0	22,6	0,00	62,56	0,055	3,426
B - C	500	150	45,0	0	1	0	0	4,3	0,00	49,27	0,026	1,274
C - D	500	150	64,0	0	0	0	0	0,0	0,00	64,00	0,026	1,655
D - E	500	150	43,0	0	0	0	0	0,0	0,00	43,00	0,026	1,112
E - F.LMR	250	80	5,5	1	0	0	0	4,6	0,00	10,07	0,153	1,539
F.LMR - Landing Valve	250	65	5,0	1	2	0	0	7,3	0,00	12,32	0,420	5,168
Total rugi gesek =											20,02	

Tinggi statis = 112 m

Tekanan pompa pemadam kebakaran = Tek. Stasis + Kerugian gesek + Tek. Required
= 112 + 20,02 + 69 = 201,02 mH₂O = 20,1 bar

NPSH (Net Positive Suction head)

Pencegahan terjadinya kavitasi dihitung dengan NPSH yang tersedia lebih besar dari yang diperlukan. Data yang diperoleh dari pemilihan spesifikasi dan tabel-tabel referensi didapatkan data sebagai berikut :



Gambar 3.4 Isapan pompa 750 GPM

$$P_{atm} = 1,109 \cdot 10^5 \text{ [N/m}^2\text{]} \text{ (properti atmosfer suhu } 20^{\circ}\text{C)}$$

$$\gamma = 9,789 \cdot 10^3 \text{ [N/m}^2\text{]} \text{ (berat jenis air suhu } 20^{\circ}\text{C)}$$

$$z = 0 \text{ [m]}$$

$$\sum h_L = 2,57 \text{ [m]}$$

$$P_v = 2,338 \cdot 10^3 \text{ [N/m}^2\text{]} \text{ (tekanan uap suhu } 20^{\circ}\text{C)}$$

$$NPSH_R = 10 \text{ [Feet]} = 3,048 \text{ [m]}$$

Maka :

$$NPSH_A = \frac{P_{atm}}{\gamma} - z_1 - \sum h_L - \frac{P_v}{\gamma}$$

$$NPSH_A = \frac{1,109 \cdot 10^5}{9,789 \cdot 10^3} - 0 - 2,57 - \frac{2,338 \cdot 10^3}{9,789 \cdot 10^3}$$

$$NPSH_A = 11,32 - 2,57 - 0,23$$

$$NPSH_A = 8,52 \text{ [m]}$$

$$NPSH_A > NPSH_R$$

Dari perhitungan didapatkan bahwa angka dari NPSH_A (yang tersedia) lebih tinggi dari NPSH_R (yang diperlukan), maka kemungkinan terjadinya kavitasi pada sisi hisap pompa tidak ada.

Tekanan Indoor Hydrant Box (IHB)

Perhitungan Tekanan IHB Tiap Lantai

Tekanan pada nozzle diameter 40 mm di dalam IHB pada titik terjauh (lantai teratas) diambil tekanan maksimum yang diizinkan yaitu 6,9 bar. Lantai-lantai berikutnya dihitung dengan penambahan beda ketinggian statis tiap lantai sampai dengan maksimum 12,1 bar. Setelah tekanan sampai tekanan maksimum

maka akan dibuat zona berbeda dengan tekanan diulang dari 6,9 bar. Tekanan pada tiap IHB dapat dilihat di tabel 3.3.

Tabel 3.3 Tekanan sisa tiap lantai

Lantai	Level Lantai (m)	Tinggi Lantai (m)	Tekanan di IHB (Bar)
Atap	107,5	-	6,90
24	102,4	5,1	7,40
23	98,2	4,2	7,82
22	94,0	4,2	8,24
21	89,8	4,2	8,66
20	85,6	4,2	9,08
19	81,4	4,2	9,50
18	77,2	4,2	9,92
17	73,0	4,2	10,34
16	68,8	4,2	10,76
15	64,6	4,2	11,18
14	60,4	4,2	11,60
13	56,2	4,2	6,90
12	52,0	4,2	7,32
11	47,8	4,2	7,74
10	43,6	4,2	8,16
9	39,4	4,2	8,58
8	35,2	4,2	9,00
7	31,0	4,2	9,42
6	26,8	4,2	9,84
5	22,6	4,2	10,26
4	18,4	4,2	10,68
3	14,2	4,2	11,10
2	10	4,2	11,52
Dasar	0	10,0	6,90
B1	-4,25	4,25	7,33
B2	-7,75	3,5	7,68
B3	-11,25	3,5	8,03
B4	-14,75	3,5	8,38

Perhitungan Pengurangan Tekanan di PRV

Penentuan pengurangan tekanan oleh PRV dihitung dengan menentukan *head total* yang diperlukan pada lantai Dasar sesuai dengan zona proteksi kebakaran. Pada lantai Dasar adalah titik terjauh zona 1 dari ruang pompa. Sesuai dengan aturan tersebut tekanan di pipa tegak lantai tersebut dihitung pada angka 6,9 Bar. Perhitungan ini memakai rumus Hazen-Williams, yaitu :

$$Q = (1,67).(c).(d^{2,63}).(i^{0,54}).(10.000)$$

(Ref. Buku Perencanaan dan Pemeliharaan Sistem Plambing oleh Soufyan M. Noerbambang & T. Monimura)

di mana :

Q	=	Laju aliran air (liter/menit)
c	=	Koefisien kecepatan aliran
d	=	Diameter dalam pipa (m)

$$i = \text{Gradien hidraulik (m/m)}$$

Tabel 3.4 Perhitungan PRV lantai Dasar sampai lantai Basement 4

Keterangan	Laju Aliran (GPM)	Dia. Pipa (mm)	Panj. Pipa (m)	Fitting		Valves		Eq. length		Total Eq. length (m)	i' (m/m)	Rugi Gesek (m)
				Tee (bh)	Elbow (bh)	GV (bh)	CV (bh)	Fitting (m)	Valves (m)			
PRV - E	500	150	4,2	1	3	1	0	21,9	0,91	27,06	0,026	0,700
E - F	500	80	0,5	1	0	0	0	4,6	0,00	5,07	0,551	2,794
F - Landing Valve	250	65	13,0	1	2	1	0	7,3	0,30	20,62	0,420	8,653
										Total rugi gesek =	12,15	

Tinggi Statis Sampai Lantai 1 = 10 m
 Tekanan Sampai Ke Landing Valve 2,5" di Lantai Dasar =
 Tinggi Statis + Rugi Gesek + Tek. *Required* = 10,0 + 12,15 + 69 = 91 m = 9,1 bar

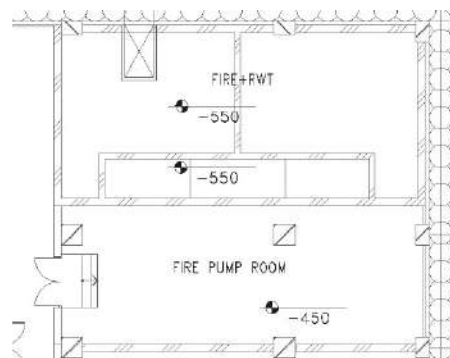
Analisa Hasil

Pompa

Pompa yang digunakan pada sistem ini ada tiga yaitu pompa *jockey*, elektrik dan diesel. Kapasitas pompa yang dipilih harus sesuai dengan persyaratan dengan tujuan dapat memenuhi pasokan air selama kebakaran terjadi. Selain kapasitas, *head* pompa juga harus dapat mencapai lantai terjauh dengan tekanan yang harus dicapai. Proses perencanaan ini mendapatkan hasil kapasitas pompa *jockey* sebesar 25 GPM, dan pompa utama sebesar 750 GPM. Pompa *jockey* digunakan tipe *vertical multi stage* dengan alasan kapasitas rendah sedangkan *head* tinggi. Pompa utama digunakan tipe *horizontal split case* dengan alasan kapasitas dan *head* tinggi. *Head* pompa yang diperlukan sebesar 201,02 mH₂O. Sesuai dengan spesifikasi yang ada, maka dipilih pompa elektrik dengan kapasitas 750 GPM dengan *max.* BHP 209 HP dan diesel *max.* BHP 239 HP. Pompa elektrik menggunakan kecepatan putaran sebesar 2960 rpm dan pompa diesel sebesar 2600 rpm.

Tangki Air Pemadam Kebakaran

Berdasarkan kapasitas pompa yang telah dipilih sebesar 750 GPM, maka ditentukan waktu yang diperlukan untuk persediaan air pemadam. Waktu yang digunakan untuk apartemen ini adalah 60 menit untuk bahaya kebakaran tingkat menengah. Perhitungan ini mendapatkan hasil volume tanki sebesar 170,325 m³. Dimensi untuk tanki tersebut dibuat sesuai dengan ketersediaan tempat pada lantai basement gedung dengan luas area sebesar 84 m² dan ketinggian air 2 m.



Gambar 3.5 Area tangki air pemadam kebakaran

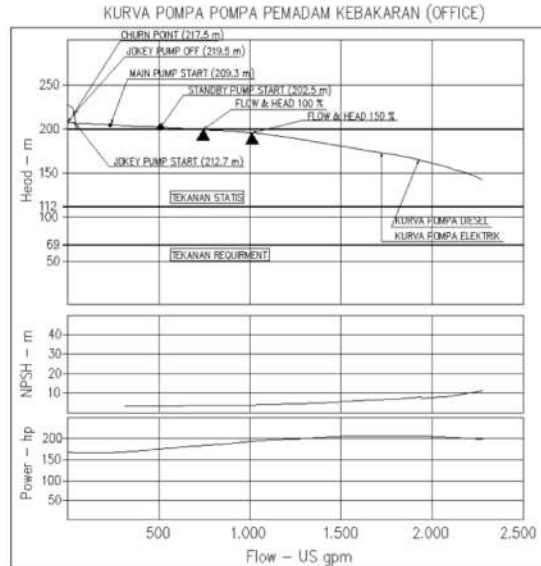
Total kebutuhan tanki air pemadam kebakaran akan digabungkan dengan kebutuhan air bersih yang disuplai oleh PDAM. Kapasitas tanki air ditambahkan oleh 25% dari total kebutuhan air bersih gedung dan didapat sebesar 54 m³. Tujuan dari penambahan air ini adalah untuk keperluan teknis agar terjadi sirkulasi air pada tanki tersebut.

Analisis Pompa Pemadam Kebakaran

Perencanaan sistem proteksi kebakaran ini mendapatkan hasil perhitungan spesifikasi-spesifikasi pompa yang digunakan. Agar susunan pompa yang digunakan dapat berjalan maksimal, maka harus dilakukan setting tekanan aktivasi pompa.

Setting tekanan pada pompa pemadam kebakaran bertujuan menentukan daerah kerja pompa *jockey* dan pompa utama. Penjelasan setting tekanan pompa sebagai berikut :

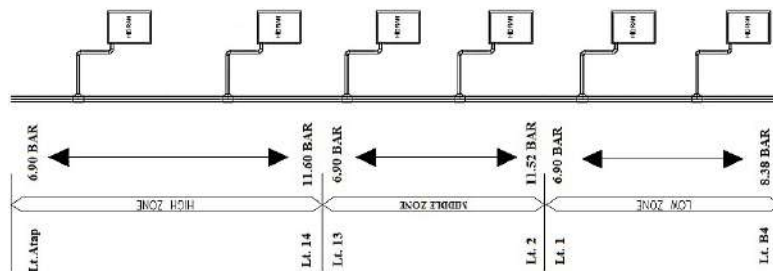
- Churn point + tek.statik = 21,75 + 0,2 = 21,95 [bar]
- Pompa *jockey stop* = 21,95 [bar]
- Pompa *jockey start* = 21,95 – 0,70 = 21,25 [bar]
- Pompa kebakaran *stop* = 21,25 [bar]
- Pompa kebakaran *start* = 21,25 – 0,35 = 20,90 [bar]



Gambar 3.6 Grafik performa pompa pemadam kebakaran

Zona Pemadam Kebakaran

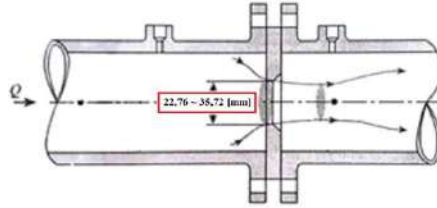
Dari hasil perhitungan didapat bahwa untuk distribusi air pemadam dari ruang pompa dibagi menjadi tiga zona yaitu zona 1 (*low zone*) dari lantai basement 4 sampai lantai 1, zona 2 (*middle zone*) dari lantai 2 sampai lantai 13, dan zone 3 (*high zone*) dari lantai 14 sampai lantai atap. Kelebihan tekanan pada zona 2 (*middle zone*) yaitu lantai 2 sampai lantai 13 dikurangi dengan penggunaan *pressure reducing valve* (PRV) yang diletakkan di lantai 2. PRV disetting untuk mengurangi tekanan sebesar 4,62 bar. Kelebihan tekanan pada zona 3 (*high zone*) yaitu lantai 14 sampai lantai atap dikurangi dengan penggunaan *pressure reducing valve* (PRV) yang diletakkan di lantai 14. PRV disetting untuk mengurangi tekanan sebesar 4,7 bar.



Gambar 3.7 Pembagian zona pemadam kebakaran

Tekanan Indoor Hydrant Box

Tekanan keluar pada *nozzle* 40 mm didapatkan sesuai dengan SNI-1745-2000 dimana tekanan berada pada rentang 4,5 bar sampai 6,9 bar. Pengurangan tekanan dari pipa tegak ke pipa cabang IHB menggunakan *orifice plate*. Dari perhitungan didapatkan rentang ukuran yang digunakan sebesar 22,76 mm sampai 35,72 mm.



Gambar 3.8 Ukuran Orifice plate

KESIMPULAN

a. Kesimpulan

Hasil dari analisis masalah, pengolahan data perencanaan dan perhitungan serta pemilihan spesifikasi yang dilakukan mendapatkan hasil-hasil yang dibutuhkan untuk proteksi kebakaran berbasis air pada Perkantoran X. Perencanaan yang telah dilakukan disimpulkan sebagai berikut :

1. Seluruh perencanaan dan perhitungan dalam perencanaan sistem pemadam kebakaran ini hanya dikhususkan untuk gedung Perkantoran X 24 lantai. Untuk beberapa kasus dengan karakteristik yang sama, dapat digunakan untuk referensi.
2. Tekanan kerja pada *indoor hydrant box* ini didesain untuk mencapai tekanan yang disyaratkan sebesar 4,5 sampai 6,9 bar sesuai dengan SNI-1745-2000 tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Pipa Tegak dan Slang Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Gedung..
3. Pompa yang digunakan dengan spesifikasi kapasitas 750 GPM dan *head* 201,02 mH₂O dapat dipilih dari produsen manapun dengan spesifikasi yang sesuai.
4. Sprinkler yang dipakai adalah sprinkler *type pendant* dan *upright* yang akan pecah pada suhu 57⁰ C. Dan memadamkan area kebakaran luasan 12 m² sesuai dengan SNI 03-3989-2000 tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Sprinkler Otomatik Untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Gedung.

b. Saran

Penelitian ini bisa lebih dioptimalkan lagi dengan menghitung dan menganalisa perhitungan pada *loses* dari gesekan dari tiap fitting dan jenis bahan pipa yang dipakai pada gedung kantor X.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Pekerjaan Umum, "Permen PU No. 26 tahun 2008 tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan," *Kementeri. Pekerj. Umum*, pp. 1–311, 2008.
- [2] H. Sularso; Tahara, *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1985.
- [3] Badan Standar Nasional Indonesia, "Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Pipa Tegak dan Slang untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung.," *Sni 03-1745- 2000*, pp. 1–46, 2000.
- [4] S. Soewarno, *Pemahaman Terhadap Instalasi Pemadam kebakaran berbasis Air*, 2011th ed. Jakarta: Persatuan Insinyur Mesin Indonesia, 2011.
- [5] R. A. Parisher, *Pipe Drafting and Design*. Amerika, 2002.
- [6] B. Park, "Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems 2013 Edition," 2013.
- [7] T. . Munson, B.R; Young, D.F; Okiishi, *Mekanika Fluida jilid 1*, 2016th ed. Jakarta: Erlangga, 2003.
- [8] T. . Munson, B.R; Young, D.F; Okiishi, *Mekanika Fluida Jilid 2*, 2016th ed. Jakarta: Erlangga, 2003.

PERANCANGAN MESIN PEMBELAH LIMBAH KAYU UNTUK KONSUMSI BAHAN BAKAR

Bambang Sulaksono¹, Rizki Muladi²

¹ Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

² Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin D3, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK

Membelah kayu merupakan salah satu kegiatan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan konsumsi bahan bakar yang menggunakan kayu. Sejumlah perusahaan pengolahan kayu masih menggunakan cara pembelahan kayu secara manual, dan sudah beberapa perusahaan pengolahan kayu menggunakan mesin untuk membelah kayu, akan tetapi mesin pembelah kayu yang biasa digunakan oleh beberapa perusahaan masih memiliki kekurangan dalam proses pembelahan kayu seperti efisiensi waktu pembelahan, dan tingkat keamanan yang masih minim dalam pembelahan kayu. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian tentang Perancangan Mesin Pembelah Limbah Kayu Untuk Konsumsi Bahana Bakar, yang diharapkan dapat memaksimalkan efisiensi waktu dan memiliki tingkat keamanan yang tinggi dalam proses membelah kayu. Langkah pertama dalam penelitian ini dengan mengidentifikasi kebutuhan konsumen, melakukan pengembangan konsep dari mesin yang sudah ada, melakukan perhitungan setiap komponen yang dibutuhkan dan membuat gambar mesin hasil rancangan. Mesin menggunakan motor listrik 1 HP, proses pembelahan secara berotasi dengan posisi penampang kayu tegak lurus dengan tools, dan menggunakan dengan menggunakan konveyor dengan dimensi 1500 x 450 x 500 mm sebagai penggerak kayu menuju ke *tools*.

Kata kunci : kayu, pembelah kayu, *conveyor*, mesin produksi, mesin pembelah kayu

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini banyak sekali pabrik kayu di Indonesia. Pabrik kayu tersebut memproses berbagai jenis pohon untuk dijadikan berbagai macam kebutuhan, seperti furnitur, bahan bangunan, dan untuk kebutuhan lainnya. Dalam proses pemotongan pohon biasanya hanya dibutuhkan ukuran panjang pemotongan sesuai dengan standard saja, misalkan kayu mebel hanya membutuhkan dimensi panjang 4 meter, sedangkan panjang keseluruhan pohon yaitu kisaran 12,3 meter, jadi sisa potongan - potongan antara 0,2 – 0,3 meter digunakan atau dimanfaatkan untuk kayu bakar hal tersebut buang sebagai limbah . Limbah – limbah kayu yang digunakan menjadi bahan bakar perlu dilakukan proses pembelahan, proses pembelahan yang sudah selain proses manual juga sudah ada proses semi manual.



Gambar 1.1 Pembelahan kayu secara manual.[1]

Proses pembelahan manual dilakukan dengan menggunakan tenaga manusia, dengan menggunakan kapak sebagai alat bantu pembelahan. Pada proses ini masih membutuhkan energi yang terlalu besar, banyak membutuhkan waktu untuk sekali proses pembelahan dan angka kecelakaan kerja dalam proses pembelahan masih terlalu tinggi.

Proses pembelahan semi manual menggunakan tenaga manusia sebagai penopang material kayu yang akan dipotong dan sudah menggunakan penggerak motor sebagai sumber tenaga pisau pembelah kayu. Pada proses pembelahan semi manual masih membutuhkan energi tenaga manusia yang cukup banyak, lebih efisien sedikit dari proses pembelahan manual, dan masih cukup tinggi angka kecelakaan kerja, karena tangan manusia masih sangat dekat dengan pisau pembelah kayu.

Kekurangan dari kedua proses tersebut masih membutuhkan energi tenaga manusia cukup banyak, waktu yang dibutuhkan lama sehingga tuntutan jumlah produksi tidak terpenuhi, dan juga angka kecelakaan kerja yang tinggi dalam proses pembelahannya maka dari itu kelemahan atau kekurangan diangkat menjadi isu untuk dilakukan perbaikan atau peningkatan produk dengan merubah sistem kerja yang lebih mudah dan cepat dalam proses pembelahan.

Proses mesin pembelah limbah kayu yang dibuat akan lebih sedikit menggunakan tenaga manusia, lebih efisien dari mesin pembelah kayu semi manual, dan lebih aman dari mesin pembelah kayu yang ada dipasaran. Diharapkan mesin pembelah limbah kayu ini dapat bermanfaat bagi masyarakat di Indonesia.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini yaitu :

1. Memahami cara kerja mesin pembelah limbah kayu untuk konsumsi bahan bakar.
2. Perancangan konsep pada mesin pembelah limbah kayu untuk konsumsi bahan bakar.
3. Perancangan detail pada mesin pembelah limbah kayu untuk konsumsi bahan bakar.
4. Mengevaluasi kinerja pembelah limbah kayu untuk konsumsi bahan bakar.

1.3 Cakupan Penelitian

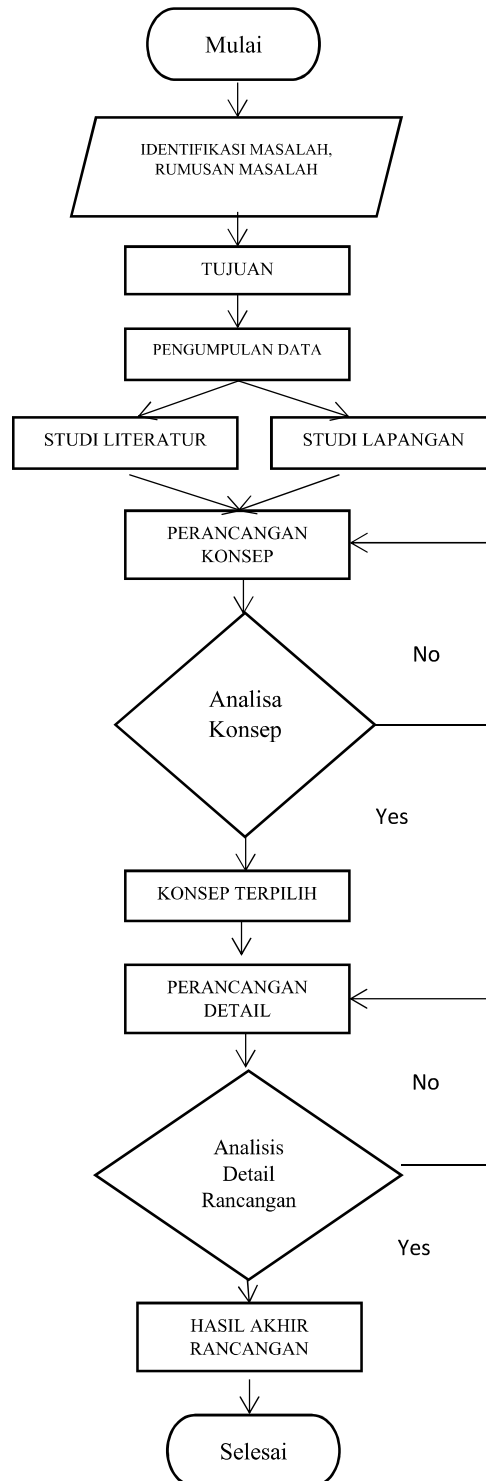
Cakupan dari penelitian ini adalah :

1. Sumber energi menggunakan motor listrik
2. Gambar rancangan menggunakan *software* Solidworks.
3. Metode perancangan menggunakan *Pahl n Beitz*.

4. Jenis kayu yang digunakan sebagai acuan adalah kayu Johar.[2]

2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 2.1 Metodologi Penelitian.

Penelitian diawali dengan mengidentifikasi masalah dan merumuskan masalah, lalu mengembangkan ide terhadap mesin yang akan dibuat, selanjutnya melakukan perhitungan komponen yang akan dipakai untuk

membuat mesin pembelah limbah kayu, lalu membuat analisa untuk rangka mesin, dan tahap selanjutnya membuat gambar rancangan mesin pembelah limbah kayu.[3]

3. HASIL PENELITIAN

3.1 Penentuan Daya Motor



Gambar 3.1 Tools pembelah kayu.

Material *tools cast carbon steel*, dengan massa jenis = 7800 kg/m³.

$$\begin{aligned} V_{\text{poros tools}} &= \pi r^2 \times t \\ &= 3.14 \times 10^2 \times 500 \text{ mm} \\ &= 157.000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{balok 1}} &= p \times l \times t \\ &= 133 \times 5 \times 20 \text{ mm} \\ &= 13.300 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{balok 2}} &= p \times l \times t \\ &= 20 \times 20 \times 5 \text{ mm} \\ &= 2000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{balok 3}} &= p \times l \times t \\ &= 30 \times 70 \times 5 \text{ mm} \\ &= 10.500 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{poros 1}} &= \pi r^2 \times t \\ &= 3.14 \times 15^2 \times 20 \text{ mm} \\ &= 14.130 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{poros 2}} &= \pi r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 10^2 \times 5 \text{ mm} \\ &= 6.280 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{poros 1}} - V_{\text{poros 2}} &= 14.130 - 6.280 \\ &= 7.850 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{segitiga 1}} &= (1/2 \cdot a \times t) \times t \\ &= (1/2 \cdot 70 \cdot 100) \cdot 5 \text{ mm} \\ &= 17.500 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{segitiga 2}} &= (1/2 \cdot a \times t) \times t \\ &= (1/2 \cdot 40 \cdot 130) \cdot 5 \text{ mm} \\ &= 13.000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{tools total}} &= V_{\text{poros tools}} + V_{\text{balok 1}} + V_{\text{balok 2}} + V_{\text{balok 3}} + (V_{\text{poros 1}} - V_{\text{poros 2}}) + V_{\text{segitiga 1}} + V_{\text{segitiga 2}} \\ &= 157.000 + 13.300 + 2.000 + 10.500 + 7.850 + 17.500 + 13.000 \text{ mm}^3 \\ &= 221.150 \text{ mm}^3 \\ &= 0.00022 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa tools} &= \text{Massa jenis material} \times V_{\text{tools total}} \\ &= 7800 \text{ kg/m}^3 \times 0.00022 \text{ m}^3 \\ &= 1.7 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Perhitungan Potong Kayu

Diketahui : Massa Kayu = 10 kg => 98N

$$F_p = 0,8 \times U \times s \times R_m$$

Keterangan : F_p = Gaya potong (N)

U = Panjang pemotongan (mm)

s = Tebal benda kerja (mm)

R_m = Tegangan tarik bahan (N/mm²)

Diketahui : U = 250 mm

s = 400 mm

R_m = 9,67 Mpa

- $F_p = 0,8 \times U \times s \times R_m$
 $F_p = 0,8 \times 250 \times 400 \times 9,67$
 $= 773,6 \text{ N}$

Gaya yang dibutuhkan kayu 98 N dan gaya yang diterima oleh kayu 773,6 N. Gaya potong kayu > Gaya yang dibutuhkan kayu, sehingga dapat disimpulkan kayu akan terbelah dengan gaya 773,6 N.

- Perencanaan Daya Motor

Diketahui : Massa tools = 1,7 kg

Gaya potong = 866,43 N

Daya Motor = 1 Hp (746 Watt)

$$\text{Massa kayu} = 10\text{kg}$$

- $T = F \times r$
 $= (10 + 1,7) \times 250 \text{ mm}$
 $= 2925 \text{ kg.mm}$

- Daya motor direncanakan 1 HP, dengan rpm 1440

$$P_{\text{motor}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60 \text{ det}} \times T_{\text{motor}}$$

$$746 \text{ watt} = 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1440}{60 \text{ det}} \cdot T_{\text{motor}}$$

$$T_{\text{motor}} = \frac{746 \text{ watt}}{2 \cdot 3,14 \cdot 1440/60}$$

$$= \frac{746 \text{ watt}}{150,72 \text{ put/det}}$$

$$= 4,95 \text{ kg.m} = 4950 \text{ kg.mm}$$

- Daya minimal yang dibutuhkan

$$P_{\text{min}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60 \text{ det}} \times T_{\text{motor}}$$

$$= 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{400 \text{ rpm}}{60 \text{ det}} \cdot 4,95 \text{ kg.m}$$

$$= 207,24 \text{ watt}$$

$$P_{\text{min}} = 0,28 \text{ HP}$$

Karena $0,28 \text{ HP} < 1 \text{ HP}$, maka motor listrik dengan daya 1 HP dapat dipakai.

3.2 Perencanaan Poros

Diketahui : $P = 0,89 \text{ kW}$

$$n = 1440 \text{ rpm}$$

- Daya Rencana (P_d)

$$P_d = f_c \cdot P$$

Ket : $f_c = 1,2$ dipilih karena daya rata – rata [4]

$$= 1,2 \cdot 0,89 \text{ kW}$$

$$= 1,06 \text{ kW}$$

- Torsi (T)

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n1}$$

$$= 9,74 \times 10^5 \frac{0,89}{1440}$$

$$= 716,9 \text{ kg.mm}$$

- Material S45C, dengan tegangan tarik (σ) 58 kg/mm^2 .
- Tegangan Geser yang diizinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma}{(sf1 \times sf2)}$$

$$= \frac{58}{(6,0 \times 2,0)}$$

$$= 4,8 \text{ kg/mm}^2$$

Ket : $Sf_1 = 6,0$ karena memakai baja paduan
 $Sf_2 = 2,0$ dikarenakan poros bertingkat

- Diameter poros

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t \cdot C_b \cdot T \right]^{1/3}$$

$$= \left[\frac{5,1}{4,83} \cdot 2,0 \cdot 1,5 \cdot 716,9 \right]^{1/3}$$

$$= 13 \text{ mm}$$

3.3 Perencanaan Puli dan Belt

Diketahui : Daya (P) = 0,746 kW

n motor (n_1) = 1440 rpm

diameter poros = 13 mm

n yang digerakkan (n_2) = 400 rpm

rasio antar n_1 dan n_2 (i) = 1,8

- Daya Rencana (P_d)

$$P_d = f_c \cdot P$$

Ket : $f_c = 1,2$

$$= 1,2 \cdot 0,89 \text{ kW}$$

$$= 1,06 \text{ kW}$$

- Torsi (T)

$$T_1 = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1}$$

$$= 9,74 \times 10^5 \frac{1,06}{1440}$$

$$= 716,9 \text{ kg.mm}$$

$$T_2 = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_2}$$

$$= 9,74 \times 10^5 \frac{1,06}{1000} = 2518 \text{ kg.mm}$$

- Material S45C, dengan tegangan tarik (σ) 58 kg/mm².
- Tegangan Geser yang diizinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma}{(sf1 \times sf2)}$$

$$= \frac{58}{(6,0 \times 2,0)}$$

$$= 4,8 \text{ kg/mm}^2$$

Ket : $Sf_1 = 6,0$ karena memakai baja paduan

$Sf_2 = 2,0$ dikarenakan poros bertingkat

- Diameter poros

$$d_{s1} = \left[\frac{5,1}{\tau a} K_t \cdot C_b \cdot T_1 \right]^{1/3}$$

$$= \left[\frac{5,1}{4,8} \cdot 2,0 \cdot 1,5 \cdot 716,9 \right]^{1/3}$$

$$= 13 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = \left[\frac{5,1}{\tau a} K_t \cdot C_b \cdot T_2 \right]^{1/3}$$

$$= \left[\frac{5,1}{4,83} \cdot 2,0 \cdot 1,5 \cdot 2518 \right]^{1/3}$$

$$= 20 \text{ mm}$$

Ket : $K_t = 2,0$ karena diperkirakan terjadi tumbukan besar

$C_b = 1,5$ karena diperkirakan terjadi sedikit beban lentur

- Berdasarkan RPM dan daya rencana, maka terpilihlah penampang sabuk-V tipe A.

Diameter min. yang anjurkan sabuk-V tipe A = 95 mm

$$d_p = 95 \text{ mm}$$

$$D_p = 95 \times i$$

$$= 95 \times 1,8$$

$$= 171 \text{ mm}$$

$$d_k = d_p + (2 \times K)$$

$$= 95 + (2 \times 4,5) = 104 \text{ mm}$$

$$D_k = D_p + (2 \times K)$$

$$= 171 + (2 \times 4,5) = 180 \text{ mm}$$

Ket : d_s = diameter poros

d_p = diameter lingkaran jarak bagi puli

d_k = diameter luar puli

- Kecepatan sabuk V

$$v = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n1}{60 \times 1000}$$

$$= \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 1440}{60000} = 7,16 \text{ m/s } (7,16 \text{ m/s} < 30 \text{ m/s, baik.})$$

- Panjang keliling sabuk (L)

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4C} (D_p - d_p)^2$$

$$= 2.200 + \frac{3,14}{2} (95 + 171) + \frac{1}{4.200} (171 - 95)^2$$

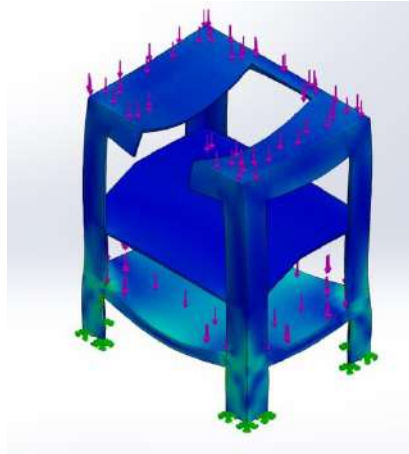
$$= 400 + 417.62 + 7,2$$

$$= 824,8 \text{ mm}$$

$$= 838 \text{ mm.}$$

Didapat nomor nominal sabuk – V : 33 inch, $L = 838 \text{ mm}$.

3.4 Analisis kekuatan rangka

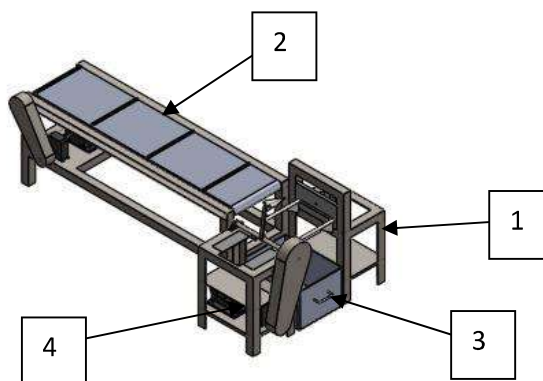


Gambar 3.2 Tegangan yang terjadi pada rangka.

Analisa kekuatan rangka bertujuan untuk mengetahui kekuatan yang dapat diterima oleh material yang telah dipilih. Hasil analisa tegangan maksimal yang terjadi pada rangka mesin ini yaitu $3,701 \text{ N/mm}^2$ yang ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah, kesimpulannya adalah rangka mesin dengan material tersebut aman digunakan sebab nilai maksimal tegangan tidak melebihi batasan nilai *yield strength* material rangka.

3.5 Gambar Teknik

Tahapan berikutnya adalah perancangan detail gambar teknik mesin pembelah limbah kayu untuk konsumsi bahan bakar ini. Berikut gambar teknik mesin pembelah limbah kayu :



Gambar 3.3 Mesin pembelah limbah kayu.

- Keterangan : 1. *Bracket Tools*
2. Konveyor
3. Bak penampung
4. *Tools*

4. KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh dari mesin pembelah limbah kayu untuk konsumsi bahan bakar yaitu :

1. Metode pembelahan kayu menggunakan konveyor dan cara proses pembelahannya secara berotasi.
2. Daya motor mesin konveyor sebesar 1 Hp.
3. Daya motor mesin pembelah limbah kayu sebesar 1 Hp.
4. Simulasi pada kekuatan rangka mesin pembelah limbah kayu jika dikenakan beban sebesar 9,7 Kg masih dapat dinyatakan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Dicky kusuma, "RANCANG BANGUN MESIN PEMBELAH KAYU DI PT PERKEBUNAN NUSANTARA 7 UNIT PABRIK KARET TULUNG BUYUT," universitas lampung, 2019.
- [2] U. Naini, "STUDI KOMPARASI MUTU KAYU JATI, KAYU MAHONI, KAYU JOHAR, KAYU AKASIA DAN KAYU MERANTI DI SURAKARTA ANTARA HASIL UJI LABORATORIUM DENGAN ANALISIS SNI 7973-2013," Muhammadiyah Surakarta, 2013.
- [3] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, and K.-H. Grote, *Engineering Design*. London: Springer London, 2007.
- [4] S. KS, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, 11th ed. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 2004.

PERANCANGAN SISTEM PLAMBING PADA GEDUNG X

Arya Yudha Sadewa¹, Budhi M. Suyitno²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK

Studi ini adalah mengenai perencanaan plambing pada gedung x yang berfungsi sebagai perkantoran. Instalasi plambing hal yang cukup penting pada gedung karena meliputi pemipaan air bersih, tangki air bawah dan atap, sistem pemipaan air kotor dan pemipaan air hujan untuk kebutuhan pada gedung x. Pemipaan air bersih dimulai dari PDAM dengan diameter pipa 100 mm ke tangki air baku dan pemadam kebakaran berkapasitas 236 m³. Lalu, dialirkan melalui pompa filter berkapasitas 367,17 liter/menit ke tangki air bersih memiliki kapasitas 264 m³. Pompa transfer menggunakan pipa diameter 100 mm menuju tangki atap yang memiliki kapasitas 40 m³, lalu dari atap akan dibagi 2 pipa yaitu pipa distribusi air bersih dan pipa gravitasi air bersih dialirkan ke alat sanitari. Pemipaan air kotor meliputi kemiringan pipa dari toilet menuju pipa tegak beserta ukuran pipa. Berserta sewage pit pada lantai basemen 4. Ukuran pipa air hujan didapat dari jumlah luas atap terbuka pada gedung x. area yang terbuka pada lantai basemen 1 ada di area loading dan ramp masuk keluar memiliki pompa submersibel bertekanan 1,9 bar dan 2,0 bar.

Kata kunci : tangki air bersih ; pompa transfer ; pompa distribusi ; pompa submersibel

PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Sistem plambing merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam pembangunan sebuah gedung. Oleh sebab itu, perencanaan dan perancangan sistem plambing harus bersamaan dan sesuai dengan tahapan-tahapan perencanaan dan perancangan gedung itu sendiri, dengan memperhatikan hubungannya dengan bagian-bagian lainnya pada gedung tersebut seperti desain arsitek, konstruksi gedung, dan peralatan ME (Mechanical Electrical) lainnya seperti pendingin udara, peralatan listrik, elektronika yang dibutuhkan dan lainnya. Untuk menyediakan air bersih ke tempat-tempat yang telah ditentukan oleh desain dari arsitekadengan tekanan air bersih yang cukup dan untuk membuang air kotoran, air kotor supaya sloping pada pipa tersebut cukup mengingat bahwa pipa pada air kotor dan air kotoran memiliki ukuran yang cukup. Untuk membuang udara yang terjebak pada air kotor dan air kotoran diperlukan adanya pipa vent yang berfungsi untuk membuang udara agar lancarnya buangan untuk meminimalisir kemungkinan kebocoran akibat dari kotoran yang terjebak pada pipa. Saat ini peralatan plambing diperlukan untuk membatasi jumlah pemakaian air sesuai dengan fungsi dari gedung tersebut lalu dengan pertimbangan penghematan energi dan keterbatasan sumber air serta mencegah pembuangan air buangan dan air kotor langsung yang harus melalui STP (Sewage Treatment Plant) yang berfungsi untuk mengurangi kotoran langsung dari peralatan plambing tersebut.

b. Rumusan Masalah

Dari ulasan latar belakang tersebut, maka dapat disimpulkan masalah adalah rancangan sistem air bersih, pembuangan, dan sanitari lainnya yang memenuhi kebutuhan gedung x.

c. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Merancang sistem plambing pada gedung x yang sesuai dengan standar untuk kebutuhan dan fungsi dari gedung x.
2. Melakukan perhitungan kapasitas tangki air bersih, pompa transfer air bersih, kapasitas tangki atap, dan pompa distribusi ke alat sanitari untuk mengetahuinya.
3. Melakukan perhitungan kapasitas dari pompa submersibel air hujan yang tersedia pada *sump pit* di lantai basemen 4.

d. Batasan Masalah

Untuk memudahkan dalam melakukan penelitian dan pengumpulan data, maka batasan masalah yang akan dijadikan acuan yaitu sebagai berikut:

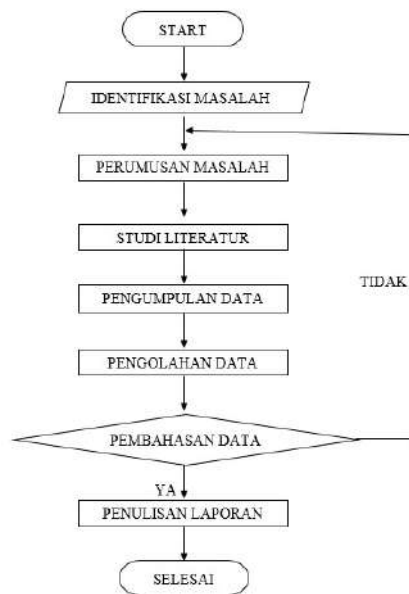
1. Tidak meliputi safety atau keselamatan kerja.
2. Pelaksanaan atau pembangunan desain gedung x tidak termasuk.
3. Sistem pemadam kebakaran tidak termasuk dalam bagian sistem plambing.
4. Denah arsitek dan struktur tidak termasuk dalam penelitian.
5. Pengolahan pada Sewage Treatment Plant (STP) tidak termasuk.

METODE

a. Metode Analisis

Identifikasi masalah yang telah disesuaikan menjadi rumusan masalah yang didapat adalah kapasitas daya pompa air bersih dan kapasitas dari tangki air bersih beserta ukuran pipa yang digunakan pada instalasi air bersih. Studi literatur yang didapat peraturan daerah setempat dan standar yang digunakan adalah SNI dan jurnal yang memiliki letak daerah yang sama dan fungsi gedung yang menyerupai. Data yang harus dikumpulkan adalah kebutuhan air, ketinggian, fungsi ruangan dari gedung x.

Data tersebut, digunakan sebagai perhitungan desain berdasarkan parameter peraturan yang telah ditentukan pada landasan teori, untuk kemudian dilakukan perhitungan sesuai dengan kebutuhan air pada gedung x sebagai acuan dari kapasitas tangki air bersih, kapasitas tangki atap dan pompa yang dibutuhkan. Diagram alir yang menggambarkan proses dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 5 Diagram Alir Penelitian

b. Sumber Data

Data yang diperlukan merupakan data yang didapat dari desain arsitek beserta kebutuhan instalasi plambing pada gedung tersebut yaitu tinggi tiap lantai, luas yang dibutuhkan dari tangki, berikut elevasi gedung tersebut. Untuk perhitungan standar dan kemampuan dihitung berdasarkan SNI yang terkait dengan plambing dan peraturan.

c. Rencana Desain

d. Rancangan sistem plambing pada gedung x ini mengacu pada jumlah lantai yang memiliki 24 lantai dan 4 lantai basemen dengan ketinggian gedung dihitung dari lantai basemen 2 adalah 126,8 m.



Gambar 2. 2 Desain Gedung X

d. Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih didapat dari fungsi lahan di tiap lantai berdasarkan luasan yang tersedia dan kebutuhan orang didapat dari standar SNI 6481 tahun 2000 dengan fungsi kantor adalah 50 liter/orang/hari.

Tabel 4. 1 Kebutuhan Air Bersih

No.	Keterangan	Jumlah Orang	Kebutuhan Orang [liter/orang/hari]	Total Kebutuhan Air [m ³ /hari]
1.	Atap	-	-	-
2.	Lantai 24 s/d 19 (Tipikal 6 lantai)	1217	50	60,8
3.	Lantai 18 s/d 2 (Tipikal 17 lantai)	3454	50	172,7
4.	Mezzanine Management	15	50	0,8
5.	Lantai Dasar			
	- Entrance	10	50	0,5
	- Garden Cafe	50	15	0,8
6.	Basement 1			

	- BM Staff	5	50	0,3
	- Parkir	124 (mobil)	5	0,6
7.	Basement 2			
	- BM Staff	5	50	0,3
	- Fasilitas	8	50	0,4
	- Parkir	124 (mobil)	5	0,6
8.	Basement 3			
	- BM Staff	5	50	0,3
	- Musholla	40	10	0,4
	- Parkir	131 (mobil)	5	0,7
9.	Basement 4			
	- Kantin	40	15	0,6
	- Parkir	144 (mobil)	5	0,7
Sub Total				240
Spare 10%				24
Total				264

Sumber Air PDAM

Perhitungan sumber air PDAM terhitung dari jumlah kebutuhan air bersih setiap hari yang berjumlah 264 m³/hari dan waktu operasi PDAM adalah 12 jam. Kecepatan air dalam pipa telah ditentukan sebelumnya adalah 1 m/s. Berdasarkan dari waktu kerja operator *Building Management* (BM). Untuk mengetahui ukuran pipa yang digunakan dari sumber air PDAM menuju ke tangki air bawah adalah dengan:

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$d^2 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}$$

$$d = 88,29 \text{ mm}$$

$$d = 100 \text{ mm}$$

Bahan dari pipa yang digunakan dari sumber air PDAM adalah *Polypropylene Random* (PPR PN-16) karena mampu ditekan sampai tekanan 16 bar dan tidak mudah pecah dan berkarat.

Tangki Air Bersih

Pada tangki air bawah terbagi menjadi 2 tangki ada tangki air baku yang menjadi satu dengan tangki pemadam kebakaran dan ada tangki air bersih. Air yang didapat dari PDAM akan dialirkan ke tangki air baku. Lalu disalurkan ke tangki air bersih melalui pompa filter. Tangki air baku memiliki kapasitas 25% dari kebutuhan air bersih 1 hari. $25\% \cdot 264 = 66 \text{ m}^3$

Lalu untuk tangki pemadam kebakaran didapat dari jumlah tangga pemadam kebakarannya yang terdapat 2 buah berarti memiliki laju aliran 750 GPM setiap 60 menit. Yang mengartikan bahwa kapasitas tangki pemadam kebakaran adalah 170 m^3 . Maka volume tangki air baku ditambah volume tangki pemadam kebakaran adalah: $66 + 170 = 236 \text{ m}^3$

Pompa Filter Air Bersih

Setelah diketahui semua perhitungan rugi gesek pada jalur pemipaan dari tangki air baku dan pemadam kebakaran ke tangki air bersih, maka perlu diperhitungan total rugi gesek. Beserta tekanan pompa filter tersebut dengan tekanan statis yang diketahui dari ketinggian gedung lantai basemen 1 sampai lantai basemen 2 yang memiliki tinggi 5 [m]. Tekanan yang dibutuhkan adalah 5 [m], telah diketahui sebelumnya bahwa tangki *sand filter* memiliki nilai rugi 6,9 [m] dan nilai rugi pada *carbon filter* adalah 11,7 [m] karena sudah cukup untuk memompa sampai ke saluran luar. Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{\text{Total}} &= P_{\text{Statis}} + P_{\text{Gesek}} + P_{\text{req}} + P_{\text{SF}} + P_{\text{CF}} \\ P_{\text{Total}} &= 5 + (0,375 + 0,203 + 1,294 + 0,251 + 0,503 + 0,529) + 5 + 6,9 + 11,7 \\ P_{\text{Total}} &= 5 + (3,16) + 5 + 6,9 + 11,7 \\ P_{\text{Total}} &= 31,76 \text{ [m]} \\ &\sim 32 \text{ m} \\ &= 3,2 \text{ bar} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui daya hidrolik penggerak pompa adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} N(k) &= 0,163 \cdot Q \cdot H \cdot Y \\ N(k) &= 0,163 \cdot 0,3672 \cdot 35 \cdot 1 \\ N(k) &= 2,09 \text{ kW} \end{aligned}$$

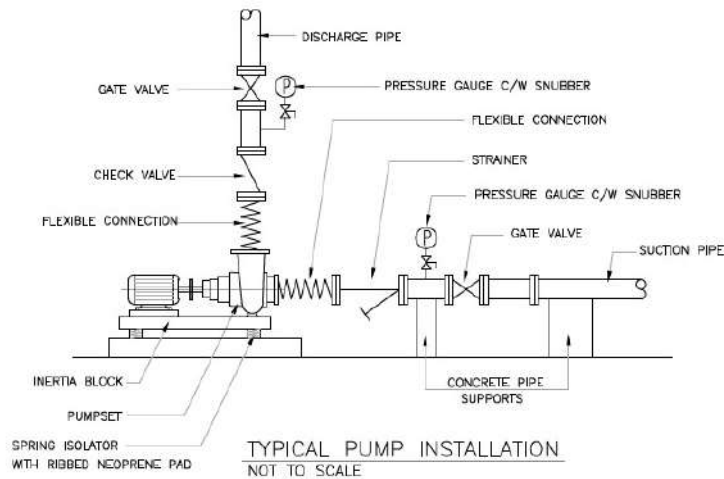
Untuk mengetahui daya motor penggerak pompa adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} N(m) &= N(p) \cdot (1 + A) / (Y(p) \cdot Y(k)) \\ N(m) &= 2,09 \cdot (1 + 0,20) / (0,55 \cdot 0,80) \\ N(m) &= 5,71 \text{ kW} \\ &\sim 5,7 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dengan daya motor penggerak pompa 5,7 kW, diameter pipa yang digunakan adalah 80 mm, dan tekanan yang dibutuhkan adalah 3,2 bar maka pompa yang digunakan adalah pompa dari Grundfos yang memiliki operasi paralel, tipe NK 32-160/163 A1-A-E-GQQE.

Pompa Transfer Air Bersih

Pompa transfer air bersih dibutuhkan pada instalasi plambing untuk menaikkan air dari tangki air bersih menuju tangki atap, dikarenakan bangunan yang cukup tinggi. Dengan ketinggian gedung dihitung dari tangki air bersih adalah 126.8 m.



Gambar 2.2 Instalasi Pompa Transfer Air Bersih

$$Q_{\max} = (2 \cdot Q_h)$$

$$Q_{\max} = (2 \cdot 22)$$

$$Q_{\max} = 44 \text{ [m}^3/\text{jam]}$$

$$= 750 \text{ liter/menit}$$

$$= 0,0125 \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk mengetahui ukuran pipa yang dibutuhkan pada pipa transfer air bersih ke tangki atap adalah sebagai berikut :

$$d^2 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}$$

$$d^2 = \frac{4 \cdot 0,0125}{3,14 \cdot 1,77}$$

$$d = 100 \text{ mm}$$

Bahan dari pipa transfer air bersih ke tangki atap adalah *Polypropylene Random* (PPR PN-16) karena mampu ditekan sampai tekanan 16 [bar] dan tidak mudah pecah dan berkarat. Untuk mengetahui daya hidrolis penggerak pompa adalah sebagai berikut :

$$N(k) = 0,163 \cdot Q \cdot H \cdot Y$$

$$N(k) = 0,163 \cdot 0,733 \cdot 145 \cdot 1$$

$$N(k) = 17,33 \text{ kW}$$

Untuk mengetahui daya motor penggerak pompa adalah sebagai berikut :

$$N(m) = N(p) \cdot (1 + A) / (Y(p) \cdot Y(k))$$

$$N(m) = 17,33 \cdot (1 + 0,15) / (0,45 \cdot 0,80)$$

$$N(m) = 55,36 \text{ kW}$$

$$\sim 55 \text{ kW}$$

Dengan daya motor penggerak pompa 55 kW, diameter pipa yang digunakan adalah 100 [mm], dan tekanan yang dibutuhkan adalah 13 bar maka pompa yang digunakan adalah pompa dari Grundfos yang memiliki operasi paralel, tipe NK 50-315/321 A1-A-E-GQQE.

Kapasitas Tangki Atap

Pompa bertekanan dibutuhkan pada instalasi air bersih untuk plambing karena dari tangki atap tidak dapat dilakukan secara langsung karena tekanan yang dibutuhkan kurang, maka dibutuhkan pompa bertekanan untuk suplai air bersih pada lantai atas sampai tekanan pemipaan pada air bersih mencapai minimal 1,5 bar untuk suplai air bersih.

Tabel 4. 2 Alat Sanitari pada Gedung X

Lantai	Keterangan	Total	Fixture Unit (FU)	Total Fixture Unit
Lantai 24 sampai Lantai Dasar	WC	168	10	1680
	Urinal	72	5	360
	Lavatory	168	2	336
	Keran Air	168	2	336
	Janitor	48	2	96
	Kitchen Sink	48	4	192
Lantai Basement 1 dan Lantai Basement 2	WC	6	10	60
	Urinal	4	5	20
	Lavatory	4	2	8
	Keran Air	8	2	16
	Janitor	2	2	4
	Kitchen Sink	2	4	8
Sub Total		698		3116

Faktor keserempakan yang dipakai adalah 70% karena secara fungsi bangunan adalah perkantoran dan sesuai dengan tabel. Maka, perhitungan total NUAP menjadi:

$$\text{Total NUAP} \cdot \text{faktor keserempakan} \\ 3116 \cdot 70\% = 2181,2$$

Sesuai dengan grafik SNI 03-6481-2000 tentang “Sistem Plambing” nilai NUAP 2181,2 berarti memiliki nilai laju aliran 1288,97 [liter/menit] dengan asumsi waktu yang dibutuhkan untuk mengisi tangki atap adalah 30 [menit], maka sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas tangki} &= 1288,97 \cdot 30 \\ &= 38.669 \text{ liter} \\ &\sim 40.000 \text{ liter} \\ &= 40 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pompa Distribusi Air Bersih

Pompa distribusi dibutuhkan pada instalasi plambing air bersih untuk memenuhi kebutuhan gedung pada 3 lantai teratas yaitu lantai 24 sampai lantai 22 karena tekanan pada 4 lantai teratas tidak memiliki nilai yang mencapai 1,5 bar. Diketahui jumlah alat sanitari plambing sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Alat Sanitari pada Lantai 22 sampai 24

No.	Keterangan	Total	Nilai Unit Alat Plambing (NUAP)	Total NUAP
1	WC	21	10	210
2	Urinal	9	5	45
3	Lavatory	21	2	42
4	Keran Air	26	2	52
5	Janitor	6	2	12
6	Kitchen Sink	6	4	24
	Sub Total	89		385

Faktor keserempakan yang dipakai adalah 70% karena secara fungsi bangunan adalah perkantoran dan sesuai dengan tabel. Maka, perhitungan total NUAP menjadi:

$$\text{Total NUAP} \cdot \text{faktor keserempakan} \\ 385 \cdot 70\% = 269,5$$

Sesuai dengan grafik SNI 03-6481-2000 tentang “Sistem Plambing” nilai NUAP 269,5 berarti memiliki nilai laju aliran 396,67 [liter/menit] atau 6,61[liter/s]. Maka kapasitas pompa distribusi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{396,67 \cdot 60}{1000} &= 23,80 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &\sim 25 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,0069 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Diasumsikan kecepatan air pada pipa adalah 1,5 [m/s], maka dapat ditentukan diameter pipa air bersih dari pompa distribusi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} d^2 &= \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V} \\ d^2 &= \frac{4 \cdot 0,0069}{3,14 \cdot 1,5} \\ d &= 76,8 \text{ mm} \\ d &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Bahan dari pipa yang digunakan dari sumber air PDAM adalah *Polypropylene Random* (PPR PN-10) karena mampu ditekan sampai tekanan 10 bar dan tidak mudah pecah dan berkarat. Tekanan pompa distribusi perlu dilakukan perhitungan untuk mengetahui tekanan yang harus dikeluarkan pada pompa distribusi, perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P &= P(k) + P(g) - P(e) \\ P &= 10 + 9 - 2 \\ P &= 17 \text{ m} \\ &\sim 20 \text{ m} \end{aligned}$$

Kapasitas tangki bertekanan memiliki laju aliran maksimum 25 m^3/jam dan diasumsikan laju minimum 6 m^3/jam berdasarkan waktu pengisian tangki atap tersebut. Dapat dihitung laju aliran rata – rata dengan seperti berikut:

$$\begin{aligned} Q_m &= \frac{Q_{\max} + Q_{\min}}{2} \\ Q_m &= \frac{25 + 6}{2} \\ Q_m &= 15,50 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Menghitung volume tangki bertekanan untuk mengetahui volume yang ditampung oleh tangki bertekanan, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V &= k \cdot 0,312 \cdot Z \cdot \frac{Q_m}{P_{\text{out}} - P_{\text{in}}} \cdot \frac{P_{\text{out}} + P_{\text{atm}}}{P_{\text{out}} - P_{\text{in}}} \\ V &= 0,45 \cdot 0,312 \cdot 15 \cdot \frac{2,40 + 1,00}{2,40 - 2,00} \\ V &= 1,233 \text{ m}^3 \\ &\sim 1,50 \text{ m}^3 \\ &= 1.500 \text{ liter} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui daya hidrolis penggerak pompa adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} N(k) &= 0,163 \cdot Q \cdot H \cdot Y \\ N(k) &= 0,163 \cdot 0,417 \cdot 20 \cdot 1 \\ N(k) &= 1,36 \text{ kW} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui daya motor penggerak pompa adalah sebagai berikut :

$$N(m) = N(p) \cdot (1 + A) / (Y(p) \cdot Y(k))$$

$$N(m) = 1,36 \cdot (1 + 0,2) / (0,52 \cdot 0,41)$$

$$N(m) = 7,6 \text{ kW}$$

$$\sim 7,6 \text{ kW}$$

Pipa Gravitasi Air Bersih

Pipa gravitasi air bersih digunakan untuk alat sanitari semua lantai kecuali dari lantai 22 sampai lantai 24 karena tekanan pada lantai tersebut tidak mampu dilakukan hanya dengan gravitasi. Maka perlu dibuat pompa distribusi untuk 3 lantai teratas.

Pipa gravitasi mengalir berdasarkan dari ketinggian lantai tersebut. Namun, tekanan tetap perlu dipantau, karena tekanan maksimum hanya boleh sampai 3,5 bar. Setiap mendekati angka 3,5 bar diberikan *Pressure Reducing Valve* (PRV). Maka, dapat dilihat seperti tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Tekanan Statis pada Lantai Basemen 4 sampai 24

No.	Nama Lantai	Luas Lantai Kotor (m ²)	Elevasi Lantai (m)	Tinggi per Lantai (m)	Tekanan Statis (bar)
1	Lantai Atap	347,62	107,500	-	2,00
2	Lantai 24	1224,93	102,40	5,100	2,51
3	Lantai 23	1224,94	98,20	4,200	2,93
4	Lantai 22	1224,94	94,00	4,200	3,35
5	Lantai 21	1224,94	89,80	4,200	1,72
6	Lantai 20	1224,94	85,60	4,200	2,14
7	Lantai 19	1224,94	81,40	4,200	2,56
8	Lantai 18	1224,94	77,20	4,200	2,98
9	Lantai 17	1224,94	73,00	4,200	3,40
10	Lantai 16	1224,94	68,80	4,200	2,00
11	Lantai 15	1224,94	64,60	4,200	2,42
12	Lantai 14	1224,94	60,40	4,200	2,84
13	Lantai 13	1224,94	56,20	4,200	3,26
14	Lantai 12	1224,94	52,00	4,200	2,00
15	Lantai 11	1224,94	47,80	4,200	2,42
16	Lantai 10	1224,94	43,60	4,200	2,84
17	Lantai 9	1224,94	39,40	4,200	3,26
18	Lantai 8	1224,94	35,20	4,200	2,00
19	Lantai 7	1224,94	31,00	4,200	2,42
20	Lantai 6	1224,94	26,80	4,200	2,84
21	Lantai 5	1224,94	22,60	4,200	3,26
22	Lantai 4	1224,94	18,40	4,200	2,00
23	Lantai 3	1224,94	14,20	4,200	2,42

24	Lantai 2	1224,94	10,00	4,200	2,84
25	Lantai 1	1429,26	± 0,000	10,000	3,84
26	Basemen 1	3314,39	-4,25	4,250	2,00
27	Basemen 2	4072,79	-7,75	3,500	2,35
28	Basemen 3	4072,80	-11,25	3,500	2,70
29	Basemen 4	4072,82	-14,75	3,500	3,05

Untuk tekanan pada pipa gravitasi memiliki batas minimum 1,5 bar dan batas maksimum tekanan pada pipa adalah 3,5 bar. Pada pemipaan gravitasi tersebut membutuhkan *Pressure Reducing Valve* (PRV) yang berjumlah 5 buah di lantai 16, 12, 8, 4, dan basemen 1.

Kapasitas Air Kotor

Kapasitas air kotor perlu diperhitungkan untuk mengetahui kebutuhan pembuangan air kotor tersebut. Sesuai dengan peraturan DKI Jakarta yang menyatakan air kotor yang harus dibuang dalam 1 harinya adalah 80% dari kebutuhan air bersih. Maka, perhitungan sebagai berikut:

$$80\% \cdot 264 = 211 \text{ m}^3/\text{hari}$$

HASIL

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan atau dapat dikatakan sebagai spesifikasi mikro turbin :

1. Kebutuhan air bersih dalam satu hari adalah $264 \text{ m}^3/\text{hari}$
2. Diameter pipa air bersih dari PDAM yang digunakan adalah 100 mm.
3. Volume tangki air baku dan pemadam kebakaran adalah $236 \text{ m}^3/\text{hari}$
4. Kapasitas pompa filter menuju tangki air bersih adalah 367,17 liter/menit, tekanan yang dibutuhkan 3,2 bar, daya hidrolis penggerak pompa 2,09 kW, daya motor penggerak pompa adalah 5,7 kW.
5. Kapasitas pompa transfer air bersih menuju tangki atap adalah $0,0125 \text{ m}^3/\text{s}$, memiliki diameter dalam 100 mm, daya hidrolis penggerak pompa 17,33 kW, daya motor penggerak pompa 55 kW.
6. Tekanan yang diterima oleh *water hammer* adalah 32,4 bar.
7. Kapasitas tangki atap air bersih adalah 40 m^3 .
8. Kapasitas pompa distribusi air bersih adalah $0,0069 \text{ m}^3/\text{s}$, diameter pipa 80 mm, daya hidrolis penggerak pompa 1,36 kW, daya motor penggerak pompa adalah 7,6 kW.
9. Kapasitas penampung air kotor adalah $211 \text{ m}^3/\text{hari}$
10. Tekanan yang dibutuhkan dari sump pit di area ramp loading untuk menyalurkan ke saluran luar adalah 1,9 bar.
11. Tekanan yang dibutuhkan dari sump pit di area ramp masuk dan keluar untuk menyalurkan ke saluran luar adalah 2,0 bar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

- Sistem plambing dapat berfungsi baik dan efisien apabila perhitungan telah disesuaikan dengan standar yang berlaku seperti SNI dan peraturan pemerintah setempat demi menjaga kebersihan dan keberlangsungan kesehatan dari lingkungan tersebut.

- Berdasarkan perhitungan pada pembahasan, diketahui spesifikasi pada pompa filter air bersih memiliki daya 5,7 kW, pompa transfer air bersih memiliki daya 55 kW, kapasitas tangki atap 40 m³, daya pompa distribusi adalah 7,6 kW.

Saran

- Agar tidak terjadi spesifikasi yang terlalu tinggi dan banyak pipa pada instalasi plambing, perlu dilakukan perhitungan dan analisa sesuai dengan peraturan dan standar yang tersedia.
- Melakukan perhitungan secara menyeluruh terhadap sistem pemadam kebakaran sebagai penelitian lainnya, karena pembahasan yang cukup luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, "Sistem Plambing pada Bangunan Gedung," 2015.
- [2] Suhardianto, "Perancangan Sistem Plambing Instalasi Air Bersih," vol. 05, no. 3, pp. 1–8, 2016.
- [3] F. Maricar, M. P. Hatta, and A. N. S. Rijal, "Kajian Sistem Plambing pada Pembangunan Hotel Novotel Makassar," pp. 1–9, 2015.
- [4] M. H. Afandi, "Perencanaan Sistem Plumbing pada Proyek Pembangunan Jember Sport Garden (JSG)," 2014.
- [5] G. Gumilar, "Perencanaan Plumbing Air Bersih dan Air Kotor," 2011.
- [6] G. Cahyana, "Penyediaan Air Minum di Dalam Gedung," pp. 1–5, 2013.
- [7] D. Prahara, "Perencanaan Sistem Plambing Air Bersih Pada Bangunan Kondotel dengan Menggunakan Sistem Gravitasi dan Pompa," pp. 1–10, 2016.
- [8] S. Setyo, "Perancangan Ulang Sistem Plambing dan Pengolahan Air Limbah Pada Rumah Susun," 2018.
- [9] SNI 03-7065, *Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing*. 2005.

PERANCANGAN ALAT UJI TARIK DENGAN BEBAN 2000 N UNTUK PENGUJIAN MATERIAL KOMPOSIT ALAMI

Rezki Megi Kurniawan¹, D.L Zariatin^{1,*}

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK. Alat uji tarik komposit yang sudah ada dengan merk RTF 2410 menggunakan motor listrik. Alat uji tarik RTF berdimensi besar tidak fleksibel dalam pemindahannya. Pada penelitian ini dilakukan perancangan alat uji tarik untuk komposit alami yang menggunakan sistem pneumatik sebagai penggerak. Sistem untuk membaca nilai gaya pada spesimen yaitu menggunakan sensor *load cell*. Penelitian ini menggunakan metode perancangan *pahl and beitz*. Spesimen dan metode pengujian menggunakan standar ASTM D638. Analisis simulasi pada rancangan alat uji tarik komposit alami menggunakan software *Solidworks* dengan menggunakan data hasil uji spesimen komposit alami yang telah diuji secara nyata menggunakan Tensilo RTF 2410. Dari hasil perhitungan perancangan nilai untuk varian 1 adalah 3,4, varian 2 adalah 3,1, dan varian 3 adalah 2,95, maka varian 1 terpilih menjadi konsep terpilih. Hasil simulasi menggunakan *solidworks* didapat nilai *von mises stress* minimal sebesar $6,019e-10$ N/mm² dan nilai *von mises stress* maksimal sebesar $8,696e+01$ N/mm². Diharapkan dalam penelitian ini agar menambahkan sensor *displacement* untuk mengetahui nilai *elongation*.

Kata kunci : Pneumatik, *load cell*, *Solidworks*

1. PENDAHULUAN

Tahun ke tahun sudah sangat berkembang teknologi bahan di dunia. Diindustri banyak yang sudah tidak lagi bergantung pada penggunaan logam sebagai material yang digunakan dalam memproduksi suatu barang. Bahan baku yang semakin terbatas, harga yang semakin tinggi, dan juga proses manufaktur yang rumit banyak membuat pelaku industri beralih dari material logam ke material non-logam. Banyak material non-logam yang telah diteliti dan dikembangkan diantaranya keramik, plastik, polimer, serta komposit [1]. Komposit adalah campuran dari dua material atau lebih yang mempunyai fase yang berbeda menjadi suatu material baru yang memiliki perpertis lebih baik dari keduanya[2].

Tabel 1 Sifat - sifat tarik dari beberapa komposit alami [3]

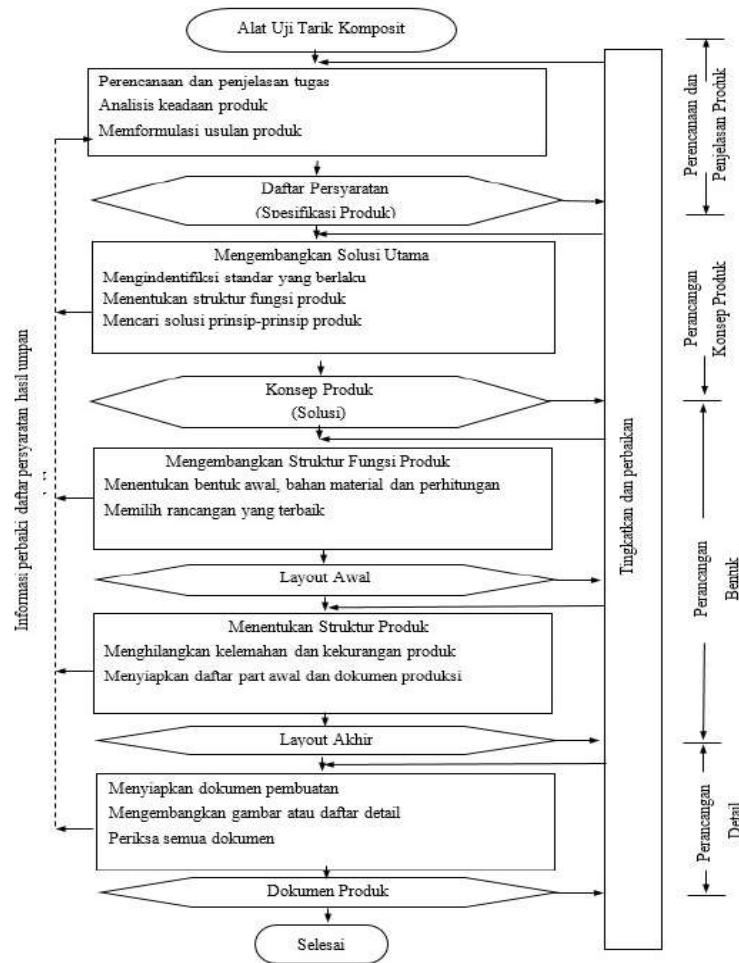
Name of the fiber	% Tensile Strain	Average Tensile Strength (MPa)	Average Tensile Modulus (GPa)
Bamboo	1,73	341	19,67
Palm	13,71	377	2,75
Coconut	20,00	500	2,50
Banana	3,36	600	17,85

Hasil dari pengujian yang didapat sangatlah penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Karena dengan pengujian tarik dapat diukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan [4].

Alat uji tarik menjadi tuntunan tersendiri untuk mengetahui karakteristik dari bahan atau material yang diujikan untuk memenuhi syarat masyarakat. Saat ini alat uji tarik untuk bahan logam memiliki besar kapasitas pembebanan hingga 100 ton. Namun komposit serat alam mempunyai kekuatan tarik jauh lebih kecil dari logam maksimum pembebanan hanya pada kisaran 70 MPa [3]. Oleh karena itu pada penelitian ini akan merancang alat uji tarik dengan beban tarik menggunakan sistem pneumatik. Pada tekanan kompresor yang digunakan sekitar 2-6 bar untuk memutuskan material komposit alami, untuk menganalisa data yang didapat menggunakan *load cell* karena salah satu perangkat elektronik yang dapat digunakan pada mesin uji tarik.

2. METODE

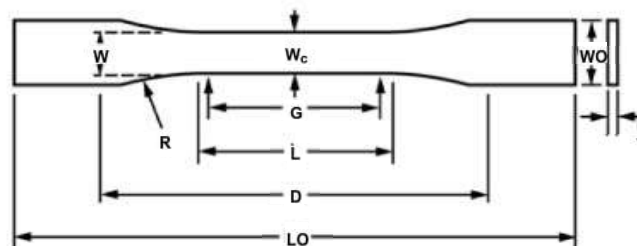
Metode Pahl and Beitz adalah perencanaan kegiatan awal untuk merancang suatu produk yang kebutuhannya sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Setelah perancangan selesai maka kegiatan yang menyusul adalah pembuatan produk. Model Pahl & Beitz berdasarkan pada tahap-tahap perhitungan sebagian berikut:



Gambar 1 Diagram alir penelitian[5]

2.1 Perencanaan dan Penjelasan Tugas

Pada penelitian perancangan alat uji tarik komposit ini adalah mengacu pada standarisasi ASTM D638 untuk spesimen benda uji serta menyesuaikan kerangka alat uji tarik komposit. Tujuan alat uji tarik komposit ini untuk mengetahui sifat mekanis dari suatu material komposit alami terhadap tarikan, dimana sifat mekanis meliputi batas kekuatan tarik, penambahan panjang dan pengecilan luas penampang. Gambar 1 di bawah ini adalah dimensi spesimen benda uji sesuai ASTM D638.



Gambar 2 Dimensi spesimen benda uji ASTM D368 tipe 1[6]

Tabel 2 Dimensi ASTM D638 tipe 1 [6]

<i>Dimension (see drawings)</i>	<i>T = 7mm (0,28 inch) or under</i>	<i>Tolerances</i>
W_c = width of narrow section	13 (0,50)	$\pm 0,5 (\pm 0,02)$
L = Length of narrow section	57 (2,25)	$\pm 0,5 (\pm 0,02)$
WO = Width overall	19 (0,75)	+ 6,4 (+ 0,25)
LO = Length overall	165 (6,5)	no max (no max)
G = Gage length	50 (2,00)	$\pm 0,25 (\pm 0,010)$
D = Distance between grips	115 (4,5)	$\pm 5 (\pm 0,2)$
R = Radius of fillet	76 (3,00)	$\pm 1 (\pm 0,04)$

2.2 Perencanaan konsep produk

1. Identifikasi kebutuhan

Kebutuhan perancangan alat uji tarik komposit alami ini sebagai prasyarat sebelum pelaksanaan pembuatan alat uji tarik komposit alami.

Tabel 3 kebutuhan perancangan alat uji tarik komposit

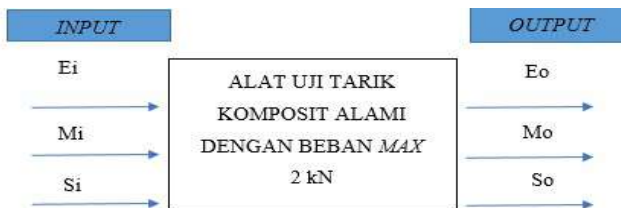
No	Pernyataan Kebutuhan	Tingkat Kepentingan
1	Beban mampu memutus spesimen benda uji material komposit alami	★ ★ ★ ★
2	Pemasangan spesimen yang mudah	★ ★ ★
3	Mudah dipindahkan	★ ★ ★
4	Perawatan dan perbaikan mudah	★ ★

2. Fungsi keseluruhan

Setelah menentukan identifikasi kebutuhan, tahap perancangan produk yang pertama yaitu, menentukan blok fungsi dan diagram fungsi yang akan digunakan dalam sistem alat uji tarik komposit alami.

a. Blok fungsi

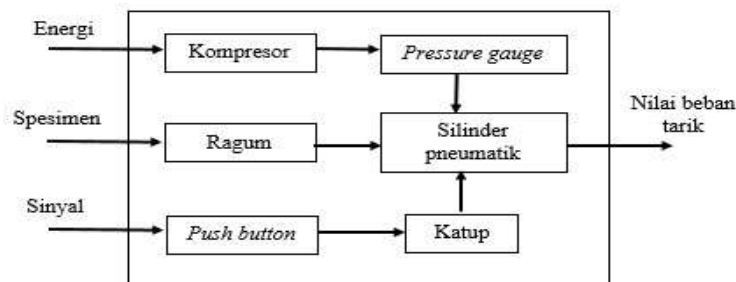
Pada suatu perancangan tentu diperlukan blok fungsi untuk mendapatkan *input* dan *output* agar proses perancangan dapat bekerja dengan benar.



Gambar 4 Blok fungsi perancangan

b. Diagram Fungsi

Setelah mendapatkan blok fungsi diatas, selanjutnya akan menjelaskan diagram fungsi pada alat uji tarik komposit alami pada gambar 3.



Gambar 5 Diagram fungsi perancangan

Diagram fungsi alat uji tarik komposit alami ini mendapat energi dari kompresor, setelah itu kompresor memberi tekanan udara melalui *pressure gauge* untuk mengatur tekanan/ melihat







tekanan dari kompresor, setelah melewati *pressure gauge* maka udara bertekanan masuk ke katup untuk diarahkan ke silinder acting. Tombol *push button* ini untuk menarik benda uji jika udara bertekanan sudah masuk ke katup.



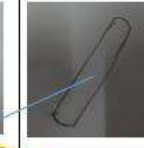

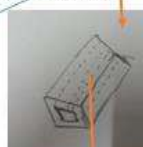

2.3 Perencanaan bentuk

Agar perancangan sesuai dengan kebutuhan konsumen perlu adanya perancangan bentuk meliputi pembahasan seperti morfologi chart, pemilihan desain, pohon keputusan desain, keputusan desain.

a. Morfologi chart

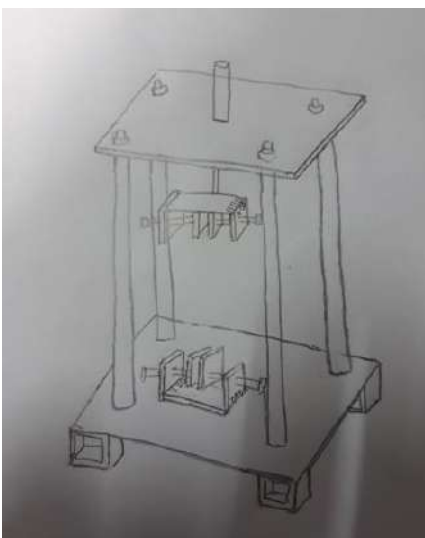
Tabel 4 Morfologi chart

No	Sub Komponen	Solusi A	Solusi B	Solusi C
1.	Penggerak	Silinder Pneumatik 	Silinder Hidrolik 	
2.	Sumber Energi	Pompa Hidrolik 	Kompresor 	
3.	Penjepit/Ragum	Asembly Baut 	Asembly las 	

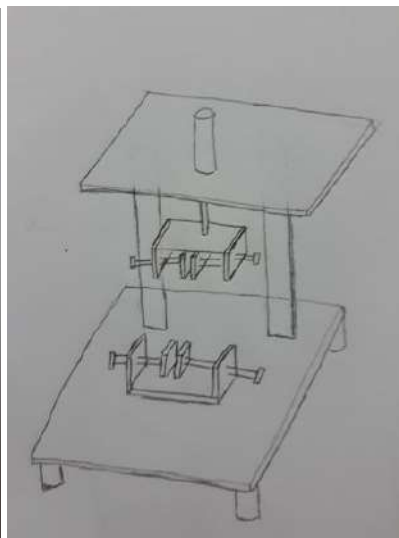
No	Sub Komponen	Solusi A	Solusi B	Solusi C
4.	Profil Kerangka	Siku 	kotak 	Silinder 
5.	Profil Kaki Kerangka	Kanal U 	Hollow kotak 	Hollow silinder 

Varian 1
Varian 3
Varian 2

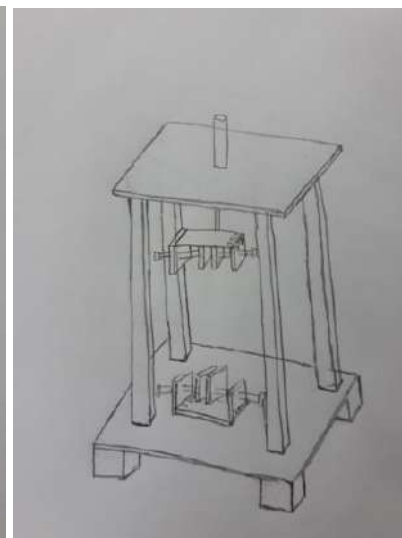
Berdasarkan tabel morfologi chart diatas didapat 3 bentuk varian alat uji tarik komposit alami.



Gambar 6 Varian 1



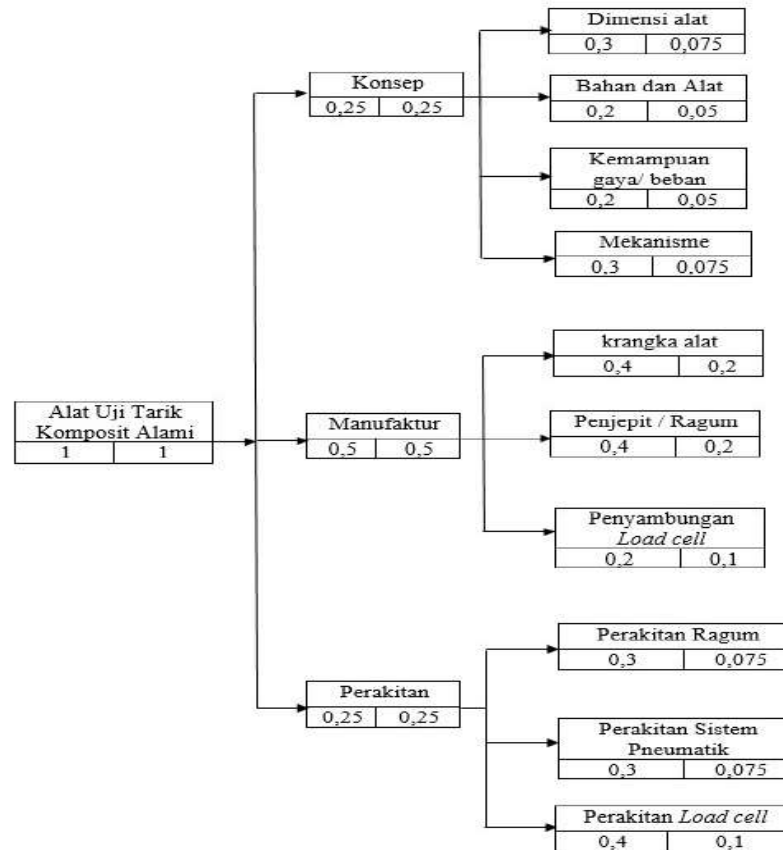
Gambar 7 varian 2



Gambar 8 Varian 3

b. Pohon keputusan

Setelah menentukan beberapa bagian varian yang didapat melalui morfologi chart, selanjutnya menentukan pohon keputusan berdasarkan point kepentingan tahapan – tahapannya.



Gambar 9 Pohon keputusan perancangan

c. Pembobotan

Setelah menentukan pohon keputusan yang sesuai dengan pemilihan desain, maka akan dibuat pohon keputusan desain dengan memberi pembobotan nilai pada ketiga varian tersebut. Varian dengan nilai pembobotan tertinggi maka akan terpilih.

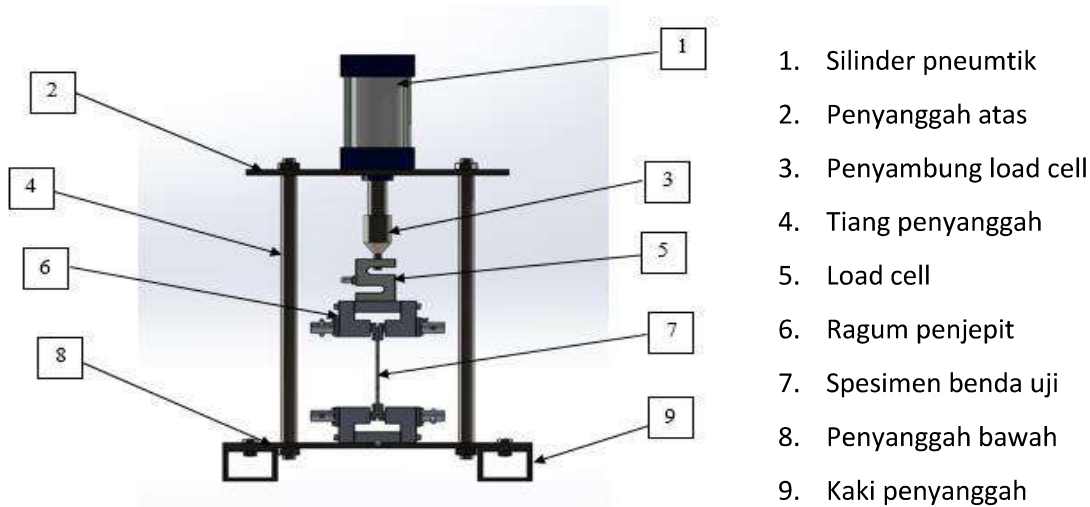
Tabel 5 Pembobotan Perancangan

No	Kriteria	Parameter	B	Varian 1		Varian 2		Varian 3	
				P	BP	P	BP	P	BP
1	Dimensi Alat	Sederhana	0,075	4	0,3	3	0,225	3	0,225
2	Bahan dan Alat	Material	0,05	4	0,2	4	0,2	4	0,2
3	Kemampuan gaya/ beban	Gaya tarik	0,05	3	0,15	4	0,2	4	0,2
4	Mekanisme	Sesuai fungsinya	0,075	4	0,3	4	0,3	3	0,225
5	Kerangka Alat	Manufaktur	0,2	3	0,6	3	0,6	3	0,6
6	Penjepit/ ragum	Manufaktur	0,2	4	0,8	3	0,6	3	0,6
7	Penyambung <i>Load cell</i>	Manufaktur	0,1	3	0,3	3	0,3	3	0,3
8	Perakitan ragum	Perakitan	0,075	3	0,225	2	0,15	2	0,15
9	Perakitan sistem pneumatik	Perakitan	0,075	3	0,225	3	0,225	2	0,15
10	Perakitan <i>Load cell</i>	Perakitan	0,1	3	0,3	3	0,3	3	0,3
Total			1	34	3,4	32	3,1	30	2,95

2.4 Perancangan Detail

Tahapan perancangan detail ini merupakan hasil dari desain terpilih yang akan diperjelaskan satu persatu komponen pada alat uji tarik komposit alami dengan beban 2000 N. Berdasarkan dari hasil

perhitungan varian, varian 1 merupakan desain terpilih dengan nilai 0,068. Dapat dilihat pada gambar 8 desain alat uji tarik komposit alami.



Gambar 10 Perancangan alat uji tarik komposit

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penentuan Diameter Piston Pneumatik

Dalam menentukan diameter piston silinder pneumatik harus mengetahui gaya yang diperlukan pada material komposit, gaya tarik pada material komposit alami berkisar 400 N sampai 2000 N maka pada perancangan alat uji tarik komposit alami ini dapat diasumsikan gaya tarik maksimal 2000 N.

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = P \times A \text{ [8]}$$

$$2000 \text{ N} = 5 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \cdot A$$

$$A = \frac{2000 \text{ N}}{5 \times 10^5 \text{ N/m}^2}$$

$$\frac{3,14 D^2}{4} = 0,004 \text{ m}^2$$

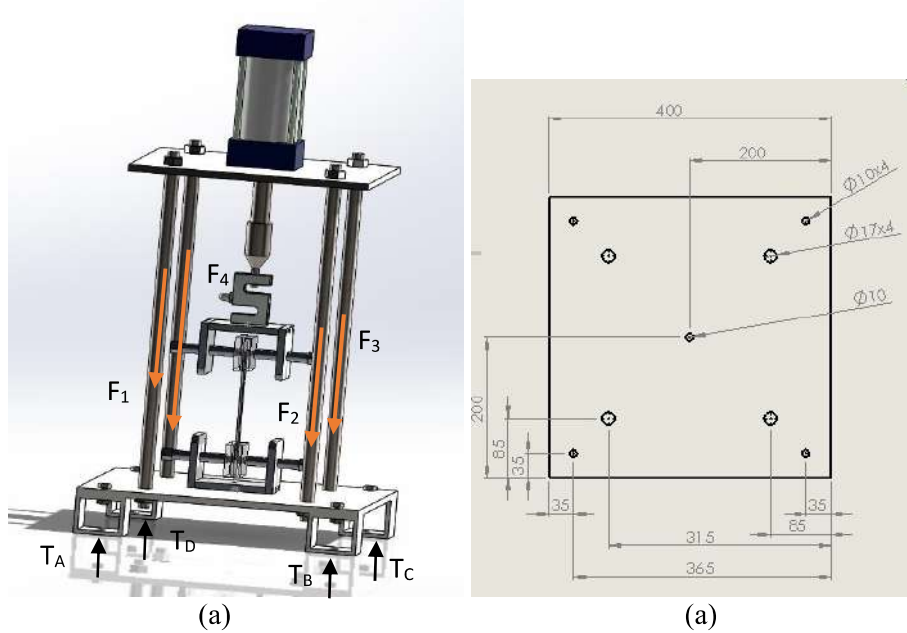
$$D = 70 \text{ mm}$$

Tabel 6 Ukuran silinder pneumatik [7]

Bore size (mm)	Stroke range (mm)	
	Without gaiter	With gaiter
40	~ 500	20 ~ 500
50	~ 600	20 ~ 600
63	~ 600	20 ~ 600
80	~ 750	20 ~ 750
100	~ 750	20 ~ 750

Jadi yang digunakan untuk perancangan alat uji tarik komposit alami dengan ukuran diameter piston 80 mm. Dan untuk panjang stroke menyesuaikan kerangka alat dengan ukuran 100 mm.

2. Perhitungan Statistik Pada Rangka Tiga Dimensi



Gambar 11 (a) Free Body Diagram Tiga Dimensi; (b) Dimensi Alat

Diketahui :

$$F = 2237 \text{ N}$$

Jadi gaya yang di dapat pada $F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = 560 \text{ N}$

Dengan vektor sumbu T_A didapat :

$$r_{A1} = 50 \text{ i} + 50 \text{ j} + 0 \text{ k}$$

$$r_{A2} = 280 \text{ i} + 50 \text{ j} + 0 \text{ k}$$

$$r_{A3} = 280 \text{ i} + 280 \text{ j} + 0 \text{ k}$$

$$r_{A4} = 50 \text{ i} + 280 \text{ j} + 0 \text{ k}$$

Penyelesaian :

$$\Sigma M_A = 0 \quad [9]$$

$$r_{A1} \times F_1 + r_{A2} \times F_2 + r_{A3} \times F_3 + r_{A4} \times F_4 - r_{A2} \times T_B - r_{A3} \times T_C - r_{A4} \times T_D = 0$$

$$(50 \text{ i} + 50 \text{ j} + 0 \text{ k}) \times (250 \text{ N}) + (280 \text{ i} + 50 \text{ j} + 0 \text{ k}) \times (250 \text{ N}) + (280 \text{ i} + 280 \text{ j} + 0 \text{ k}) \times (250 \text{ N}) + (50 \text{ i} + 280 \text{ j} + 0 \text{ k}) \times (250 \text{ N}) - (280 \text{ i} + 50 \text{ j} + 0 \text{ k}) \times (T_B) - (280 \text{ i} + 280 \text{ j} + 0 \text{ k}) \times (T_C) - (50 \text{ i} + 280 \text{ j} + 0 \text{ k}) \times (T_D) = 0$$

$$50T_B + 280T_C + 280T_D = 369500$$

$$280T_B + 280T_C + 50T_D = 369500$$

$$\underline{-230 T_B + 230T_D = 0}$$

$$T_B = T_D$$

$$T_B = 230 \text{ N}$$

$$T_D = 230 \text{ N}$$

$$50T_B + 280T_C + 280T_D = 369500$$

$$50(230) + 280T_C + 280(230) = 369500$$

$$280 T_C = 369500 - 115000$$

$$T_C = 1048 \text{ N}$$

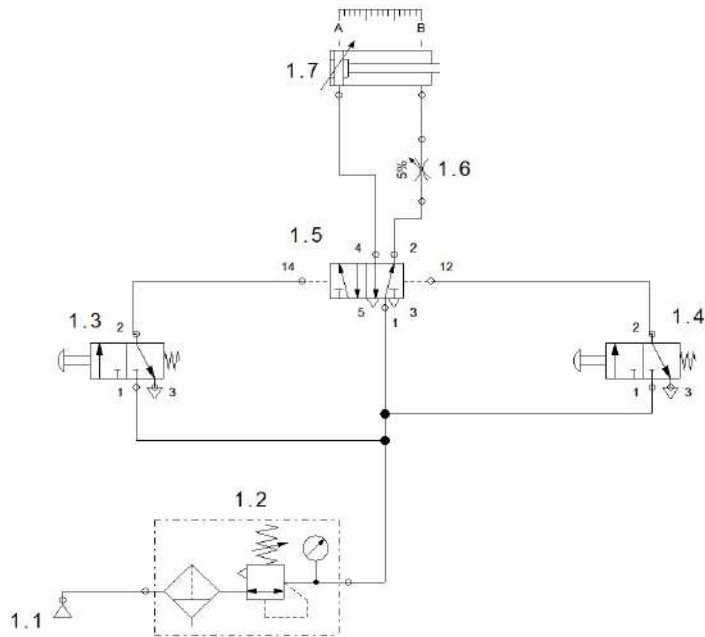
$$\Sigma F_z = 0$$

$$- F_1 - F_2 - F_3 - F_4 + T_A + T_B + T_C + T_D = 0$$

$$T_A = 732 \text{ N}$$

3. Rangkaian Pneumatik Alat Uji Tarik Komposit

Rancangan rangkaian pneumatik alat uji tarik komposit yaitu untuk mengetahui arah alur udara ke tiap-tiap komponen.



Keterangan :

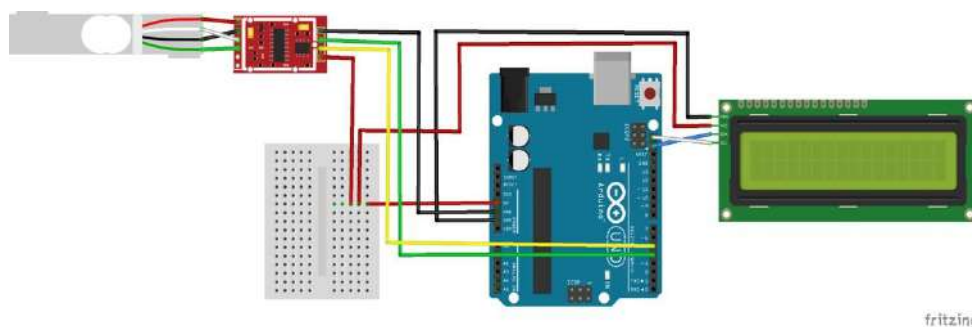
- 1.1 *Compressed air supply*
- 1.2 *Air service unit*
- 1.3 *3/n way valve*
- 1.4 *3/n way valve*
- 1.5 *5/2 way impulse valve*
- 1.6 *Throttle valve*
- 1.7 *Double acting cylinder*

Gambar 12 Rangkaian pneumatik

Fluida udara keluar dari kompresor kemudian masuk melalui *air supply* kemudian udara menuju katup 1.3, katup 1.4, dan katup 1.5. jika katup 1.3 ditekan oleh *push button* maka pada katup 1.3 jalur 1 akan mengalirkan udara ke jalur 2 sehingga udara mengalir kekatup 1.5, dimana pada katup 1.5 jalur 1 membuka udara dan mengalirkan ke jalur 4 sehingga udara mengalir ke *double acting cylinder* ke titik A dan mendorong piston ke titik B. Jika katup 1.4 ditekan oleh *push button* maka pada katup 1.4 jalur 1 akan mengalirkan udara kejalur 2 sehingga udara mengalir kekatup 1.3, dimana pada katup 1.5 jalur 1 membuka udara dan mengalirkan ke jalur 2 sehingga udara mengalir ke *double acting cylinder* ke titik B dan mendorong piston ke titik A.

4. Rangkaian sensor load cell

Pada rangkaian ini terdapat beberapa komponen untuk membaca beban tarik pada material komposit. Komponen rangkaian sensor *load cell* terdiri dari *load cell*, HX711, LCD 16x2, dan arduino uno.



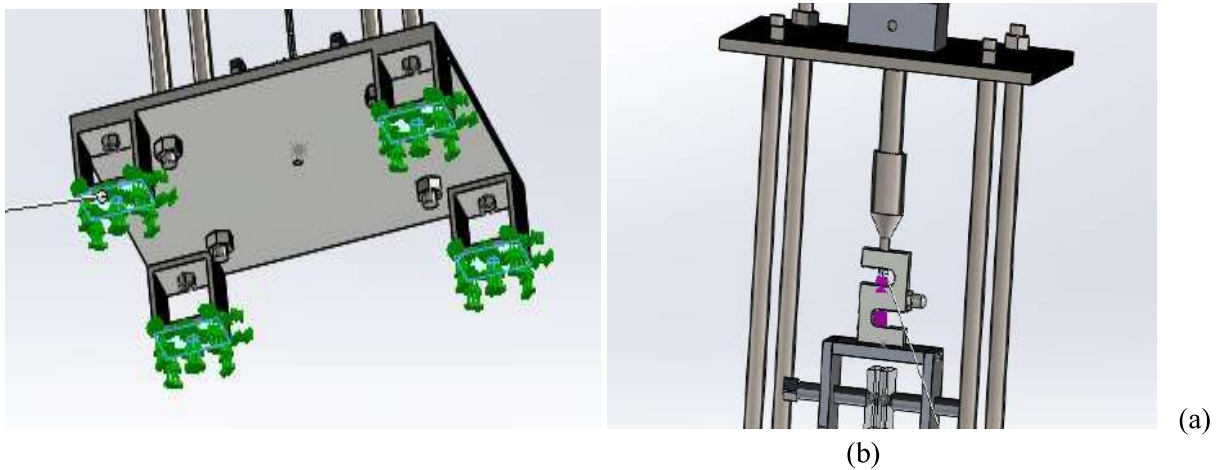
Gambar 13 Rangkaian arduino ke *load cell* melalui HX711

Untuk mengaktifkan sensor *load cell* diperlukan software arduino uno untuk *upload* kode program agar sensor *load cell* dapat terbaca pengukuran pada saat penarikan.

5. Analisis Statik kerangka Alat Uji Tarik Komposit

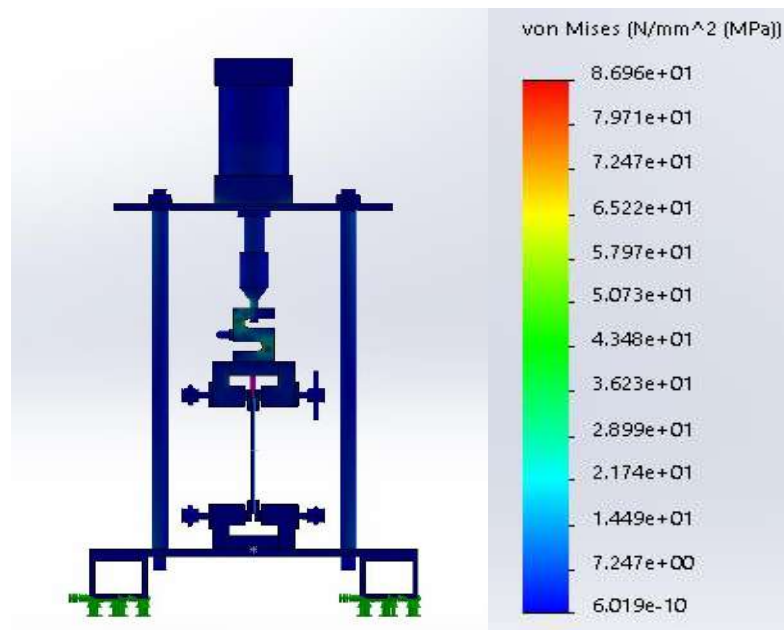
Pada analisis statik ini menggunakan *software solidworks* 2019, analisis ini dilakukan untuk mengetahui nilai *von missis stress pada kerangka*, Untuk dapat dianalisis pada *software solidworks* harus diberi *Force* dan *Fixed Geometry* agar dapat dianalisis pada *software solidworks*. Dibawah ini adalah tahapan analisis pada *software solidworks* :

1. Yang dilakukan pada tahap awal yaitu memberi *Fixed Geometry* pada kaki penyanggah bagian bawah agar alat uji tarik komposit alami tersebut dapat diam saat diberi *Force*. Setelah memberi *Fix Geometry* lalu diberikan *Force* pada sistem pneumatik agar alat uji tarik komposit dapat dianalisis statik pada *software solidworks*. *Force* yang diberikan adalah 2000 N.



Gambar 14 (a) Pemberian *Fix Geometry* (b) pemberian *Force*

2. Setelah diberikan *Fix Geometry* dan *Force* pada alat uji tarik setelah itu lakukan analisis pada *software*, maka akan mendapatkan nilai *von missis stress*.



Gambar 15 Hasil analisis kerangka alat uji tarik komposit

Didapatkan dari hasil analisis statik bahwa nilai *von missis stress* minimal sebesar 6,019e-10 N/mm² dan nilai *von missis stress* maksimal sebesar 8,696e+01 N/mm². Dilihat dari gambar 13 *von missis stress* pada kerangka alat uji tarik komposit alami ini berwarna biru maka dapat disimpulkan material yang digunakan aman pada *force* 2000 N ketika pneumatik menarik komposit alami.

5. KESIMPULAN

Dari proses perancangan alat uji tarik dengan beban 2000 N untuk pengujian material komposit alami maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini telah dihasilkan perancangan alat uji tarik dengan beban 2000 N untuk pengujian material komposit, perancangan tersebut merupakan varian terpilih dari 3 varian dengan masing-masing nilai yaitu varian 1 mendapatkan nilai sebesar 3,4, varian 2 dengan nilai sebesar 3,1 dan varian 3 dengan nilai sebesar 2,95, maka varian 1 akan dipilih menjadi konsep terpilih.
2. Dari hasil perhitungan silinder pneumatik didapat diameter piston silinder yaitu 70 mm akan tetapi untuk diameter 70 mm tidak ada dipasaran maka diameter yang tersedia dipasaran dan dapat digunakan pada sistem yaitu diameter 80 mm dengan panjang *stroke* 100 mm.
3. Untuk mengetahui beban tarik pada spesimen benda uji jika terjadi putus yaitu menggunakan sensor load cell.
4. Dari material yang digunakan untuk melakukan analisis statik, dengan dilakukan pemberian gaya tarik pada pneumatik sebesar 2000 N maka didapat nilai *von misses stress* minimal sebesar $6,019 \times 10^{-10}$ N/mm² dan nilai *von misses stress* maksimal sebesar $8,696 \times 10^1$ N/mm². Sehingga kerangka alat uji tarik aman untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

1. S. A. P. Amithya Apsari, "Pra Rancangan Pabrik Wood Plastic Composite Papan Deck Dengan Kapasitas 25.260 Lembar/Tahun," Yogyakarta, 2018.
2. H. Fahmi and H. Hermansyah, "Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Resin Polyester/ Serat Daun Nenas Terhadap Kekuatan Tarik," *J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 1, pp. 46–52, 2011.
3. P. Lokantara and P. Gede, "Analisis arah dan perlakuan serat tapis serta rasio epoxy hardener terhadap sifat fisis dan mekanis komposit tapis / epoxy," *J. Ilm. Tek. Mesin CAKRAM*, vol. 1, no. 1, pp. 15–21, 2007.
4. R. P. Denti Robert Salindeho , Jan Soukota, "Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisa Sifat Mekanik Material," vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2013.
5. G. . Pahl, W. . Beitz, J. Feldhusen, and K. H. . Grote, *Engineering design. [electronic book]: a systematic approach: University of Liverpool Library*, Third edit. Germany: Springer.
6. ASTM (D638-02a), "American Society for Testing and Materials. Standard test method for tensile properties of plastics (D 638 - 02a) - SCAN VERSION," in *Astm*, vol. 08, 2003, pp. 46–58.
7. Anon, *The Pneumatics Catalog*, no. North America Edition. North America Edition: SMC, 2015.
8. Muhammad Subhan, Ari Satmoko, "Penentuan dimensi dan Spesifikasi Silinder Pneumatik untuk Penggerakan Tote Iradiator Gamma Multiguna Batan", *J. Perangkat Nuklir*, Vol. 10, No. 02, pp. 50-59, 2016
9. J.L Meriam, L.G. Kraige, J.N. Bolton, *Engineering Mechanics Volume 1 Statics*, Texas, Wiley, 2013

SISTEM PENJADWALAN & MONITORING *MASS RAPID TRANSIT* BERBASIS MOBILE

Yadi Setiyadi^{1*}, Ionia Veritawati²

^{1,2}Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK. Pemerintah Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) mempunyai visi serta misi untuk membawa Indonesia menuju kehidupan negara yang maju dan memberi kemudahan kepada masyarakatnya. Salah satu bentuk visi dan misi tersebut adalah pembangunan transportasi perkereta apian di ibu kota Indonesia, DKI Jakarta. Transportasi perkereta apian yang dimaksud adalah *Mass Rapid Transit* atau MRT, dengan mode transportasi berbasis rel listrik yang mengikuti kemajuan teknologi saat ini. MRT yang sudah dibangun ini perlu ditunjang sarana transportasi agar bisa menyampaikan informasi kepada masyarakat, berupa informasi jadwal dan informasi *tracking*. Informasi jadwal berguna bagi setiap pengguna (user) yang menggunakan mode transportasi ini dan informasi *tracking* berguna bagi masinis untuk mengetahui serta memonitor posisi dan pergerakan dari MRT itu sendiri. Informasi tersebut diperoleh dengan membangun sistem informasi Penjadwalan dan Monitoring yang dapat diketahui oleh pihak-pihak terkait. Sistem informasi tersebut berbasis web dan *mobile* yang menggunakan teknologi GPS dan terhubung dengan Google Maps API pada *smartphone* yang bertujuan untuk memaksimalkan hasil monitoring *tracking* pergerakan dari sebuah perjalanan MRT. Sistem informasi ini memberikan laporan kepada setiap masinis yang mengoperasikan MRT mengenai kesesuaian antara jadwal dengan saat berjalannya MRT.

Kata Kunci - *Penjadwalan, Monitoring, Mass Rapid Transit, GPS, Mobile*

PENDAHULUAN

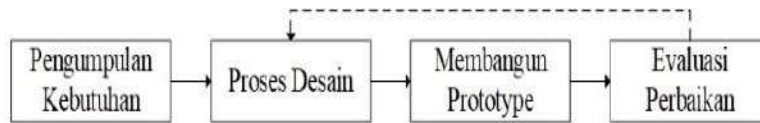
Pemerintah Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) mempunyai visi serta misi untuk membawa Indonesia menuju kehidupan negara yang maju dan memberi kemudahan kepada masyarakatnya. Misi pemerintah saat ini membuat percepatan pembangunan besar-besaran yang merata serta strategis ke setiap daerah-daerah di Indonesia dimulainya dari Sabang sampai Marauke untuk mengejar ketertinggalannya dari negara-negara tetangga di Benua Asia. Salah satu percepatan pembangunan besar-besaran yang dilakukan pemerintah saat ini adalah pembangunan di bidang transportasi. Pemerintah menyadari bahwa pentingnya sebuah transportasi *modern* yang dapat membantu aktivitas masyarakat dalam memangkas waktu tempuh sebuah perjalanan. Semakin sedikit waktu tempuh yang digunakan untuk menempuh perjalanan dapat mempengaruhi perekonomian sebuah negara dan memperbanyak aktivitas perpindahan dari titik awal menuju titik yang dituju.

Dalam proses pembangunan transportasi yang sedang dalam pengerjaannya, pemerintah Indonesia sedang berada pada tahap perancangan hingga tahap penyelesaian yang akan segera diresmikan. Salah satu dari pembangunan transportasi yang sedang menuju tahap penyelesaian adalah transportasi berbasis rel yang berada di ibu kota DKI Jakarta. Transportasi berbasis rel ini adalah *Mass Rapid Transit* atau disingkat MRT. MRT adalah sebuah moda transportasi massal dan yang akan dikembangkan adalah transportasi berbasis rel listrik yang efektif dan nyaman dan telah terbukti hasilnya dengan banyak diterapkannya moda transportasi ini oleh kota-kota besar yang terdapat di berbagai negara[1].

MRT di DKI Jakarta yang sudah beroperasi ini dinaungi oleh perusahaan milik daerah yang itu PT. MRT Jakarta. PT. MRT Jakarta sudah melakukan aktivitas perjalanan dan informasi jadwal dari MRT tersebut. Dalam Informasi jadwal tersebut pihak PT. MRT Jakarta mengeluarkan aplikasi untuk para pengguna yang berfungsi untuk memberikan informasi aktivitas dan progress dalam pelaksanaan pekerjaannya[5]. Akan tetapi aplikasi yang diberikan kepada pengguna belum bisa dikatakan sempurna dikarenakan belum terdapatnya informasi jadwal perjalanan dan jadwal tiba stasiun MRT untuk diketahui oleh masyarakat pengguna.

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian untuk membangun sistem informasi digunakan metode prototype (Gambar 1).



Gambar 1 Alur langkah -langkah *Prototype*

Metode *prototype* dalam implementasinya menghasilkan lebih banyak solusi dalam menciptakan sebuah sistem dengan tingkat keberhasilan dan kesempurnaan sistem yang lebih baik, karena mengandalkan metode yang berulang dengan kesesuaian data yang di peroleh dan direncanakan di awal. Metode *Prototype* mempunyai suatu langkah-langkah yang menunjang tingkat keberhasilan sistem tersebut yaitu[2]:

1. Pengumpulan kebutuhan;
2. Proses desain yang cepat;
3. Membangun prototipe;
4. Evaluasi dan perbaikan.

Pengumpulan kebutuhan, berupa data dengan 2 cara, yaitu :

a. Observasi (pengamatan), dengan survey lapangan ke tempat beroperasinya MRT dimulai dari stasiun MRT Lebak Bulus sampai dengan stasiun MRT Bundaran HI, untuk mendapatkan data primer. Hasil yang didapat adalah pola perjalanan MRT serta data-data berupa waktu uji coba dalam perjalanan MRT, dan metode pemilihan jadwal perjalanan MRT.

b. Studi Pustaka, dari membaca referensi jurnal dan *website company* MRT Jakarta untuk mengumpulkan data dan informasi mengenai kebutuhan akan MRT di Jakarta, rencana pembangunannya, dasar-dasar teori dari sistem MRT sampai monitoring.

Proses berikutnya yaitu Proses Desain, membangun prototype serta evaluasi dan perbaikan, merupakan proses berulang. Proses utama dari metode prototype, yaitu [3]:

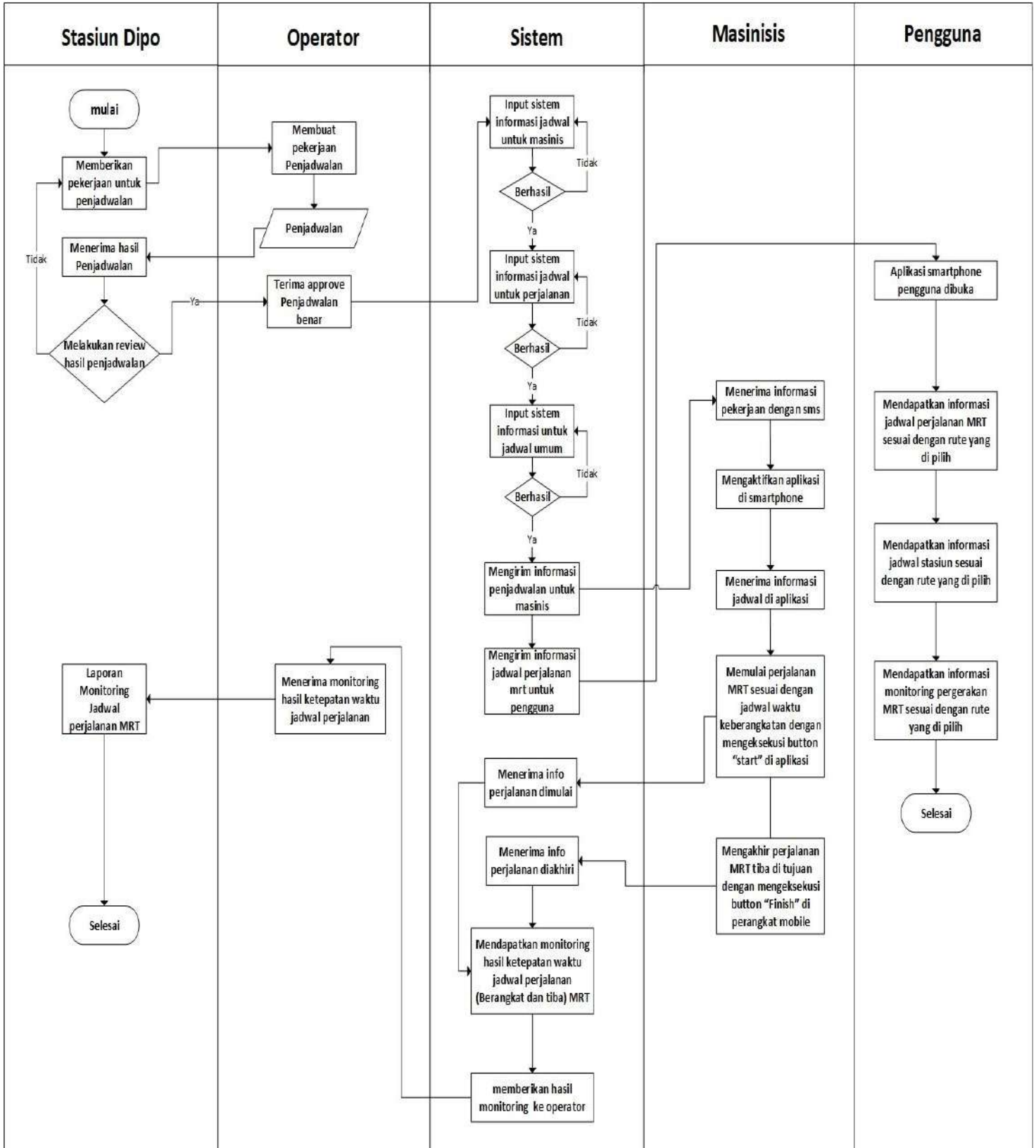
1. *Illustrative*, menghasilkan contoh laporan data yang siap digunakan untuk diimplementasikan pada sistem yang dibuat tersebut;
2. *Simulated*, mensimulasikan beberapa alur kerja sistem tetapi tidak menggunakan data *real* tetapi berupa data- *dummy* untuk ujicoba sistem;
3. *Functional*, mensimulasikan beberapa alur sistem yang sebenarnya dan menggunakan data *real* untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem tersebut;
4. *Evolutionary*, menghasilkan model yang menjadi bagian dari operasional sistem yang sudah didukung dengan tahap-tahapan sebelumnya.

Proses Desain

Proses desain itu berupa perancangan sistem, yaitu menggunakan data-data yang telah diperoleh untuk membangun *workflow* proses bisnis (Gambar 2) dimana merupakan usulan cara kerja sistem yang akan dibangun. Proses bisnis sistem ini disesuaikan dengan tingkat kebutuhan dari bagian pelaksana dan penerima informasi dari sistem. Dari *workflow* tersebut kemudian dibuat arsitektur perangkat lunak (Gambar 3) yang menggambarkan kaitan antara masukan data ke sistem, proses pada sistem serta keluaran dari sistem.

• *Workflow* Usulan

Workflow usulan ini (Gambar 2) bertujuan untuk menggambarkan cara kerja sistem yang akan dibangun, agar diketahui keterkaitan proses dengan entitas yang terlibat dalam sistem tersebut. Dalam *workflow* usulan terdapat lima (5) bagian alur kerja dan lima entitas (bagian), yang masing-masing saling berkaitan. Bagian alur kerja ini berurutan dimulai dari stasiun dipo, operator, sistem, masinis dan pengguna. Masing-masing bagian tersebut terpusat pada bagian sistem yang menghasilkan sebuah laporan yang berakhir pada stasiun dipo sebagai bagian penetapan jadwal dan bagian pengguna sebagai pemakai dari sistem dan aplikasi tersebut.

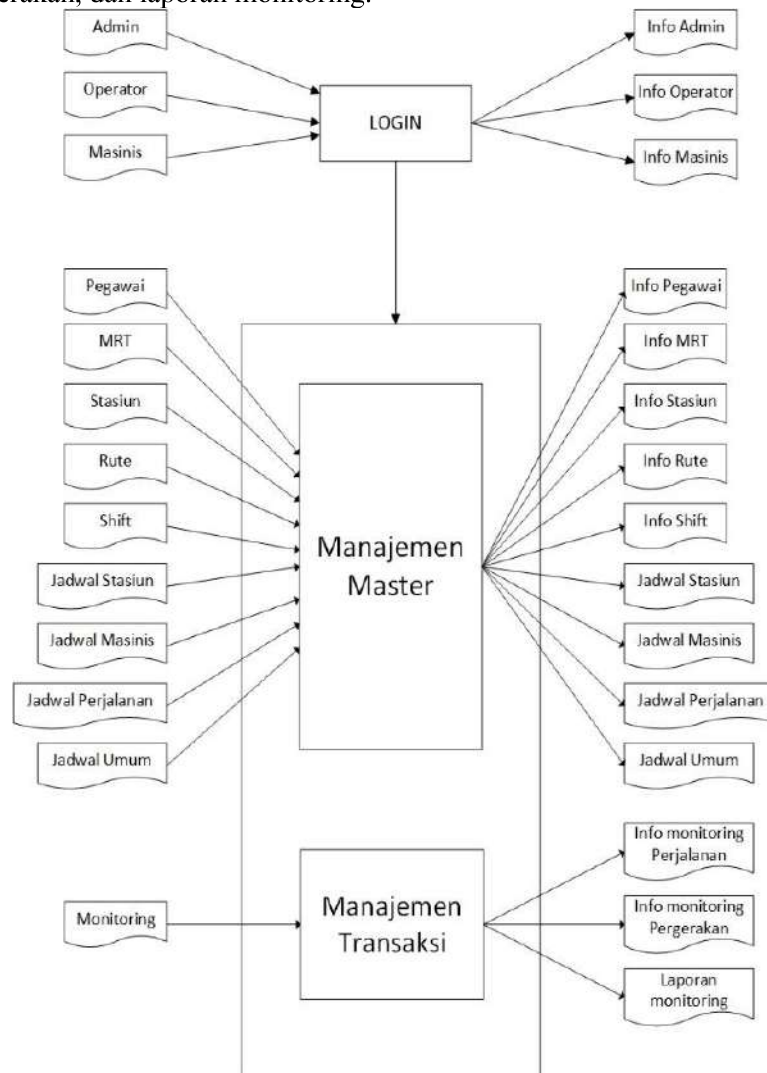


Gambar 2 *Workflow Usulan*

• **Arsitektur Perangkat Lunak**

Arsitektur perangkat lunak (Gambar 3) merupakan sebuah dasar awal untuk membuat sistem. Arsitektur ini menggambarkan kumpulan data dasar sebagai masukan ke sistem untuk diproses oleh sistem yang menghasilkan keluaran berupa informasi. Data Master untuk sistem ini ada sembilan yaitu pegawai, MRT, stasiun, rute, shift, jadwal stasiun, jadwal masinis, jadwal perjalanan, jadwal umum. Proses Transaksi untuk

sistem ini adalah monitoring dengan hasil transaksi (informasi) ada 3 data yaitu info monitoring perjalanan, info monitoring pergerakan, dan laporan monitoring.



Gambar 3 Arsitektur Perangkat Lunak

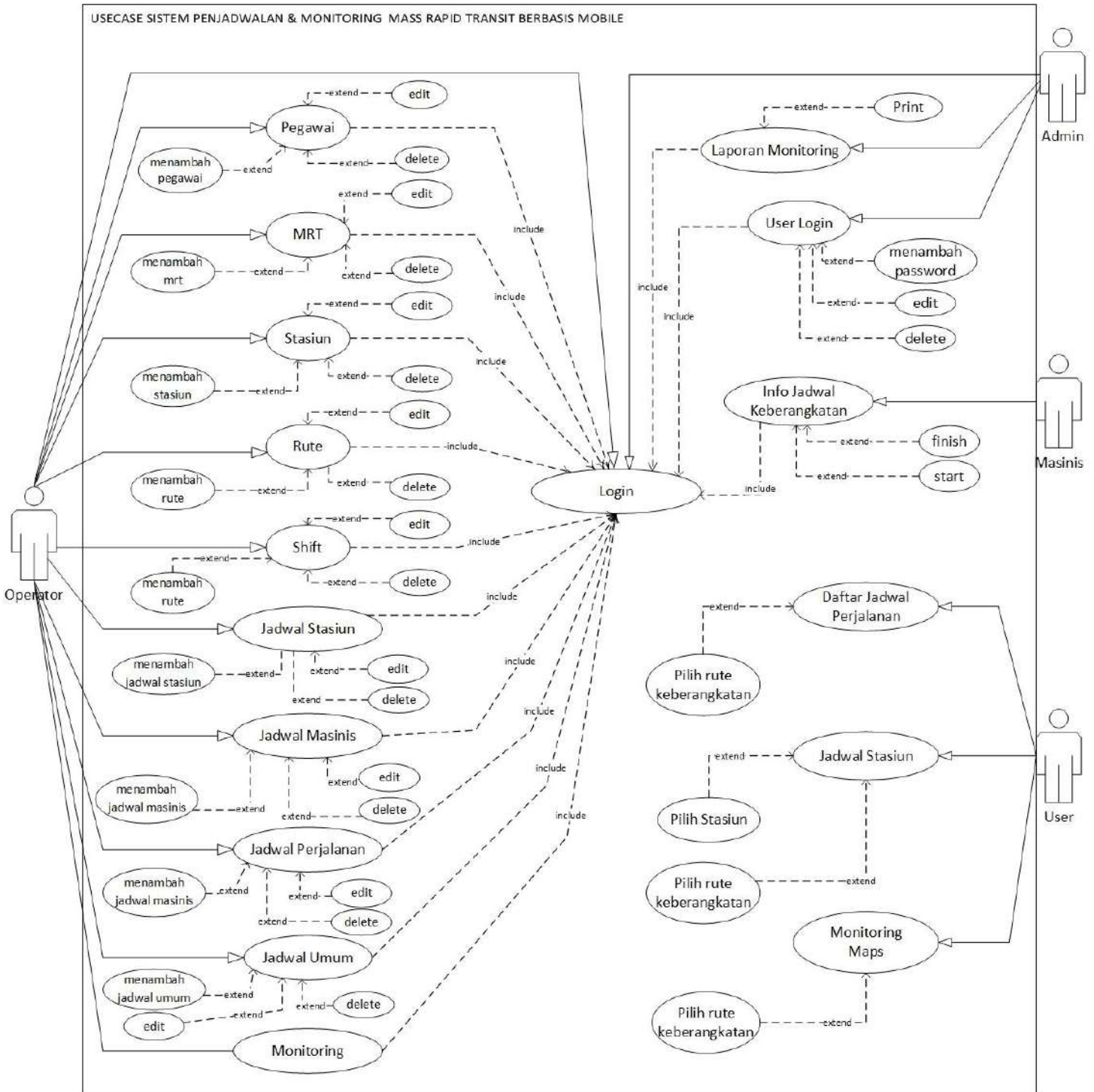
- **Pemodelan Sistem / UML**

Unified Modeling Language (UML) adalah notasi yang lengkap untuk membuat visualisasi model suatu sistem yang bertujuan memberikan model yang siap pakai, bahasa pemodelan visual yang ekspresif untuk mengembangkan sistem dan yang dapat saling menukar model dengan mudah dan dimengerti secara umum[4].

A. *Use Case Diagram*

Use case diagram menggambarkan fitur apa saja yang dijalankan oleh masing-masing pengguna (aktor) dalam bentuk diagram. Terdapat 3 aktor yang merupakan mempunyai hak akses dalam system ini dan 1 aktor yang mendapatkan hasil dari system yang di inputkan.

Tiga (3) aktor tersebut adalah Operator, Admin, dan Masinis. Kemudian 1 aktor terkait adalah Pengguna yang mendapatkan hasil dari sistem didalam aplikasi *mobile*. *Use Case Diagram* merupakan pemodelan untuk kelakuan (*behavior*) sistem informasi yang akan dibuat. *Use case* mendeskripsikan sebuah interaksi antara satu atau lebih actor dengan sistem informasi yang akan dibuat. Secara kasar, *use case* digunakan untuk mengetahui fungsi apa saja yang ada di dalam sebuah sistem informasi dan siapa saja yang berhak menggunakan fungsi-fungsi itu. Berikut Gambar yang merupakan *use case diagram* dari sistem ini :



Gambar 4 Usecase Diagram

Pada gambar 4 terdapat 3 aktor yang terhubung dalam sistem dan 1 aktor dapat menggunakan hasil sistem tersebut. 3 aktor tersebut operator, admin, masinis yang dihubungkan dengan 1 login dengan nip dan password yang berbeda. 1 aktor yang menggunakan hasil dari sistem adalah pengguna yang dapat melihat daftar jadwal perjalanan, jadwal stasiun serta monitoring maps yang di atur oleh rute.

Operator disini bertugas sebagai pengatur jadwal yang ditetapkan untuk masinis serta melihat monitoring perjalanan mrt yang di eksekusi oleh masinis. Admin bertugas menetapkan password login untuk pegawai yang diberi akses untuk masuk kedalam sistem. Masinis bertugas menerima hasil jadwal yang sudah ditetapkan dan melaksanakan perjalanan sesuai dengan jadwal yang ditetapkan.

HASIL DAN IMPLEMENTASI

Hasil yang akan ditampilkan merupakan hasil dari sistem usulan yang sudah di pastikan implementasinya. Implementasi yang dilakukan adalah pembuatan jadwal sampai ke tahap monitoring perjalanan. Berikut adalah implementasinya data MRT, data masinis, data stasiun, data rute, data shift, data jadwal masinis data jadwal perjalanan, data jadwal umum.

A. Membuat data MRT

Data MRT dibuat dengan kode pada tiap mrt untuk memusatkan perjalanan mrt ini sendiri dengan 2 rute.

No	Kode MRT	Jumlah Gerbong	Action
1	61	6	Edit Delete
2	62	6	Edit Delete
3	63	6	Edit Delete
4	64	6	Edit Delete
5	65	6	Edit Delete
6	66	6	Edit Delete
7	67	6	Edit Delete
8	68	6	Edit Delete

Showing 1 to 8 of 8 entries

Gambar 5 Master Data MRT

B. Membuat data Masinis

Data masinis dibuat dengan Nip pegawai masinis yang di fungsikan untuk menyesuaikan jadwal masinis sesuai data shift.

No	NIP	Nama	Jenkel	Jabatan	HP	Email	Action
1	11	Administrator	Laki-laki	Admin	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
2	12	Operator	Laki-laki	Operator	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
3	21	masinis1	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
4	22	masinis2	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
5	23	masinis3	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
6	24	masinis4	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
7	25	masinis5	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
8	26	masinis6	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
9	27	masinis7	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
10	28	masinis8	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
11	29	masinis9	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
12	30	masinis10	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
13	31	masinis11	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
14	32	masinis12	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
15	33	masinis13	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
16	34	masinis14	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
17	35	masinis15	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete
18	36	masinis16	Laki-laki	Masinis	857	yadi@gmail.com	Edit Delete

Showing 1 to 10 of 18 entries

Showing 11 to 18 of 18 entries

Gambar 6 Master Data Pegawai Masinis

C. Membuat data Stasiun

Data stasiun dibuat dengan kode stasiun yang di fungsikan untuk menyesuaikan rute dari jadwal perjalanan dan disesuaikan posisi stasiun dengan *latitude* & *longtitude* sebagai menetapkan titik lokasi stasiun.

No	Kode	Nama Stasiun	Latitude	Longitude	Action
1	1	Lebak Bulus	-6.2884874000	106.7752218000	Edit Delete
2	2	Fatmawati	-6.2926697000	106.7920559000	Edit Delete
3	3	Cipete Raya	-6.2785636000	106.7970045000	Edit Delete
4	4	Haji Nawii	-6.2667903000	106.7973026000	Edit Delete
5	5	Blok A	-6.2557671000	106.7969308000	Edit Delete
6	6	Blok M	-6.2444686000	106.7979439000	Edit Delete
7	7	ASEAN	-6.2395643000	106.7987915000	Edit Delete
8	8	Senayan	-6.2267829000	106.8021923000	Edit Delete
9	9	Istora Mandiri	-6.2224205000	106.8084637000	Edit Delete
10	10	Bendungan Hillir	-6.215559000	106.8163332000	Edit Delete

Showing 1 to 10 of 13 entries

No	Kode	Nama Stasiun	Latitude	Longitude	Action
11	11	Setiabudi Astra	-6.2092048000	106.8216296000	Edit Delete
12	12	Dukuh Atas BNI	-6.2008361000	106.8228832000	Edit Delete
13	13	Bundaran HI	-6.1918888000	106.8226922000	Edit Delete

Showing 11 to 13 of 13 entries

ambar 7 Master Data Stasiun

D. Membuat data Rute

Data rute di fungsikan untuk menyesuaikan setiap awal dan akhir perjalanan dengan ditentukan oleh kode rute.

No	Kode Rute	St. Awal	St. Tujuan	Action
1	7	{1} Lebak Bulus	{13} Bundaran HI	Edit Delete
2	8	{13} Bundaran HI	{1} Lebak Bulus	Edit Delete

Showing 1 to 2 of 2 entries

Gambar 8 Master Data Rute

E. Membuat data Shift

Data shift difungsikan untuk membuat sebuah aturan kepada masinis yang bekerja untuk menyesuaikan waktu mulai dengan waktu selesai dan menentukan jadwal untuk masinis.

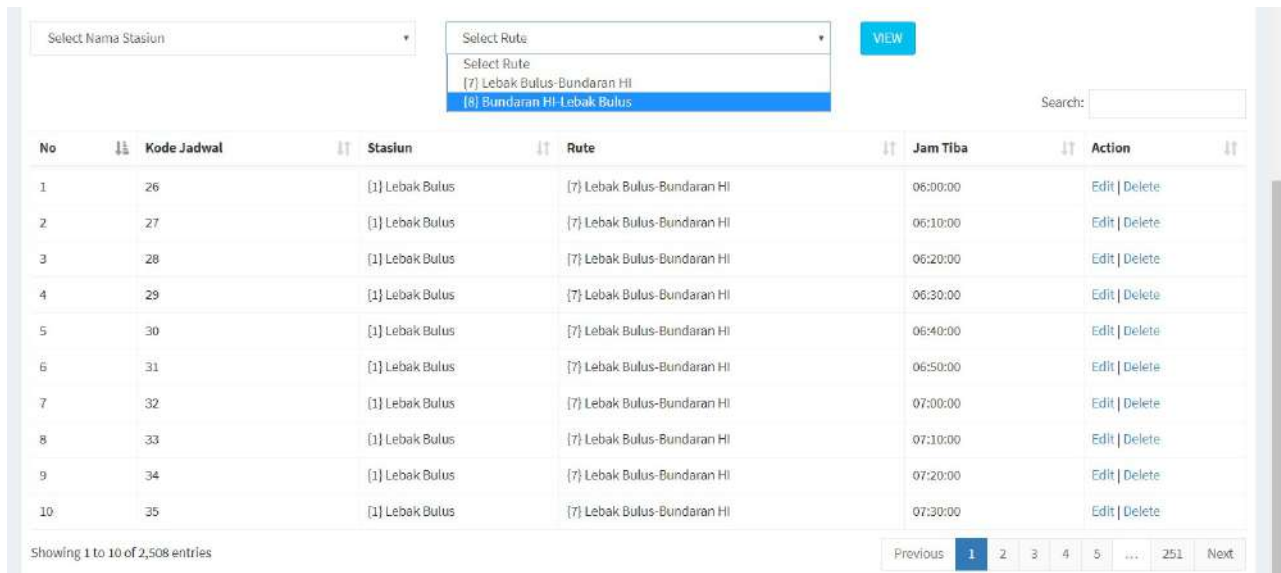
No	Kode Shift	Waktu Mulai	Waktu Selesai	Action
1	8	06:00:00	14:00:00	Edit Delete
2	9	14:00:00	22:00:00	Edit Delete
3	10	08:00:00	05:00:00	Edit Delete

Showing 1 to 3 of 3 entries

Gambar 9 Master Data Shift

F. Membuat data Jadwal Stasiun

Data Jadwal Stasiun terdapat kode stasiun yang dipilih kemudian diatur waktu tiba mrt distasiun dan ditentukan oleh kode rute tersebut.

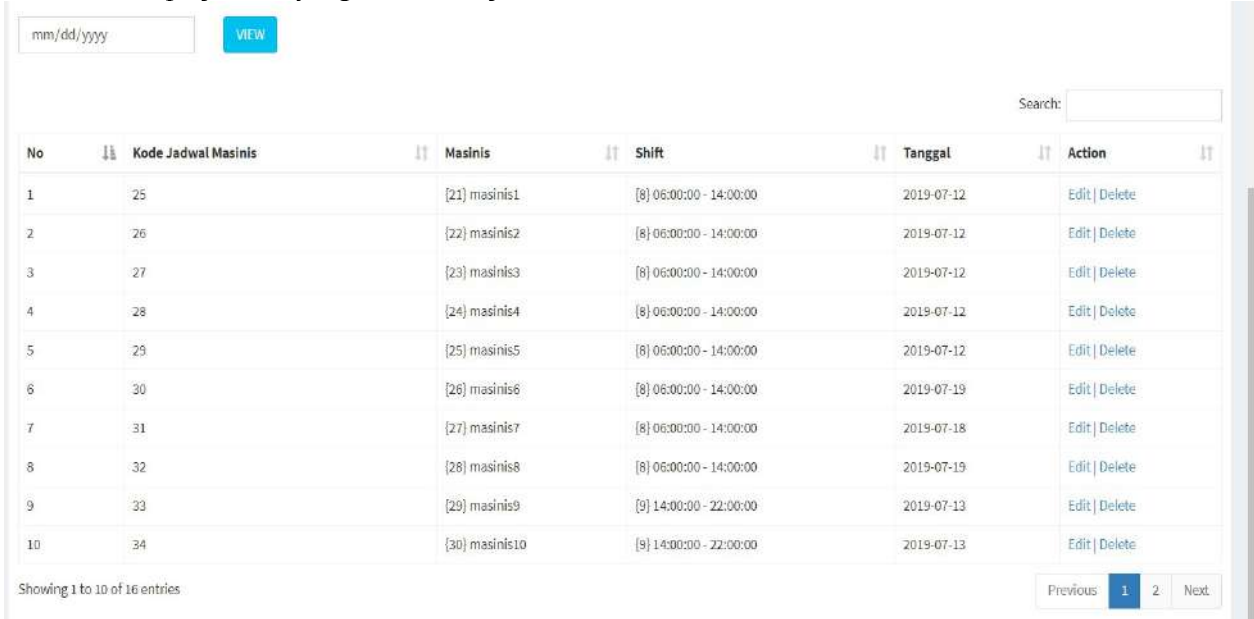


No	Kode Jadwal	Stasiun	Rute	Jam Tiba	Action
1	26	[1] Lebak Bulus	[7] Lebak Bulus-Bundaran HI	06:00:00	Edit Delete
2	27	[1] Lebak Bulus	[7] Lebak Bulus-Bundaran HI	06:10:00	Edit Delete
3	28	[1] Lebak Bulus	[7] Lebak Bulus-Bundaran HI	06:20:00	Edit Delete
4	29	[1] Lebak Bulus	[7] Lebak Bulus-Bundaran HI	06:30:00	Edit Delete
5	30	[1] Lebak Bulus	[7] Lebak Bulus-Bundaran HI	06:40:00	Edit Delete
6	31	[1] Lebak Bulus	[7] Lebak Bulus-Bundaran HI	06:50:00	Edit Delete
7	32	[1] Lebak Bulus	[7] Lebak Bulus-Bundaran HI	07:00:00	Edit Delete
8	33	[1] Lebak Bulus	[7] Lebak Bulus-Bundaran HI	07:10:00	Edit Delete
9	34	[1] Lebak Bulus	[7] Lebak Bulus-Bundaran HI	07:20:00	Edit Delete
10	35	[1] Lebak Bulus	[7] Lebak Bulus-Bundaran HI	07:30:00	Edit Delete

Gambar 10 Data Jadwal Stasiun

G. Membuat data Jadwal Masinis

Data Jadwal Masinis terdapat Masinis yang dipilih kemudian diatur kode jadwal pekerjaan dengan shift kemudian rute perjalanan yang harus dikerjakan.

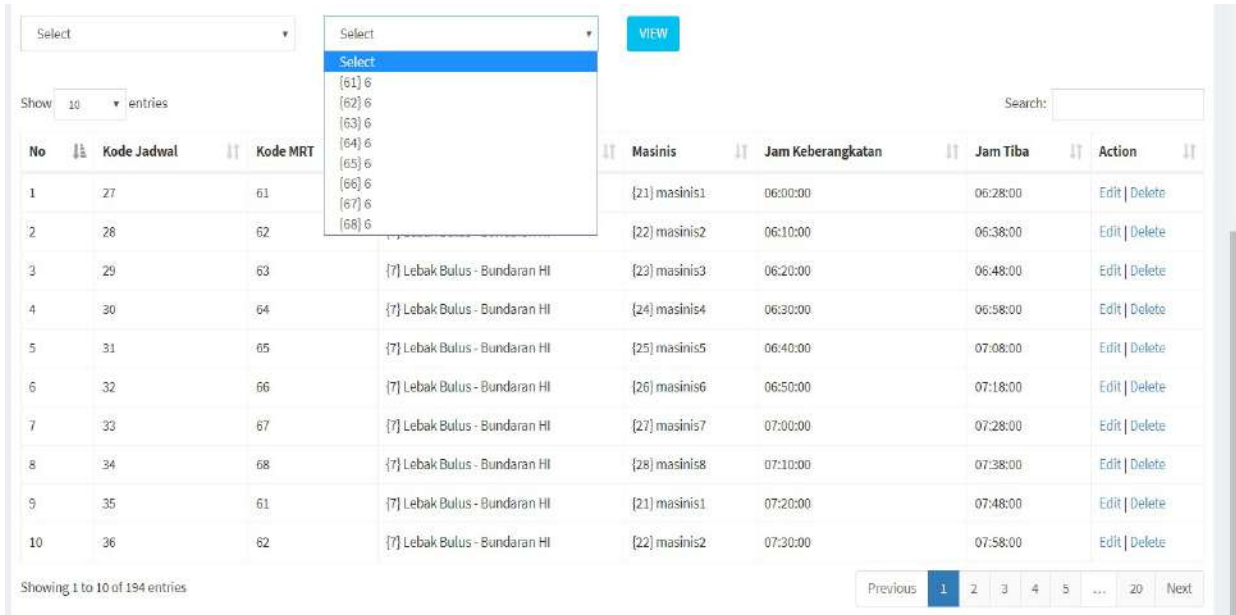


No	Kode Jadwal Masinis	Masinis	Shift	Tanggal	Action
1	25	[21] masinis1	[8] 06:00:00 - 14:00:00	2019-07-12	Edit Delete
2	26	[22] masinis2	[8] 06:00:00 - 14:00:00	2019-07-12	Edit Delete
3	27	[23] masinis3	[8] 06:00:00 - 14:00:00	2019-07-12	Edit Delete
4	28	[24] masinis4	[8] 06:00:00 - 14:00:00	2019-07-12	Edit Delete
5	29	[25] masinis5	[8] 06:00:00 - 14:00:00	2019-07-12	Edit Delete
6	30	[26] masinis6	[8] 06:00:00 - 14:00:00	2019-07-19	Edit Delete
7	31	[27] masinis7	[8] 06:00:00 - 14:00:00	2019-07-18	Edit Delete
8	32	[28] masinis8	[8] 06:00:00 - 14:00:00	2019-07-19	Edit Delete
9	33	[29] masinis9	[9] 14:00:00 - 22:00:00	2019-07-13	Edit Delete
10	34	[30] masinis10	[9] 14:00:00 - 22:00:00	2019-07-13	Edit Delete

Gambar 11 Data Jadwal Masinis

H. Membuat Data Jadwal Perjalanan

Data Jadwal Perjalanan terdapat pemilihan masinis, MRT, rute ditentukan jam keberangkatan dan jam tiba

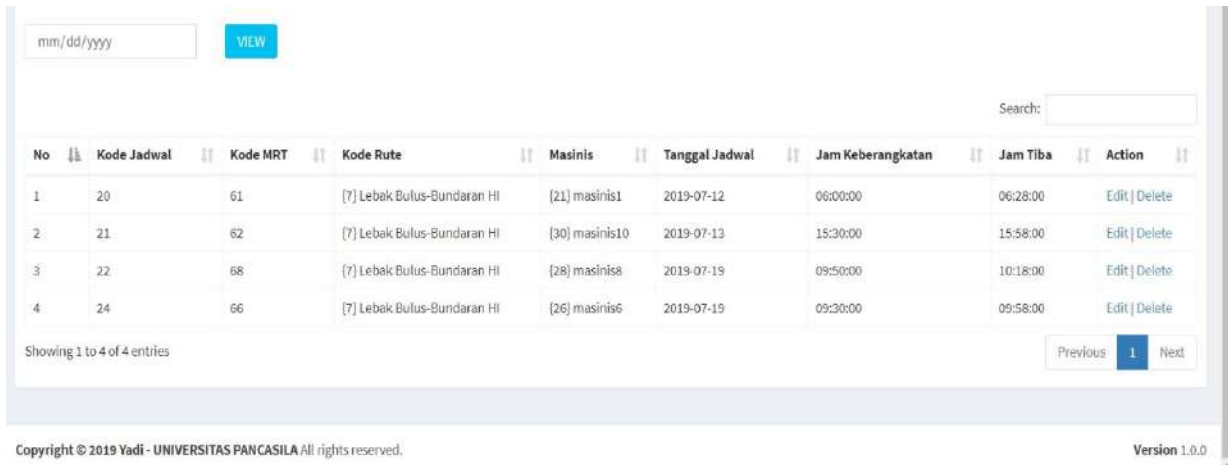


No	Kode Jadwal	Kode MRT	Masinis	Jam Keberangkatan	Jam Tiba	Action	
1	27	61	{21} masinis1	06:00:00	06:28:00	Edit Delete	
2	28	62	{22} masinis2	06:10:00	06:38:00	Edit Delete	
3	29	63	{7} Lebak Bulus - Bundaran HI	{23} masinis3	06:20:00	06:48:00	Edit Delete
4	30	64	{7} Lebak Bulus - Bundaran HI	{24} masinis4	06:30:00	06:58:00	Edit Delete
5	31	65	{7} Lebak Bulus - Bundaran HI	{25} masinis5	06:40:00	07:08:00	Edit Delete
6	32	66	{7} Lebak Bulus - Bundaran HI	{26} masinis6	06:50:00	07:18:00	Edit Delete
7	33	67	{7} Lebak Bulus - Bundaran HI	{27} masinis7	07:00:00	07:28:00	Edit Delete
8	34	68	{7} Lebak Bulus - Bundaran HI	{28} masinis8	07:10:00	07:38:00	Edit Delete
9	35	61	{21} masinis1	07:20:00	07:48:00	Edit Delete	
10	36	62	{22} masinis2	07:30:00	07:58:00	Edit Delete	

Gambar 12 Data Jadwal Perjalanan

I. Membuat Data Jadwal Umum

Data Jadwal Perjalanan umum terdapat pemilihan jadwal perjalanan yang sudah dibuat kemudian pemilihan waktu untuk ditetapkannya jadwal perjalanan tersebut.



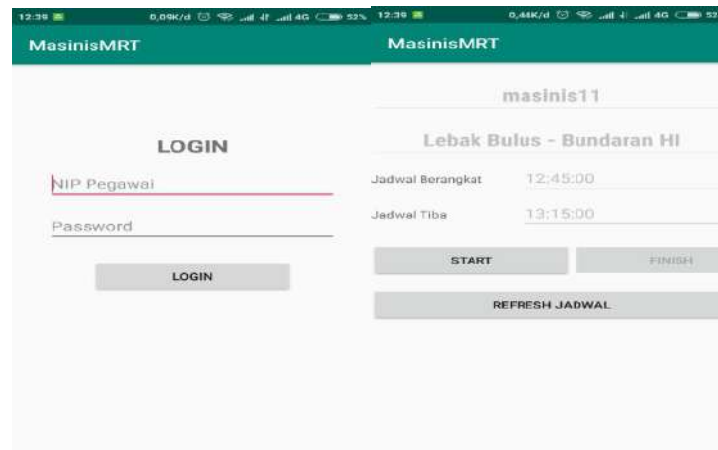
No	Kode Jadwal	Kode MRT	Kode Rute	Masinis	Tanggal Jadwal	Jam Keberangkatan	Jam Tiba	Action
1	20	61	{7} Lebak Bulus-Bundaran HI	{21} masinis1	2019-07-12	06:00:00	06:28:00	Edit Delete
2	21	62	{7} Lebak Bulus-Bundaran HI	{30} masinis10	2019-07-13	15:30:00	15:58:00	Edit Delete
3	22	68	{7} Lebak Bulus-Bundaran HI	{28} masinis8	2019-07-19	09:50:00	10:18:00	Edit Delete
4	24	66	{7} Lebak Bulus-Bundaran HI	{26} masinis6	2019-07-19	09:30:00	09:58:00	Edit Delete

Gambar 13 Jadwal Umum

J. Implementasi Output Sistem Mobile

- Antar Muka Aplikasi Mobile Masinis

Gambar 14 menampilkan login untuk masinis kemudian halaman selanjutnya adalah tampilan antar muka dari informasi masinis yang berhasil login dengan nama masinis dan informasi jadwal yang sudah ditetapkan dan di eksekusi dengan button start untuk memulai perjalanan dan button finish ketika menyelesaikan perjalanan dan dilanjutkan dengan *button refresh* untuk menampilkan jadwal terbaru.



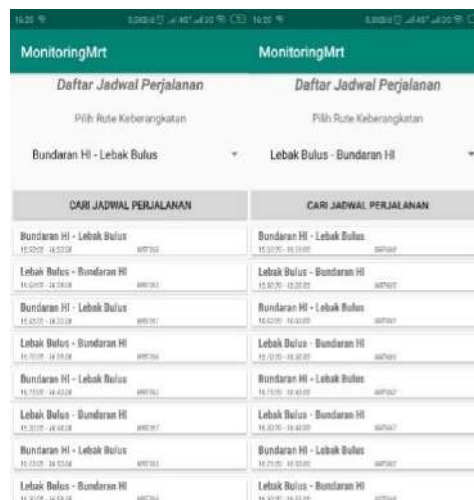
Gambar 14 Aplikasi Mobile Masinis

- Halaman *Menu* Aplikasi *Mobile* Pengguna
Gambar 15 menampilkan menu di aplikasi mobile pengguna. Terdapat 3 buah icon gambar di halaman menu dengan fungsi-fungsi yang berbeda. 3 buah icon tersebut adalah Daftar jadwal perjalanan, jadwal stasiun, *monitoring maps*.



Gambar 15 Halaman *Menu* Aplikasi *Mobile* Pengguna

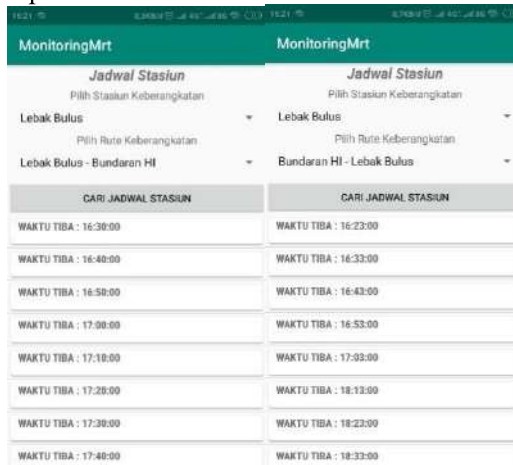
- Halaman *Daftar Jadwal Perjalanan* Aplikasi *Mobile* Pengguna
Gambar 11 menampilkan informasi daftar perjalanan yang sudah dijadwalkan dan ditentukan oleh rute yang dipilih.



MonitoringMrt		MonitoringMrt	
Daftar Jadwal Perjalanan		Daftar Jadwal Perjalanan	
Pilih Rute Keberangkatan		Pilih Rute Keberangkatan	
Bundaran HI - Lebak Bulus		Lebak Bulus - Bundaran HI	
CARI JADWAL PERJALANAN		CARI JADWAL PERJALANAN	
Bundaran HI - Lebak Bulus	15:00:00 - 16:00:00	Bundaran HI - Lebak Bulus	15:00:00 - 16:00:00
Lebak Bulus - Bundaran HI	16:00:00 - 17:00:00	Lebak Bulus - Bundaran HI	15:00:00 - 16:00:00
Bundaran HI - Lebak Bulus	15:00:00 - 16:00:00	Bundaran HI - Lebak Bulus	16:00:00 - 17:00:00
Lebak Bulus - Bundaran HI	16:00:00 - 17:00:00	Lebak Bulus - Bundaran HI	17:00:00 - 18:00:00
Bundaran HI - Lebak Bulus	17:00:00 - 18:00:00	Bundaran HI - Lebak Bulus	18:00:00 - 19:00:00
Lebak Bulus - Bundaran HI	18:00:00 - 19:00:00	Lebak Bulus - Bundaran HI	19:00:00 - 20:00:00
Bundaran HI - Lebak Bulus	19:00:00 - 20:00:00	Bundaran HI - Lebak Bulus	20:00:00 - 21:00:00
Lebak Bulus - Bundaran HI	20:00:00 - 21:00:00	Lebak Bulus - Bundaran HI	21:00:00 - 22:00:00

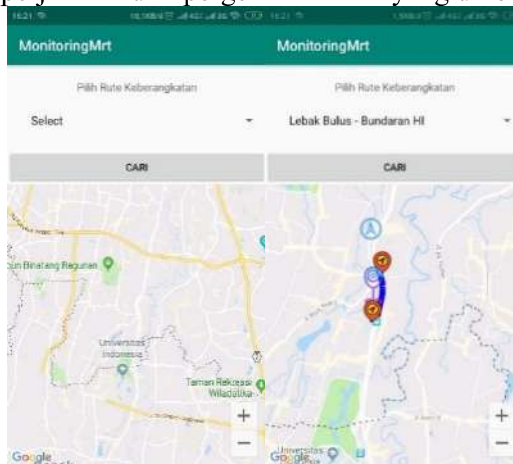
Gambar 16 Halaman *Daftar Jadwal Perjalanan* Aplikasi *Mobile* Pengguna

- Halaman Jadwal Stasiun Aplikasi Mobile Pengguna
Gambar 17 menampilkan halaman jadwal stasiun yang sudah ditetapkan oleh sistem dengan data jadwal 12 stasiun yang ditetapkan oleh pemilihan rute.



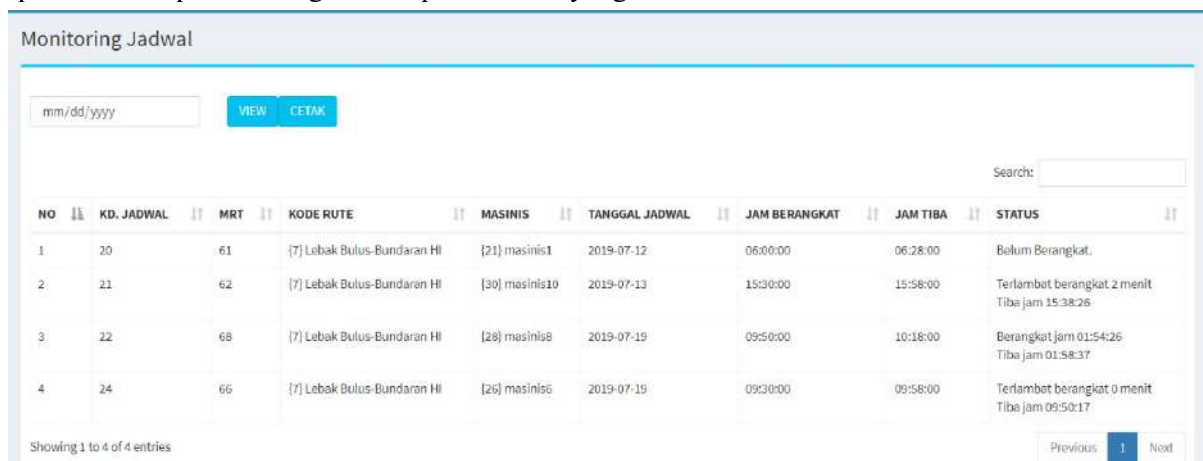
Gambar 17 Halaman Jadwal Stasiun Aplikasi Mobile Pengguna

- Halaman Monitoring *Maps* Aplikasi Mobile Pengguna
Gambar 18 menampilkan halaman monitoring *maps* pada aplikasi mobile pengguna, bertujuan untuk melihat pemantauan *tracking* perjalanan dari pergerakan MRT yang di tentukan oleh rute.



Gambar 18 Halaman Monitoring *Maps* Aplikasi Mobile Pengguna

- Halaman Monitoring Perjalanan Sistem Web
Gambar 19 menampilkan halaman tampilan monitoring perjalanan pada sistem web yang bisa diakses dan dipantau oleh operator dengan hasil pemantauan yang bisa dicetak.



NO	KD. JADWAL	MRT	KODE RUTE	MASINIS	TANGGAL JADWAL	JAM BERANGKAT	JAM TIBA	STATUS
1	20	61	{7} Lebak Bulus-Bundaran HI	{21} masinis1	2019-07-12	06:00:00	06:28:00	Belum Berangkat.
2	21	62	{7} Lebak Bulus-Bundaran HI	{30} masinis10	2019-07-13	15:30:00	15:58:00	Terlambat berangkat 2 menit Tiba jam 15:38:26
3	22	68	{7} Lebak Bulus-Bundaran HI	{28} masinis8	2019-07-19	09:50:00	10:18:00	Berangkat jam 01:54:26 Tiba jam 01:58:37
4	24	66	{7} Lebak Bulus-Bundaran HI	{26} masinis6	2019-07-19	09:30:00	09:58:00	Terlambat berangkat 0 menit Tiba jam 09:50:17

Gambar 19 Laporan Monitoring Perjalanan

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan dari Sistem Penjadwalan & Monitoring *Mass Rapid Transit* Berbasis Mobile yang sudah diteliti dan dibuat, hasil yang bisa ditetapkan dengan menyimpulkan yaitu:

- Sistem penjadwalan untuk aktivitas perjalanan mode transportasi MRT yang berbasis web dapat direalisasikan;
- Aplikasi *mobile* untuk memberikan informasi kepada pengguna dalam mengetahui jadwal perjalanan dan jadwal stasiun MRT dapat direalisasikan dan mempermudah akses informasi;
- Informasi monitoring perjalanan MRT yang sesuai dengan penjadwalan di sistem web dalam bentuk sebuah laporan monitoring perjalanan dapat direalisasikan;
- Informasi monitoring kepada pengguna MRT dalam bentuk *tracking* yang di tampilkan di map pada aplikasi *mobile* dapat direalisasikan;
- Aplikasi pengguna dapat melakukan monitoring *realtime* secara *tracking* untuk melihat pergerakan dari MRT yang beroperasi.

B. Saran

Saran dalam sistem di penelitian ini yaitu pengembangan monitoring *mapping* berbasis WebGIS untuk *monitoring* yang lebih teliti.

DAFTAR REFERENSI

----- Jurnal -----

- [1] Md. Saidur Rahman. 2008. "Future Mass Rapid Transit in Dhaka City: Options, Issues and Realities" *Jahangirnagar Planning Review* Vol. 6, pp. 69-81 (June 2008). <https://www.researchgate.net/publication/228267939>
- [2] Siti Nurmiati, Arkanda dan Aryo Nur Utomo. 2017. "Sistem Informasi Penjadwalan Fasilitas Berbasis Web Studi Kasus Pada Institut Sains dan Teknologi Nasional". *Ejournal Kajian Teknik Elektro* Vol.2 No.1 (Maret 2019). <https://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/JKTE/article/view/551>
- [3] Nur Rokhim Satria N, Barlian Henryranu dan Ismiarta Aknuranda. 2015. "APLIKASI GPS TRACKING SYSTEM UNTUK SISTEM INFORMASI PEMANTAUAN POSISI KERETA API" <http://repository.ub.ac.id/146337/>
- [4] Sandro Alfeno, Ririn Eka Cipta Devi. 2017. "Implementasi Global Positioning System (GPS) dan Location Based Service (LSB) pada Sistem Informasi Kereta Api untuk Wilayah Jabodetabek". *JURNAL SISFOTEK GLOBAL* Vol. 7 No. 2 (September 2017). <https://journal.stmikglobal.ac.id/sisfotek/article/view/146>

----- Online, Internet -----

- [5] Aplikasi MRT-J . PT. MRT Jakarta . Diakses 10 November 2018. 14.20 WIB.

ADSORPSI TERHADAP VARIASI LIMBAH CAIR DENGAN ZEOLIT SINTETIK LIMBAH KACA

Salma Afianisa^{1*}, Rizky Nur Amalia², Elsa Anugerah Pertiwi³, Ismiyati⁴, Nurul Hidayati Fithriyah⁵

1,2,3,4,5 Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Jakarta,
Jalan Cempaka Putih Tengah 27A Jakarta Pusat, 14

*Email : salmaafianisa@gmail.com

ABSTRAK

Limbah kaca merupakan limbah zat padat dengan sifat fisik sangat sukar terurai. Limbah kaca yang semakin meningkat volumenya di alam kini dapat dimanfaatkan menjadi zeolit sintetik atau buatan. Komponen penyusun limbah kaca sendiri terdiri dari silika yang merupakan struktur penyusun zeolit. Zeolit merupakan bahan yang digunakan sebagai adsorben atau penjerap limbah zat cair. **Tujuan dari penelitian ini** adalah mengetahui karakteristik zeolite sintetik limbah kaca sebagai adsorben untuk mengolah limbah cair dan mengetahui efektivitas adsorpsi terhadap penjerapan logam Pb. **Metode penelitian** ini adalah pembuatan zeolit dengan pencampuran limbah kaca dengan kandungan silika direaksikan dengan NaOH, lalu dicampurkan dengan natrium alumina dengan cara hidrotermalisasi pada reaktor hidrotermal. Proses adsorpsi dilakukan pada berbagai variasi limbah zat cair yaitu diantaranya limbah detergen, limbah pelumas, limbah air sungai tercemar, limbah zat warna. Fungsi dari penjerapan ini adalah untuk menurunkan kadar berbahaya dalam limbah-limbah tersebut. Sehingga saat limbah cair tersebut terbuang ke alam tidak merusak ekosistem yang terdapat di perairan. Metode adsorpsi ini juga dapat dijadikan metode konvensional yang mudah diterapkan di masyarakat sehingga zeolit sintetik limbah kaca ini dapat menyetarakan kualitasnya dengan zeolit yang di komersialkan. **Karakterisasi** dilakukan dengan cara metode uji FTIR dan XRD (*X-Ray Diffraction*). Zeolit sintetik limbah kaca memiliki gugus O-Si-O dan memiliki mineral hematite, rutile dan anatase (Fe_2O_3) yang diidentifikasi dengan kandungan zeolite pada Standar Nasional Indonesia (SNI). **Hasil uji adsorpsi** zeolite sintetik limbah kaca dengan metode AAS dan ICP didapatkan efektivitas adsorpsi terhadap logam Pb (timbangan) yang hampir mencapai 90%. Proses Adsorpsi optimum berada pada konsentrasi limbah zat warna dengan deterjen di sekitar konsentrasi 9.74 – 10.26 ppm. Hubungan antara konsentrasi logam Pb terhadap variasi limbah zat cair ditunjukkan dengan persamaan $y = -1.2825x^2 + 9.889x - 9.3077$ dan $R^2 = 0.9408$.

Kata kunci: Limbah kaca, zeolit sintetik, adsorpsi, limbah zat cair

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada tahun 2008 Kementerian Negara Lingkungan Hidup Indonesia (KNLH) menyebutkan bahwa limbah kaca adalah salah satu limbah yang paling banyak dihasilkan yaitu sekitaas 0,7 ton per tahunnya dan itu dihasilkan oleh 26 kota-kota besar di Indonesia. Kaca jenis *float glass* banyak digunakan sebagai material utama pada kaca jendela, meja, ataupun parabol lainnya. Kaca ini mengandung $\pm 60\%$ SiO_2 dan sisanya mengandung logam lainnya.

Limbah kaca merupakan limbah zat padat yang sangat sukar terurai. Komponen penyusun limbah kaca sendiri terdiri dari silika yang merupakan struktur penyusun zeolit. Limbah kaca yang semakin meningkat volumenya di alam kini dapat dimanfaatkan menjadi zeolit sintetik atau buatan. Zeolit ini sendiri merupakan bahan yang digunakan sebagai adsorben atau penjerap limbah zat cair. Zeolit yang akan dibuat menggunakan metode hidrotermalisasi dan aktivasi menggunakan temperature yang tinggi. Penjerapan atau proses adsorpsi akan dilakukan pada berbagai variasi limbah zat cair yaitu diantaranya limbah detergen, limbah pelumas, limbah air sungai tercemar, limbah zat warna. Fungsi dari penjerapan ini adalah untuk menurunkan kadar berbahaya dalam limbah-limbah tersebut.

Oleh karena itu, limbah kaca dapat digunakan untuk menjadi zeolit karena mengandung silika dan silika merupakan bahan penyusun zeolit. Seperti contohnya adalah kadar logam, atau kadar warna yang terdapat pada limbah zat cair, dan lain-lain. Kandungan logam-logam terlarut juga merupakan unsur yang sangat berbahaya bagi alam. Kandungan logam Pb (timbangan) merupakan unsur yang paling tinggi keberadaannya dalam limbah cair. Banyaknya zeolite alam dan sintetik yang digunakan untuk menjerap logam Pb baik yang berupa

larutan baku atau bahkan berupa logam Pb terlarut dalam zat cair tertentu. Sehingga nantinya saat limbah cair tersebut terbuang ke alam tidak merusak ekosistem yang terdapat di perairan. Metode adsorpsi ini juga dapat dijadikan metode konvensional yang mudah diterapkan di masyarakat sehingga zeolit sintetik limbah kaca ini dapat menyetarakan kualitasnya dengan zeolit yang di komersialkan. Dengan adsorpsi ini mampu mengurangi pencemaran terhadap lingkungan khususnya mencegah kerusakan biota yang ada di laut dan kawasan perairan lainnya.

Tujuan

1. Apa saja kandungan berbahaya dari limbah cair yang dapat di adsorpsi?
2. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi?
3. Bagaimana prinsip zeolit sebagai bahan alternatif pengolah limbah?
4. Bagaimana cara mengolah limbah kaca menjadi zeolite?
5. Bagaimana efektivitas zeolit dalam mengadsorpsi berbagai limbah cair?

2. METODE

1.

Alat

Alat yang diperlukan diantaranya:

- Beaker glass
- Erlenmeyer
- Gelas ukur
- Hotplate stirer
- Ultrasonic bath
- Microwave
- Oven
- Reaktor hidrotermal
- Kertas saring.

Bahan

Bahan yang diperlukan diantaranya:

- Serbuk Limbah Kaca
- Natrium Hidroksida
- Alumina Hidroksida
- Limbah Zat Warna
- Limbah Deterjen
- Limbah Pelumas
- Air sungai

Prosedur Penelitian

2. Pembuatan Zeolit Limbah Kaca

Limbah kaca (*float glass*) dipersiapkan keadaannya berupa material kering lalu didestruksi hingga mencapai ukuran 100 mesh. Sebanyak 50 gram serbuk kaca halus ditambahkan dengan 150 ml NaOH konsentrasi 3,5 M. Lalu larutan dimasukkan kedalam *ultrasonic bath* untuk menyempurnakan reaksi selama ± 15 menit. Lalu diproses terlebih lanjut didalam *microwave* untuk menghilangkan air dan mengkalsinasi selama 30 menit. Larutan yang telah terkalsinasi ditambahkan air sebanyak 150 ml, lalu diaduk dengan magnetic stirrer pada 100°C selama lebih kurang 2 jam 30 menit sampai larutan menjadi berbentuk gel. Serbuk natrium aluminat di larutkan dengan NaOH 150 ml dan 3,5 M agar terbentuk larutan natrium alumina, lalu diaduk sampai menjadi campuran 1 fasa. Kemudian natrium silika yang berbentuk gel sebanyak 20 gram dicampurkan dengan larutan natrium alumina terlebih dahulu diaduk kembali dengan magnetic stirrer hingga tercampur, lalu dimasukkan ke dalam reactor hidrotermal dengan suhu 130°C dan waktu 3 jam. Setelah itu dikeluarkan dan didiamkan ± 1 jam. Larutan tersebut diaktivasi dan dikalsinasi pada suhu 150°C selama 4,5 jam.

3. Proses Adsorpsi

Zeolit kering yang telah jadi ditimbang sebanyak 3,5 gram untuk 5 sampel limbah cair. Campurkan zeolit sintesis limbah kaca dengan 150 ml limbah cair yang berbeda-beda (limbah air sungai, limbah cair zat warna, limbah deterjan, dan limbah pelumas bekas, dan limbah warna rhodamin B). Adsorpsi dengan magnetic stirrer pada hot plate selama ± 30 menit. Filtrasi larutan limbah cair yang telah di adsorpsi. Analisa limbah cair yang telah di adsorpsi.

Metode Analisa

1. Analisa Karakteristik Zeolit

Untuk mengetahui karakteristik zeolit yang dihasilkan, sampel diuji dengan alat XRD (X – Ray

Difrraction). Metode X-Ray Difrraction adalah suatu metode untuk mencatat difraksi sampel polikristal. Nilai difraksi sinarX untuk menentukan jenis struktur kristalnya. Dilakukan pula uji FTIR terhadap gugus yang tersusun dalam zeolite sintetik limbah kaca untuk lebi lanjut dibandingkan degan zeolite komersial teraktivasi.

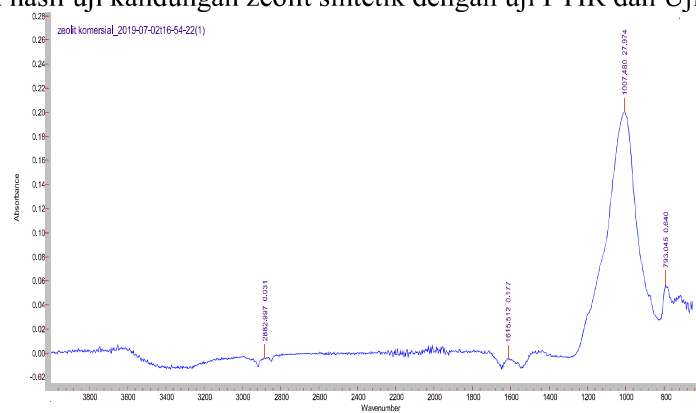
2. Penentu Laju Adsorpsi

Untuk analisa laju adsorpsi dari zeolit sintetik limbah kaca terhadap limbah cair sebagai adsorbat digunakan uji ICP (*Inductively Coupled Plasma*) merupakan instrument yang bekerja untuk menganalisis secara kuantitatif kadar logam yang terdapat dalam zat cair dengan menggunakan energi berupa plasma electron. Selain itu diperlukan pula uji lainnya yaitu analisa uji AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) ini digunakan untuk analisa kandungan logam yang relatif sederhana, selektif dan sangat sensitif.

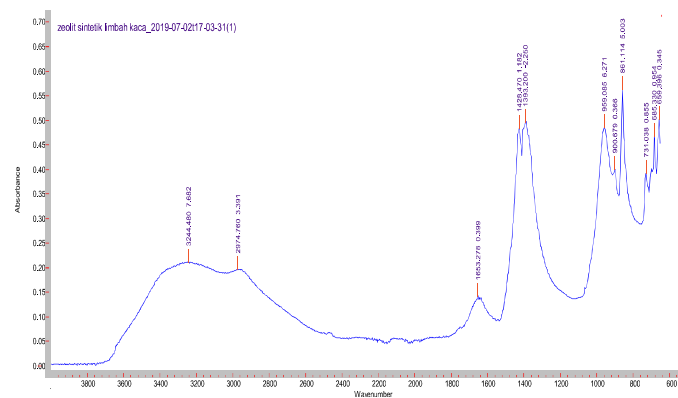
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kandungan Zeolit Sintetik

Berikut ini adalah hasil uji kandungan zeolit sintetik dengan uji FTIR dan Uji XRD:

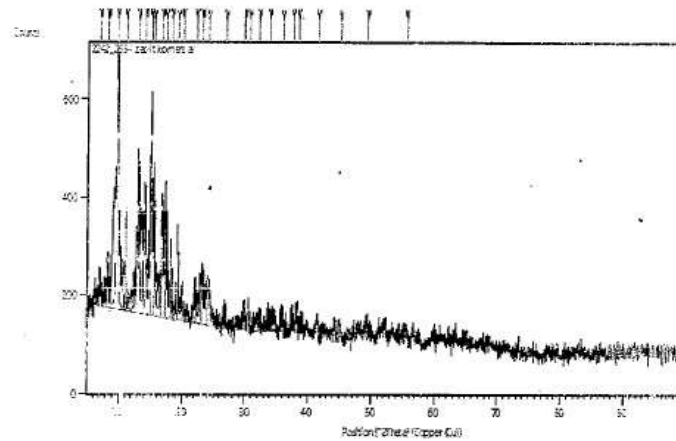


(a) Hasil Uji FTIR Zeolit Komersial

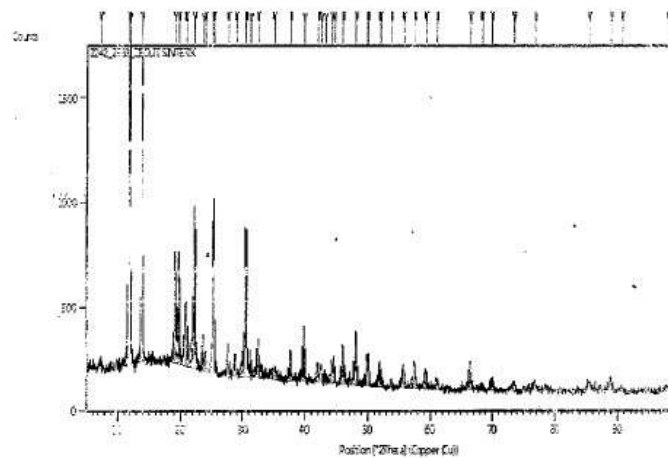


(b) Hasil Uji FTIR Zeolit Sintetik

Uji FTIR dilakukan untuk dapat mengetahui unsur-unsur yang terdapat sebagai penyusun zeolite sintetik limbah kaca. Dilakukannya perbandingan agar dapat mengetahui kualitas zeolite sintetik dengan zeolite komersial yang berasal dari batuan mineral. Zeolit sintetik dan zeolite komersial melalui proses aktivasi dengan menggunakan panas, oleh karena itu perbandingan dilakukan terhadap dua jenis produk yang berbeda melalui proses yang sama. Pada gambar (a) dan (b) menunjukkan hasil dari uji FTIR perbandingan antara zeolit komersial dan zeolit sintetik. Dimana pada kedua zeolit mengandung gugus O-Si-O dan masih mengandung pengotor berupa C-O. Pada zeolit komersial hanya terdapat 4 peak (puncak gelombang) sedangkan pada zeolit sintetik limbah kaca terdapat 11 peak (puncak gelombang). Gugus O-Si-O sendiri merupakan gugus utama penyusun zeolit. Gugus silika ini didapatkan dari limbah kaca yang kaya akan kandungan silika dan mineral lainnya.



(c) Hasil Uji XRD Zeolit Komersial



(d) Hasil Uji XRD Zeolit Sintetik

Uji XRD dilakukan untuk mengetahui kandungan dari zeolite sintetik limbah kaca. Namun, berbeda dari uji FTIR yang menampilkan hasil panjang gelombang untuk mengetahui gugus tertentu. Dengan XRD maka dapat diketahui kandungan unsur mineral yang terdapat dalam zeolite tersebut. Gambar (c) menampilkan hasil uji XRD terhadap zeolite komersial dan gambar (d) hasil uji zeolite sintetik limbah kaca. Data menunjukkan hasil uji XRD perbandingan antara zeolit sintetik limbah kaca dengan zeolit komersial. Pada zeolit komersial hanya terdapat mineral hematit dan rutilite yaitu yang merupakan mineral Fe_2O_3 dan TiO_2 . Sedangkan pada zeolit sintetik limbah kaca terdapat mineral hematite, rutilite, dan anatase. Mineral anatase sendiri merupakan mineral yang berfungsi sebagai katalis dalam reaksi.

Kapasitas Adsorpsi

Berdasarkan hasil uji ICP dan AAS terhadap kandungan logam Pb (timbal) pada limbah deterjen, air sungai tercemar, limbah zat warna, kami memperoleh data hasil perbandingan kandungan Pb zat sebelum diadsorpsi dengan setelah di adsorpsi oleh zeolit sintetik limbah kaca. Uji AAS dilakukan hanya pada limbah pelumas bekas, dikarenakan berdasarkan hasil ICP jumlah logam Pb tidak terbaca pada uji sebelumnya, berikut data hasil ujinya:

No.	Limbah Cair	Kandungan Pb Sebelum Adsorpsi (ppm)	Kandungan Pb Setelah Adsorpsi (ppm)	$C_0 - C_t$
1.	Limbah Pelumas Bekas	0.002	0.001	0.001
2.	Air Sungai Tercemar	3.68	<i>Not detected</i>	3.68
3.	Limbah Zat Warna	9.74	<i>Not detected</i>	9.74
4.	Limbah Deterjen	10.26	<i>Not detected</i>	10.26

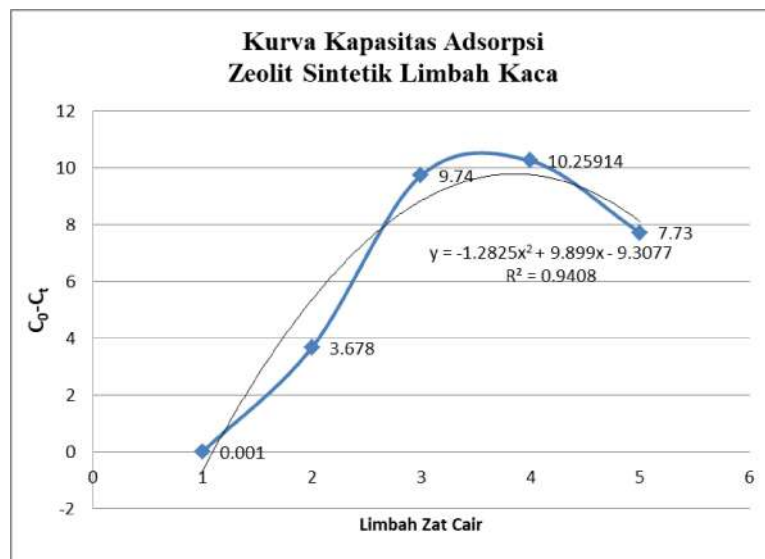
5.	Rhodamin B	25.73	18,00	7.73
----	------------	-------	-------	------

Tabel 1. Uji ICP dan AAS

$$\text{Efisiensi Adsorpsi}(\%) = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan : C_0 = Konsentrasi awal larutan (ppm)
 C_t = Konsentrasi akhir larutan (ppm)

Tabel 1. menunjukkan terdapat hasil *not detected* yang berarti kandungan Pb setelah adsorpsi sangat kecil sehingga tidak dapat terbaca oleh alat uji. Hasil uji menandakan penurunan kandungan Pb yang sangat tajam dari sebelum teradsorpsi dengan sesudah di adsorpsi. Hal ini menandakan bahwa zeolit sintetik limbah kaca efektif dalam mengadsorpsi logam Pb dan menurunkan kadar berbahaya dalam limbah cair. Penurunan yang sangat signifikan dialami oleh limbah deterjen. Penurunan yang rendah dialami oleh limbah pelumas bekas yang diduga dikarenakan oleh sifat fisik limbah pelumas bekas yang memiliki viskositas yang tinggi sehingga zeolite tidak dapat menyerap unsur Pb melalui pori-porinya. Proses adsorpsi yang maksimum di peroleh dari adsorbat limbah deterjen sebesar 10.26 ppm, sedangkan nilai optimum berada pada konsentrasi limbah zat warna dengan deterjen di sekitar kpnstrasi 9.74 – 10.26 ppm. Proses adsorpsi disini dipengaruhi oleh viskositas larutan. Viskositas tinggi maka semakin sedikit zat yang teradsorpsi oleh adsorben. Dengan menggunakan regresi linear dengan persamaan $y = -1.2825x^2 + 9.889x - 9.3077$ dan $R^2 = 0.9408$.



4.KESIMPULAN

Zeolit sintetik limbah kaca merupakan produk yang berasal dari limbah kaca yang memiliki kandungan silika yang dicampurkan dengan natrium alumina dengan metode reaksi didalam reactor hidrotermal. Zeolit ini sangat cocok digunakan sebagai adsorben. Adsorben digunakan untuk menyerap (mengadsorpsi) zat cair maupun gas yang dapat mencemarkan lingkungan. Zeolit sintetik limbah kaca memiliki kandungan mineral hematite (Fe_2O_3), mineral rutile dan anatase (TiO_2) serta memiliki gugus O-Si-O. Zeolit sintetik limbah kaca ini cocok digunakan untuk mengadsorpsi kandungan logam Pb dalam berbagai limbah cair yang ditunjukkan dari data hasil uji ICP dan AAS. Efisiensi adsorpsi didapatkan hasil mencapai 90% karena diperoleh data *not detected* yang menandakan kandungan Pb sangat kecil sehingga tidak dapat terbaca oleh instrument uji. Viskositas larutan mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Semakin tinggi viskositas larutan maka semakin sedikit zat logam yang akan teradsorpsi oleh adsorben zeolite sintetik limbah kaca.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sehubungan dengan penelitian ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa. Selanjutnya, terima kasih kepada KEMENRISTEK DIKTI yang telah mendukung Program Kreatifitas Mahasiswa, serta kepada segenap Dosen Pembimbing dan rekan-rekan yang telah memberikan berbagai

saran dari mulai proses berlangsungnya penelitian hingga saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, Nuha Desi. 2008. *Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite*. Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional : Bandung.
- C, Pudjiastuti dan Adi Saputro.E. 2008. *Model Matematika Adsorpsi Zeolit Alam Terhadap Ion Zn Pada Air Limbah Elektroplating*. Teknik Kimia UPN “Veteran”: Jawa Timur.
- Harmita. *Analisa Fisiko Kimia: Spektrofotometer Serapan Aton (SSA/AAS)*. Universitas Indonesia: Depok.
- Hasyim, Ummul Habibah. 2016. *Kajian Adsorpsi Logam Dalam Pelumas Bekas dan Prospek Pemanfaatannya Sebagai Bahan Bakar*. Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Jakarta : Jakarta.
- Justin, Joshua. 2015. *Eksplorasi Limbah Kaca*. Fakultas Industri Kreatif, Universitas Telkom: Bandung.
- Marjuki, Ericha Indriani,dkk. 2017. *Pemanfaatan Limbah Kaca Untuk Sintesis Zeolit Berteknologi Hidrotermal*. Universitas Muhammadiyah Jakarta: Jakarta.
- Munasir, dkk. 2012. *Uji Xrd Dan Xrf Pada Bahan Meneral (Batuan Dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO₃ dan SiO₂)*. Jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya:Surabaya.
- Naimah, Siti, dkk. 2014. *Degradasi Zat Warna Pada Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Nanokomposit TiO₂-Zeolit*. Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kemenperin RI: Jakarta Timur.
- Novianto, Dwi Aditya,dkk. 2012. *Aplikasi Tungsten Trioksida Nano Partikel dengan Metode Sol Gel dan Proses Kalsinasi Sebagai Kapasitor Elektrokimia*. Jurnal Teknik Material dan Metalurgi. Institut Teknologi Surabaya: Surabaya.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun
- Rahimah, Zikri, dkk. 2016. *Pengolaha Limbah Deterjen Dengan Metode Koagulasi Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur Dan PAC*. Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung Mangkurat: Lampung.
- Suastuti, Dwi Adhi, dkk. *Pengolahan Larutan Deterjen Dengan Biofilter Tanaman Kangkungan (Ipomoea Crassicaulis) Dalam Sistem Batch (Curah) Teraerasi*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana: Bali.

PERANCANGAN *TROLLEY* UNTUK *CYLINDER HEAD* KAPASITAS 600KG PADA PT. XYZ

Satrio Dharmawan^{*****}, Nafsan Upara²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta.

²Dosen Pembimbing Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta.

ABSTRAK. Perusahaan yang bergerak pada bidang perakitan mobil mempunyai beberapa tahapan proses sampai akhirnya menjadi produk utuh sebuah mobil yang siap di pasarkan. Untuk menjadi sebuah produk jadi yang siap dipasarkan, *part-part* yang digunakan pada proses perakitan pun wajib memiliki kualitas yang sangat baik tanpa adanya kecacatan pada part untuk menjaga kualitas dari produk. Berbicara tentang kualitas, banyak faktor yang dapat mengakibatkan kualitas *part* menjadi tidak baik. Seperti pada saat *material handling part* yang akan di *prepare* oleh *logistic* sebagai penanggung jawab dari mulai *preparation* sampai proses *delivery* ke *mainline*. Proses *material handling* ini perlu didukung alat bantu yang membantu mempermudah pekerjaan dan otomatis menjaga kualitas part yang akan di *prepare*. Salah satu alat bantu yang digunakan adalah *trolley*. *Trolley* ini digunakan pada saat proses *preparation* dan pada saat proses *delivery* ke *mainline*. Karena itu diperlukan rancangan *trolley* yang baik dan kuat untuk mendukung proses dari *material handling* agar kualitas part tetap terjaga.

Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode *Verein Deutscher Ingenieur* (VDI). Proses penggambaran dan analisa kekuatan *trolley* ini menggunakan software *solidworks*. Berdasarkan hasil simulasi dengan gambar 3D, *trolley* ini mampu menahan beban sebesar 600 kg.

Kata kunci— *Trolley, Material handling, VDI 2221*

PENDAHULUAN

Material Handling adalah suatu seni dan ilmu pengetahuan mengenai pemindahan, pengepakan dan penyimpanan semua jenis/bentuk *material* atau bahan yang terjadi di suatu area kerja. Tulang punggung *system material handling* terletak pada peralatan *material handling*. Peralatan *material handling* bisa dibagi menjadi dua jenis, yaitu Manual *Material Handling* dan Automatic *Material Handling*. Aktifitas *material handling* di berbagai perusahaan manufaktur pada saat ini sangat disoroti karena dapat berpengaruh pada kualitas dari *part* yang dalam masa penanganannya kurang diperhatikan. Untuk mendukung pekerjaan ini dibutuhkan alat-alat yang dapat membantu dan mempermudah ketika proses dari *material handling* ini berlangsung seperti *trolley*.

Trolley sangat membantu dalam pekerjaan ini karena dapat dipergunakan untuk mempermudah dalam meletakkan, pengiriman, dan secara *mobile* dapat dipindahkan dengan mudah tanpa kendala dan tentunya tanpa mengesampingkan dari faktor ergonomi nya juga. Banyak dijumpai jenis jenis *trolley* di perdagangan, sesuai dengan fungsinya seperti membawa barang-barang seperti di supermarket, mall, gudang-gudang seperti tempat penyimpanan galon air mineral, dan lain lain. *Trolley* juga digunakan untuk fungsi-fungsi khusus seperti mengangkat dan memindah hasil hasil produksi, pada pabrik otomotif, *trolley* umumnya digunakan untuk mengangkat *part-part* yang akan di rakit (asembli) menjadi suatu barang atau mesin yang utuh. Untuk kebutuhan mengangkat dan memindahkan *cylinder head* sebagaimana diperlihatkan pada contoh gambar 1.1 juga membutuhkan *trolley*.



• Gambar 1. *Cylinder Head Assy* Honda K20A 2.0 Ltr
(sumber : engine honda K20A)

Cylinder head yang demikian mempunyai bentuk, ukuran, dan berat lebih dari 600 kg akan di rakit ke *block cylinder* sehingga terbentuk suatu engine utuh. Kebutuhan *trolley* untuk mengangkut dan memindahkan *cylinder head* harus kuat, stabil dan aman. Untuk maksud tersebut dibutuhkan suatu *trolley* yang dirancang khusus untuk itu. Setiap *trolley* untuk masing-masing *part* atau bagian berbeda bentuknya jadi tidak bisa dipakai untuk part lainnya termasuk *trolley* untuk *cylinder head*, sehingga penelitian ini akan merancang *trolley* yang di khususkan untuk mengangkut dan memindahkan *cylinder head* ke *line* produksi agar kualitas, keamanan (*safety*) dan stok terjaga saat asembli menjadi suatu mesin utuh.

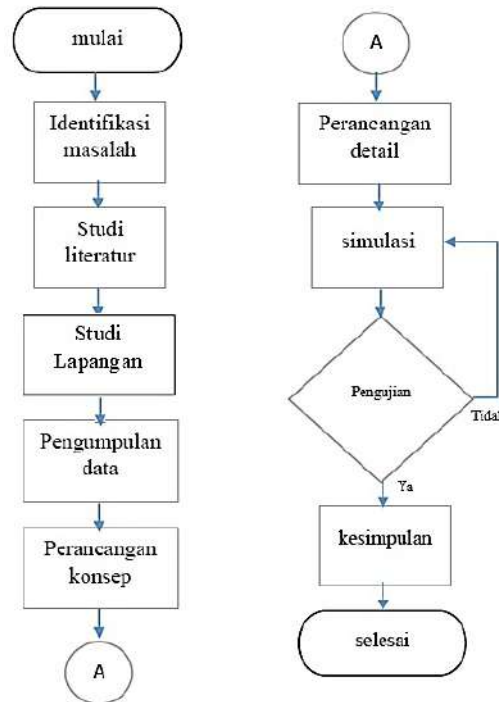
Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dan manfaat dari penulisan ini adalah :

- Menghasilkan rancangan *trolley* untuk mengangkut dan memindahkan *cylinder head*
- *Trolley* harus memenuhi persyaratan kuat dan ergonomik (aman)
- Mengurangi beban operator dalam proses pemindahan dan penyimpanan sementara di *engine unpacking area*.
- Menambah produktifitas dan efisiensi dalam bekerja di *engine area unpacking*

METODOLOGI PENELITIAN

Berikut ini adalah alur rencana dari proses Perancangan *Trolley* Untuk *Cylinder Head* Kapasitas 600 kg.



Gambar 2. Diagram Alir Proses Perancangan *Trolley* Untuk *Cylinder Head* kapasitas 600 kg

Penguraian Diagram Alir Proses Perancangan

Berikut ini adalah penguraian dari setiap proses yang dilakukan pada diagram alir proses perancangan :

- **Identifikasi Masalah**
Mengumpulkan teori dan jurnal yang berhubungan dengan perancangan *trolley* demi memahami karakteristik *trolley* yang baik, agar kinerja *trolley* dapat optimal dan berpengaruh signifikan terhadap jalannya proses *material handling*
- **Studi literatur**
Studi literatur digunakan untuk memahami dasar-dasar teori yang berhubungan dengan perancangan untuk *trolley cylinder head* Sehingga diharapkan mampu memberikan gambaran dalam pembuatan desain alat.
- **Studi Lapangan**
Studi lapangan merupakan salah satu proses pengumpulan data proses kerja melalui observasi/pengamatan dan wawancara dalam proses memperoleh keterangan atau data dengan cara langsung turun ke lapangan dan mengamati pekerjaan yang dilakukan.
- **Pengumpulan data**
Pengumpulan data bertujuan untuk mendapatkan informasi-informasi tentang perancangan *trolley cylinder head*
- **Perancangan Konsep**
Metode perancangan yang digunakan adalah VDI 2221 (*Verein Deutscher Ingenieure*), maka perlu membuat beberapa konsep perancangan dari *trolley* yang ditunjukkan untuk mendapatkan desain *trolley* yang terbaik dan optimal penggunaannya
- **Perancangan detail**
Merancang geometri dan dimensi *trolley* yang terpilih dari desain varian. Bentuk dan konsep yang akan diaplikasikan kedalam desain *trolley* sesuai konsep solusi yang telah dibuat
- **Simulasi**
Usaha ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat uji yang telah dibuat, apakah sudah memenuhi keinginan atau belum. Simulasi dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan hasil yang baik.
- **Analisa Perancangan**
Menganalisa bagian-bagian mana saja yang mengalami titik kritis dalam setiap varian desain yang telah di buat dan mencari yang terbaik dari analisa tersebut.
- **Kesimpulan**
Setelah data diambil kemudian dilakukan analisa terhadap hasil simulasi, maka akan didapatkan suatu kesimpulan yang bisa diambil dengan berdasarkan atas data-data yang telah ada.

PROSES PERANCANGAN

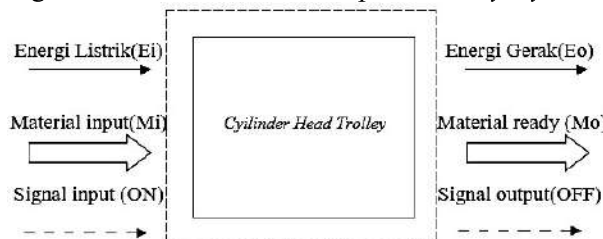
a. Pemilihan Rancangan

Dalam proses perancangan *Trolley Cylinder Head* ini penulis menggunakan metode VDI 2221 yang dianggap lebih efektif untuk menyelesaikan permasalahan dan mengoptimalkan penggunaan material, teknologi dan keadaan ekonomi. Pada proses ini penulis akan mendapatkan data berupa gambar *cylinder head* ini. Pada proses perancangan harus diperhatikan dalam setiap tahapnya, berikut ini adalah tahapan perancangan *trolley* untuk *cylinder head* kapasitas 600 kg menggunakan metode VDI 2221:

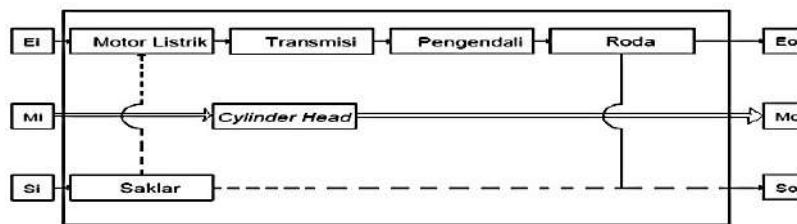
Setelah masalah utama diketahui, selanjutnya dibuat struktur fungsi secara keseluruhan. Struktur fungsi ini digambarkan dengan diagram blok yang menunjukkan hubungan masukan (*input*) dan keluaran (*output*). Masukan dan keluaran berupa aliran energi, material dan sinyal. Dalam pengertian fungsi terdiri dari unsur berikut:

- Fungsi keseluruhan
- Sub fungsi keseluruhan

Fungsi keseluruhan dibuat setelah kita menentukan tugas dari bagian yang dirancang secara keseluruhan. Fungsi keseluruhan ini kemudian diuraikan menjadi beberapa sub fungsi yang mempunyai tingkat kesulitan yang rendah. Tahap pertama yang dibuat adalah mekanisme pada *Trolley Cylinder Head* Kapasitas 600kg.



Gambar 3. Black Box



Gambar 4. Struktur Fungsi Keseluruhan

- Keterangan:
- Ei = Energi Listrik
 - Eo = Energi Gerak
 - Mi = Material masuk
 - Mo = Material ready
 - Si = Sinyal ON
 - So = Sinyal OFF

Dasar pemecahan masalah diperoleh dengan mencari prinsip solusi dari masing-masing sub fungsi. Dalam tahap ini dicari sebanyak mungkin variasi solusi. Metode pencarian prinsip solusi dibagi kedalam 3 (tiga) kategori yaitu:

- Metode Konvensional
- Metode Intuitif
- Metode Kombinasi

Dalam proses ini perancangan menggunakan metode kombinasi solusi masalah diperoleh dengan melakukan pemilihan terhadap minimal satu prinsip satu solusi untuk setiap sub fungsi. Berikut ini adalah tabel pembuatan prinsip solusi pada Perancangan *Trolley* Untuk *Cylinder Head* Kapasitas 600 kg.

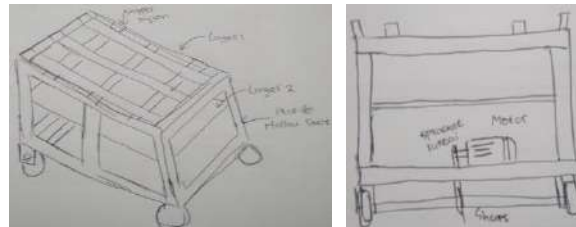
Tabel 1. Pemilihan Kombinasi Prinsip Solusi (a) Bagan a, (b) Bagan b

No.	Prinsip solusi	Varian 1	Varian 2	Varian 3
1	Rangka	Hollow rectangle 1.1	Hollow circle 1.2	Profil siku 1.3
2	Joint	Las 2.1	Paku keling 2.2	Baut 2.3
3	Motor	Motor Listrik 3.1		
4	Transmisi	Belt Pulley 4.1	Chain drive 4.2	
5	Shaft	Shaft 5.1	Stepped Shaft 5.2	

6	Bearing	Roller bearing 6.1	Ruli Bearing 6.2	
7	Stoper	Nylon 7.1	karet 7.2	
8	Layar	Kayu 8.1	Elat stainless 8.2	aluminium 8.3
9	Roda	Roda lapisan karet 9.1	Roda targa lapisan 9.2	

Dari hasil kombinasi prinsip solusi yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya, didapatlah data varian terbaik sebagai berikut.

Varian 1 : 1.1, 2.1, 3.1, 4.2, 5.1, 6.2, 7.1, 8.2, 9.1



Gambar 3. Sketsa Varian Terbaik Dari Prinsip Solusi *Cylinder Head Trolley* Varian 1

b. Rancangan Detail

Sebagai acuan untuk membuat sebuah perancangan *trolley* untuk *cylinder head* kapasitas 600 kg harus diketahui dimensi dan berat dari *cylinder head*.



Gambar 3. Identitas Part

Keterangan :

1. *CYLINDER HEAD* : Nama part yang menjadi acuan pembuatan *trolley*
2. *QTDE 6 pc* : Total kuantiti dalam 1 palet ada 6 pcs *cylinder head*
3. *PESO TOTAL* : Berat total dari 6 pcs *cylinder head*

Bahan rangka : ASTM A36

Size : 60mm × 40mm dan 40mm × 40mm

Tebal : 3,2 mm

1. Mencari daya motor listrik

$$\begin{aligned} \text{Massa total} &= \text{massa rangka} + \text{massa beban maksimal} \\ &= 204,62 \text{ kg} + 390 \text{ kg} = 594,62 \text{ kg} \gg 600 \text{ kg} \end{aligned}$$

Koefisien gesek (Fs) dapat di hitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 F_s &= W \times \mu \\
 &= m \times g \times \mu \\
 &= 600 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,012 \\
 &= 70,632 \text{ N} : 4 \text{ pcs Roda} \\
 &= \frac{70,632 \text{ N}}{4} \\
 &= 17,658 \text{ N (perhitungan ini dilakukan untuk mendukung perhitungan beban total)}
 \end{aligned}$$

Tahanan guling Tahanan guling akan bereaksi pada beban alat sehingga timbul tahanan guling, nilai rata-rata tahanan guling dapat dilihat pada tabel 1. *rolling resistance coefficient*

Tabel 1. *Rolling Resistance Coefficient*

Rolling Resistance Coefficient		
e	e _r (mm)	
0.001 - 0.002	0.5	railroad steel wheels on steel rails
0.001		bicycle tire on wooden track
0.002 - 0.005		low resistance tubeless tires
0.002		bicycle tire on concrete
0.004		bicycle tire on asphalt road
0.005		dirty tram rails
0.006 - 0.01		truck tire on asphalt
0.008		bicycle tire on rough paved road
0.01 - 0.015		ordinary car tires on concrete
0.03		car tires on tar or asphalt
0.04 - 0.08		car tire on solid sand
0.2 - 0.4		car tire on loose sand

Tahanan guling (Fr) dapat di hitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 F_r &= C_{rr} \times W \\
 &= C_{rr} \times m \times g \\
 &= 0,03 \times 600 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 &= 176,58 \text{ N (perhitungan ini dilakukan untuk mendukung perhitungan beban total)}
 \end{aligned}$$

Beban total adalah penjumlahan antara gaya gesek (Fs) ditambah dengan tahanan guling (Fr).

Beban total (F) dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 F &= F_s + F_r \\
 &= 17,658 \text{ N} + 176,58 \text{ N} \\
 &= 194,238 \text{ N (hasil dari perhitungan yang dilakukan sebelumnya)}
 \end{aligned}$$

Daya motor yang diinginkan diperoleh dengan mengalikan beban total (F) dengan kecepatan (V). Kecepatan diperoleh dari asumsi yang diinginkan. Untuk troli bermesin kecepatan yang diinginkan saat membawa barang di jalan aspal adalah 5 km/jam.

Daya motor yang diinginkan dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 P &= F \times v \\
 &= 244,9952 \text{ N} \times 5 \text{ km/jam} \\
 &= 244,9952 \text{ N} \times \frac{5 \times 1000}{3600} \text{ m/s} \\
 &= 269,775 \text{ Watt (Perhitungan yang dilakukan untuk menentukan daya motor yang sesuai dengan rancangan)}
 \end{aligned}$$

Jadi daya yang dibutuhkan untuk troli bermesin adalah 269.775 Watt. Sedangkan daya pada mesin yang mendekati dari hasil tersebut adalah motor dengan model ME100LB-4 yang mempunyai daya 3 kW. Dapat dilihat pada tabel 2. Spesifikasi Motor Listrik (Katalog by PT.Cakra Adji Gunung)

Tabel 2. Spesifikasi Motor Listrik (Katalog by PT.Cakra Adji Gunung)

MODEL	Power Output (kW)	Speed (rpm)	UL 100V (mm)	UL 400V (mm)	UL 415V (mm)	WV	Power Factor	Speed (rpm)	UL 100V (mm)	UL 400V (mm)	UL 415V (mm)	WV	Power Factor	Speed (rpm)	UL 100V (mm)	UL 400V (mm)	UL 415V (mm)	WV	Power Factor	Speed (rpm)	UL 100V (mm)	UL 400V (mm)	UL 415V (mm)	WV	Power Factor	Speed (rpm)	UL 100V (mm)	UL 400V (mm)	UL 415V (mm)	WV	Power Factor
ME100LB-4	3.0	1400	134	144	144	71.0	0.85	1400	134	144	144	71.0	0.85	1400	134	144	144	71.0	0.85	1400	134	144	144	71.0	0.85	1400	134	144	144	71.0	0.85

2. Roda

Untuk pemilihan roda yang bekerja pada landasan *cement-resin* dan dengan kapasitas 600 kg maka dapat dilihat pada gambar katalog.

Didapatkan roda bertipe RE.F5-150-SSF-H

3. Gaya Gesek Pada Roda/ban

Menentukan gaya pada *trolley*.

Diketahui : 1. Massa *trolley* : 600 kg
2. Gravitasi : 9,81 m/s²

Gaya pada roda *trolley* :

$$\begin{aligned}
 F_{trolley} &= \frac{w}{\text{jumlah roda}(n)} \\
 &= \frac{m \times g}{n} \\
 &= \frac{600 \text{ kg} \times 9,81}{4} \\
 &= 1471,5 \text{ N (perhitungan ini dilakukan untuk mendukung perhitungan gaya gesek)}
 \end{aligned}$$

4. Menentukan Gaya Gesek Pada Ban :

Diketahui : 1. $\mu = 0,4$
2. Gaya pada *trolley* (N) = 9,81 m/s²

Gaya Gesek :

$$\begin{aligned}
 F &= \mu \times N \\
 F &= 0,4 \times 1471,5 \text{ N} = 588,6 \text{ N (perhitungan ini dilakukan untuk menentukan torsi)}
 \end{aligned}$$

5. Menentukan Torsi:

Torsi :

$$\begin{aligned}
 T &= F \times r \\
 &= 588,6 \text{ N} \times 0,075 \text{ M} \\
 &= 44,145 \text{ N.M}
 \end{aligned}$$

6. Menentukan Kecepatan Putaran Poros

Diketahui : $P_n = 3 \text{ kW}$
 $n_1 = 1420 \text{ rpm}$

$$T = \frac{30 \times P_n}{\pi \times n_2}$$

$$n_2 = \frac{30 \times P_n}{\pi \times T}$$

$$n_2 = \frac{30 \times 3000}{\pi \times 44,145} = 648,94 \text{ rpm} \gg 649 \text{ rpm}$$

6. Menentukan Rasio Reduksi

$$VR = \frac{n_1}{n_2}$$

$$VR = \frac{1420}{649} = 2,1879$$

Pemilihan jumlah gigi pada sprocket untuk nilai $VR = 2,1879$ dapat dilihat pada tabel *Chain Reduction Ratios As A Function Of the Standard*.

Didapatkan nilai sprocket yang mana :

N_1 = jumlah gigi penggerak berjumlah 17

N_2 = jumlah gigi penggerak berjumlah 38

Daya Rancangan

Diketahui : $P_n = 3000$ Watt
 f_1 = Faktor aplikasi (1,1)
 (dapat dilihat pada tabel 2.4 Application Factor)
 f_2 = faktor gigi ($\frac{19}{N_s} = \frac{19}{38} = 0,5$)

$$P_d = P_n \times f_1 \times f_2$$

$$P_d = 3000 \times 1,1 \times 0,5 \\ = 1650 \text{ Watt}$$

Panjang Rantai

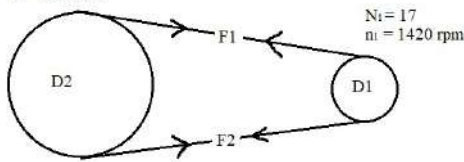
Diketahui : $C = 300$ mm
 $p = 12,7$
 (lihat pada tabel 2.4 bab 2 halaman 44)

$$L = \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{2C}{P} \left(\frac{N_2 - N_1}{2\pi} \right)^2 \times \frac{P}{C}$$

$$L = \frac{17 + 38}{2} + \frac{2 \times 300}{12,7} \left(\frac{38 - 17}{2\pi} \right)^2 \times \frac{12,7}{300} = 49,8413 \gg 50 \text{ Pitch}$$

Gaya Pada Rantai

$N_2 = 38$
 $n = 866$ rpm



$$D_2 = \frac{N_2 \times P}{\pi} \\ D_2 = \frac{38 \times 12,7}{\pi} = 153,7 \gg 154 \text{ mm}$$

Gaya Tarik Rantai (N)

$$F_1 = F_2 \\ T = F_2 \times \frac{D}{2} = F_2 \times \frac{2T}{D} \\ F_2 = \frac{2 \times 44,145}{0,154} = 573,3 \text{ N} \gg F_1 = F_2$$

$$T_{\text{total}} = \text{Faktor Koreksi} \times T \\ = 2 \times 44,145 \text{ Nm} \\ = 88,29 \text{ Nm}$$

Diameter Poros

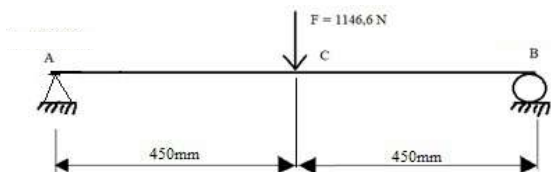


Diagram Benda Bebas

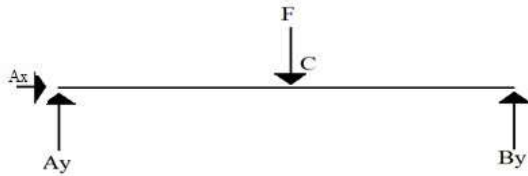


Diagram Benda Bebas

$$F_x = 0$$

$$A_x = 0$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$B_y = 900 + F \times 450 = 0$$

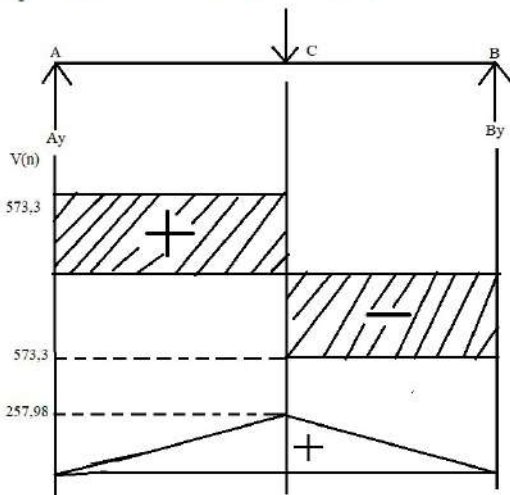
$$B_y = \frac{F \times 450}{900} = \frac{1146,6}{2} = 573,3 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$A_y + B_y = F$$

$$A_y + 573,3 = 1146,6 \text{ N}$$

$$A_y = 1146,6 - 573,3 = 573,3 \text{ N}$$



Gaya Geser (V)

$$V_A = 573,3 \text{ N}$$

$$V_B = V_A - F = -573,3 \text{ N}$$

$$V_C = V_B + B_y = 0$$

Momen Lentur (M)

$$M_A = 0$$

$$M_B = A_y \times 450 = 573,3 \times 450 = 257,98 \text{ Nm}$$

$$M_C = A_y \times 0,9 - F \times 0,45 = 0$$

Diameter Poros

Rancangan poros akan menggunakan bahan AISI 1040.

Menghitung diameter poros dengan metode DET (*Distorsi Energy Theory*)

$$D = \left[\frac{16 \times s_f}{\pi \sigma_y} \left(\sqrt{4M^2 + 3T^2} \right) \right]^{1/3}$$

$$D = \left[\frac{16 \times 2}{\pi \times 490 \times 10^6} \left(\sqrt{4 \times 257,98^2 + 3 \times 88,29^2} \right) \right]^{1/3}$$

$$D = \left[2,0787 \times 10^{-8} \left(\sqrt{4 \times 67589,6004 + 3 \times 7795,1241} \right) \right]^{1/3}$$

$$D = [2,0787 \times 10^{-8} \times 541,9813]^{1/3}$$

$$D = [1,1266 \times 10^{-5}]^{1/3}$$

$$D = 0,0224 \text{ m}$$

Jadi dari metode DET (*Distorsi Energy Theory*) diketahui diameter poros yang akan dirancang adalah bernilai 0,0224 m \gg 22,4 mm.

Lihat pada tabel ukuran poros yang diizinkan maka diambil ukuran poros yang mendekati, yaitu $D = 24 \text{ mm}$

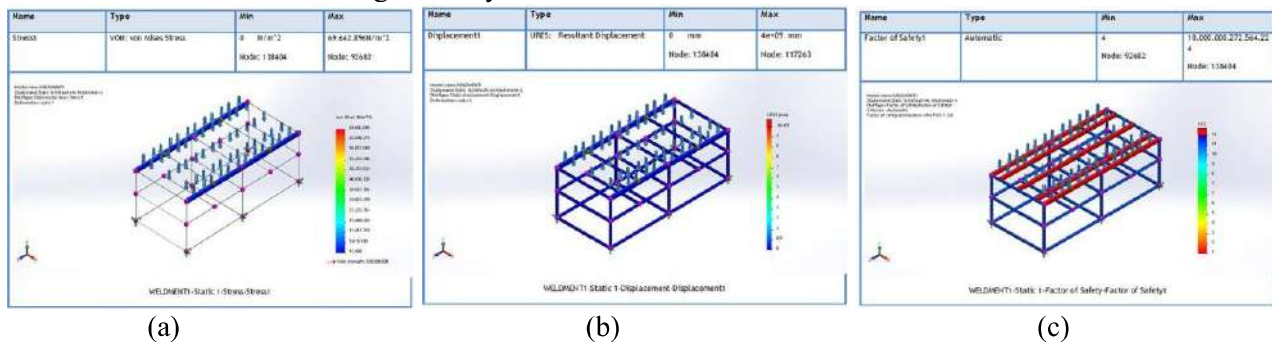
7. Pemilihan Bantalan

Diketahui : $n_2 = 886 \text{ rpm}$
 $D_p = 24 \text{ mm}$

Jadi lihat tabel 2.10 halaman 51 maka didapatkan bantalan yang diizinkan untuk rancangan adalah: Nomor Bantalan 6305.05ZZ.05VV dengan $d = 25 \text{ mm}$, dan $D = 62 \text{ mm}$

Analisa *Frame Trolley*

Untuk mendukung perancangan dari *trolley* ini maka dilakukan proses analisa menggunakan software. Berikut adalah hasil dari analisa rancangan *trolley*:



(a) (b) (c)
 Gambar 4. Analisa *Trolley* (a) *Stress Analysis*; (b) *Displacement*; (c) *Factor of safety*

Penjelasan gambar analisa:

a. *Stress Analysis*, secara umum faktor yang paling mempengaruhi pada kekuatan rangka adalah faktor stress. Batas stress maximal dari hasil analisa ini bernilai $69.642.896 \text{ N/m}^2$. Nilai maximal yang diizinkan dari material ASTM A36 = $250.000.000 \text{ N/m}^2$. Jadi untuk mencapai nilai maximal material masih sangat jauh dari hasil analisa yang di dapat dan rancangan ini dapat disimpulkan aman untuk menahan beban yang disyaratkan yaitu 600kg.

b. *Displacement Analysis*, Displacement maximal dari analisa rancangan yang terkena beban adalah dibawah 2mm, ini ditunjukkan oleh bagian yang berwarna biru.

c. *Factor Of Safety*, Nilai dari analisa factor of safety adalah 3,5 yang mana artinya, rancangan ini aman dan mampu menahan beban yang disyaratkan dikali dengan nilai factor of safety yaitu 3,5. Dimana beban maximal yang dapat diterima rancangan ini adalah $600 \text{ kg} \times 3,5 = 1365 \text{ kg}$.

KESIMPULAN

Setelah melakukan Perancangan *Trolley* Untuk *Cylinder Head* Kapasitas 600 kg, dapat diambil beberapa kesimpulan dari hasil penelitian ini, didapatkan rancangan *trolley* untuk *cylinder head*, perancangan menggunakan metode VDI2221, perancangan ini digunakan untuk tujuan membantu proses *material handling* yaitu pada saat melakukan proses *preparation material*, setelah dilakukan analisa pada bab 4 didapatkan hasil bahwa perancangan ini mampu untuk menahan beban dari yang sebelumnya disyaratkan yaitu 600 kg.

Spesifikasi bahan *trolley*

Rangka : *Profile Hollow Rectangle* 60mm×40mm dan 40mm×40mm ASTM A36
 Dumper : Nylon
 Layer 2 : SS304
 Penggerak : Motor Listrik 3kW
 Shaft : $D = 24 \text{ mm}$ dengan bahan AISI 1040
 Roda : $D = 150 \text{ mm}$ dengan bahan Polyurethane

Roda Gigi : $N_1 = 17$, dan $N_2 = 38$
Rantai : 50 Pitch
Bearing : *Ball Bearing*, $d_{(\text{diameter dalam})} = 25 \text{ mm}$, dan $D_{(\text{diameter luar})} = 62 \text{ mm}$

DAFTAR PUSTAKA

- Arora. S. P. Saxena. S. C A. (2001). *Text Book of Railway Engineering*, sixth revised & enlarged edition, Dhanpat Rai publication, New Delhi.
- Brett A. Peters, (1998). *An Introduction to Material Handling Equipment Selection*, Produced by the College-Industry Council on Material Handling Education (CICMHE).
- J. D. Tew, S. Manivannan, D. A. Sadowski, And A. F. Seila By Gajanana Nadoli , Devadas Pillai, *Simulation In Automated Material Handling Systems Desing*, Proceedings Of The 1994 Winter Simulation Conference Ed..
- Verschoof. I. J,(2000). *Cranes-Design, Practice, and Maintenance*, 1st edition, Personal Engineering Publication Ltd, London.
- http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Atlas_Grade_datasheet_-_all_datasheets_rev_Aug_2013.pdf
- Envirocatalogue. *Designing trolleys : A guide to smart trolley design and castor/wheel select*, Fallshaw, ,[online] available at: <https://www.fallshaw.com.au/>[diakses 17 mei 2019]
- Envirocatalogue. *Trolley design principles - human factor*,[online] available at : <http://www.envirocatalogue.com.au/fallshaw/catalogue/files/assets/common/downloads/page0071.pdf> [diakses 17 mei 2019]
- H. Darmawan Harsokoemo, Pengantar Prancangan Teknik Edisi 2, Bandung, 2014
- Budynas, Richard G. & Nisbet, J. Keith. 2015. *Shigley Mechanical Engineering Design Tenth Edition*. Thailand: Khon Kaen University
- Sularso. & Suga, Kiyokatsu. 2018. *Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT. Pradnya Paramitha

PERANCANGAN KONSEP MESIN PEMIPIH ADONAN DAN PEMBUAT KUE STIK BAWANG

Hasan Hariri¹, Fathullah Aziz Darmawan²

¹ Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

² Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin D3, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK

Stik merupakan makanan ringan atau cemilan berupa irisan tipis yang memanjang menyerupai mie, sifatnya yang renyah dan gurih sangat disukai masyarakat baik kalangan bawah maupun kalangan atas. Pembuatan juga bisa dibilang mudah tetapi masih memerlukan tenaga manusia. Dengan adanya Mesin Pemipih Adonan dan Pembuat Kue Stik Bawang ini lebih memudahkan konsumen dalam pembuatan stik dan akan lebih efisien dibandingkan membuat stik dengan cara manual yang memerlukan banyak tenaga manusia. Metode penelitian menggunakan metode *Pahl And Beitz* yang diawali dengan mengidentifikasi kebutuhan konsumen yang ada di pasaran, melakukan pengembangan dan merencanakan beberapa konsep sampai terpilih satu konsep yang dirasa tepat, lalu dilanjutkan dengan penerbitan gambar teknik. Dalam perancangan ini akan menghasilkan mesin yang memudahkan pengguna dalam pembuatan stik dan mendapatkan hasil yang lebih banyak karena mesin ini dirancang dengan bentuk yang sesuai kebutuhan dari konstruksi yang tidak terlalu besar hingga listrik yang digunakan pun juga tidak terlalu besar.

Kata kunci : Stik, Pemipih, Perancangan.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

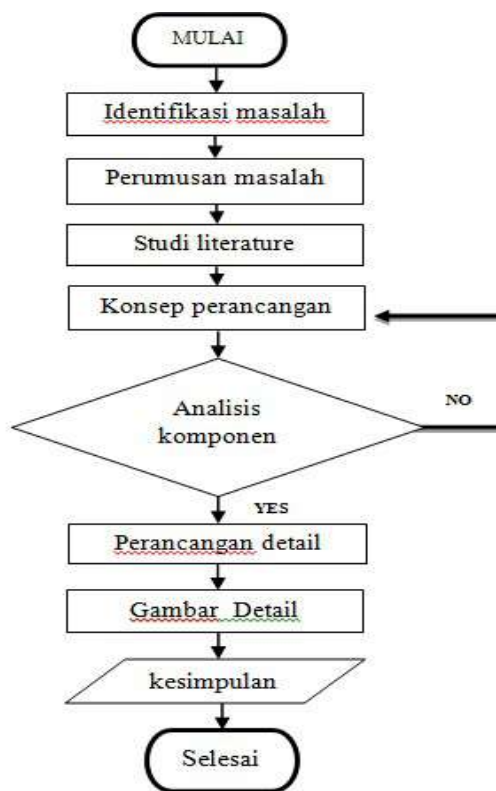
Stik merupakan suatu adonan yang homogen kemudian dipipihkan selanjutnya dipotong memanjang sesuai ukuran yang diinginkan lalu digoreng. Stik bawang adalah olahan makanan ringan yang mempunyai cita rasa bawang sehingga mempunyai aroma yang khas.[1] Pembuatan stik bawang dikalangan home industri masih menggunakan cara tradisioanal dan menggunakan mesin konvesional, meskipun telah menggunakan mesin namun masih menggunakan tenaga manusia hingga memakan waktu dalam proses produksinya. Hal ini kurang efisien mengingat lamanya waktu yang digunakan untuk membuat adonan stik tersebut menjadi pipih berbentuk seperti mie.[3] Adanya mesin pemipih adonan dan pembuat kue stik bawang ini merupakan jawaban dari permasalahan yang ada di atas. Membuat stik bawang dengan menggunakan mesin ini akan lebih efisien dibandingkan membuat stik bawang dengan cara manual yang memerlukan tenaga manusia. Mesin pemipih adonan dan pembuat stik bawang ini menghasilkan kapasitas produksi stik yang lebih besar dari alat sebelumnya. Hal ini sangat berpengaruh terhadap penghasilan yang didapat.

Tujuan dari penelitian ini ialah mendapatkan rancangan mesin pemipih adonan dan pembuat kue stik bawang, dan memperoleh gambar teknik dari mesin itu sendiri.

Cakupan dari penelitian ini adalah Gambar rancangan dibuat dengan menggunakan software Solidworks, Adonan yang dipipihkan ialah adonan kue dan Untuk mendapatkan konsep terpilih maka digunakan kuisisioner identifikasi kebutuhan dan kuisisioner menentukan konsep terpilih.

2. METODE PENELITIAN

Berikut adalah diagram alir dari tahapan perancangan Mesin Pipih Adonan dan Pembuat Kue Stik Bawang yang diadopsi dari Metode *Pahl and Beitz*. Metode perancangan *Pahl and Beitz*, dipilih karena metode ini adalah salah satu metode perancangan yang dapat diterapkan untuk proses perancangan produk dan mengembangkan alat yang sudah ada dalam bentuk rancangan. Menggunakan metode ini lebih tertata dalam memenuhi kebutuhan pasar yaitu dengan adanya wawancara terhadap calon pengguna dan pemilihan varian.



Gambar 1 Diagram alir rancangan

Keterangan Diagram Alir:

1. Mulai
Memulai awal perencanaan alat yang harus di buat.
2. Identifikasi masalah
Suatu cara bagaimana kita melihat, memperkirakan, dan mengurai serta menjelaskan apa yang menjadi masalah dalam pembuatan.
3. Perumusan maslah
Adalah mencari penyelesaian yang sudah teridentifikasi lalu merumuskannya menjadi satu.

4. Studi literature

Yaitu dengan mengumpulkan berbagai sumber pembahasan tentang Mesin pemipih adonan dan pembuat stik serta penerapannya melalui browsing internet dan dari sumber buku yang membahasnya.

5. Konsep perancangan

Merupakan tahap dimana perancangan memberikan banyak alternative pemilihan mesin berdasarkan kombinasi varian berdasarkan persyaratan dan spesifikasi yang masih berbentuk skema atau skets, lalu menentukan varian yang paling unggul.

6. Analisa komponen

Analisa komponen di mana mesin ini berisi tentang komponen komponen apa saja yang akan di pilih.

7. Perancangan detail

Berisikan perhitungan motor, puli, poros untuk menentukan dimensi Mesin pemipih adonan dan pembuat stik serta komponen-komponen yang ada pada mesin

8. Gambar Detail

Gambar yang menunjukkan mesin pemipih adonan Mesin pemipih adonan dan pembuat stik sudah menjadi satu kesatuan dan rencana teknis yang dibuat dari beberapa komponen gambar.

9. Kesimpulan

Merupakan suatu kalimat yang disampaikan dan diambil dari beberapa ide pemikiran dengan aturan-aturan yang berlaku.

2.1 Perancangan konsep

Tahap ini adalah tahap dimana untuk membuat suatu konsep rancangan mesin yang akan dibuat. Pembuatannya dimulai dari daftar persyaratan, struktur fungsi, prinsip solusi sub fungsi, *selection chart*, dan pembobotan. [4]

A. Daftar Persyaratan

Untuk mendapatkan daftar persyaratan Mesin pemipih adonan pembuat kue stik bawang ini maka diperlukan identifikasi kebutuhan berdasarkan wawancara dan identifikasi produk pesaing berikut adalah pertanyaan yang harus dijawab oleh calon pengguna :

1. Menurut Anda kontruksi seperti apa yang cocok untuk mesin *home* industri ?
2. Berapa beban maksimal yang diinginkan pada saat proses produksi ?
3. Sumber penggerak seperti apa yang Anda inginkan ?
4. Apakah alat sebelumnya mudah dalam pengoperasian ?
5. Apa yang Anda inginkan dari mesin pemipih adonan ini kedepannya ?

B. Struktur Fungsi

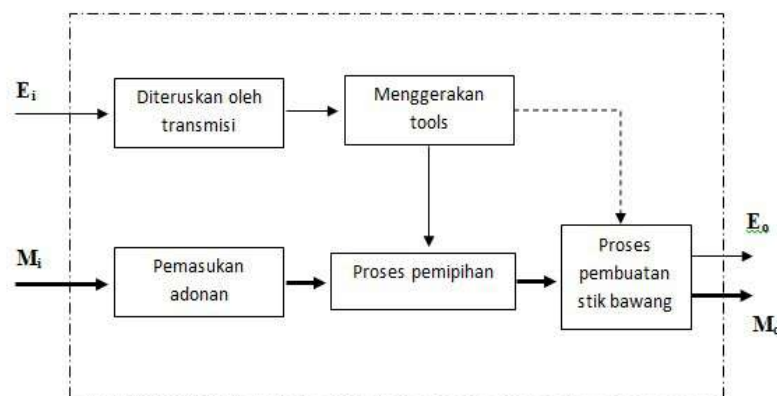
Setelah menentukan identifikasi kebutuhan dan penetapan target spesifikasi langkah berikutnya adalah membuat struktur fungsi. Struktur fungsi merupakan hubungan antara *input* (masuk) dan *output* (keluar), berupa aliran energi, material dan sinyal.



Gambar 2 Struktur fungsi

a. Struktur Sub Fungsi

Didalam struktur sub fungsi ini akan menjelaskan secara detail tentang struktur fungsi. Di mulai dari energi masuk yaitu energi listrik kemudian diteruskan oleh transmisi pulley and belt yang menggerakkan tools atau tabung pemipih dan tabung pemotong kemudian material dimasukan untuk dipipihkan.



Gambar 3 Struktur sub fungsi






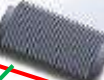














Keterangan:

- E_i = energi masuk
- E_o = energi keluar
- M_i = material masuk
- M_o = material keluar


b. Prinsip solusi sub fungsi


Setelah membuat tabel persyaratan maka selanjutnya dicari prinsip solusi untuk memenuhi sub fungsi tersebut, metode yang digunakan untuk mencari prinsip solusi adalah metode kombinasi.


Tabel 1 Matriks solusi sub fungsi

Sub fungsi		Varian		
		1	2	3
1	Sumber Energi			
2	Saluran masuk			
3	Tools			
4	Kerangka			
5	Transmisi 1			
6	Transmisi 2			
7	material Rangka			
8	Saluran keluar			
9	Alat pendukung			

Kombinasi tiap-tiap Varian :

Varian 1 : 1-1, 2-2, 3-1, 4-3, 5-2, 6-2, 7-2, 8-2. ()

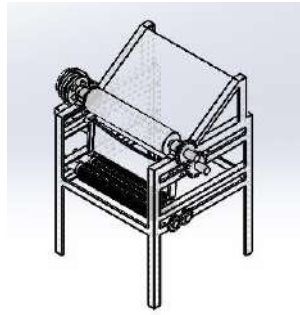
Varian 2 : 1-1, 2-1, 3-1, 4-2, 5-2, 6-3, 7-1, 8-2, 9-1. ()

Varian 3 : 1-1, 2-1, 3-2, 4-1, 5-3, 6-1, 7-1, 8-1, 9-1. ()

- Varian 1

- Komponen :
1. Tabung pemipih
 2. Tools pemotong
 3. Transmisi pulley belt dan reducer
 4. Corong masuk dan keluar

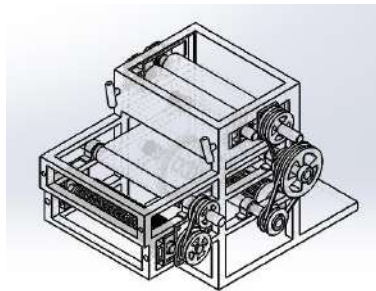
5. Roda gigi



Gambar 4 *Sketch* Varian 1

- Varian 2

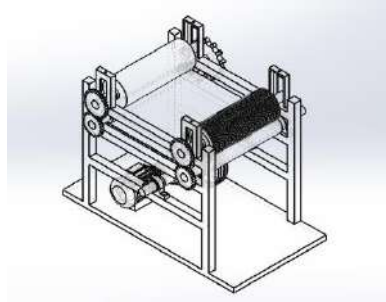
- Komponen :
1. Tabung pemipih
 2. tools pemotong
 3. transmisi pulley dan belt
 4. roda gigi
 5. conveyer
 6. corong masuk dan keluar



Gambar 5 *Sketch* Varian 2

- Varian 3

- Komponen :
1. Tabung pemipih
 2. Tools pemotong
 3. Transmisi roda gigi dan rantai
 4. Roda gigi
 5. Conveyer
 6. Corong masuk dan keluar



Gambar 6 Sketch Varian 3

3. HASIL PENELITIAN

3.1 Analisa Konsep

Pada tahap ini dibuat suatu perbandingan antara varian satu dengan lainnya yang telah dibuat dalam prinsip solusi sub fungsi dan melakukan penilaian melalui pembobotan untuk mendapatkan varian terpilih.

3.2 Kriteria evaluasi

Dimana kriteria ini adalah tabel penilaian pada tiap varian yang hasilnya untuk memilih atau mengeliminasi beberapa varian hingga menjadi varian terpilih.

No	Kriteria Evaluasi	B	Parameter	Varian 1			No	Kriteria Evaluasi	B	Parameter	Varian 2		
				A	P	BP					A	P	BP
1	Mudah perawatan	0,08	Perawatan	Baik	3	0,24	1	Mudah perawatan	0,08	Perawatan	Baik sekali	4	0,32
2	Frekuensi perawatan	0,06	Waktu	Baik	3	0,18	2	Frekuensi perawatan	0,06	Waktu	Baik	3	0,18
3	Biaya perawatan	0,06	Harga	Baik	3	0,18	3	Biaya perawatan	0,06	Harga	Baik	3	0,18
4	Mudah operasi	0,12	Pengoperasian	Baik	3	0,36	4	Mudah operasi	0,12	Pengoperasian	Baik sekali	4	0,48
5	Aman operator	0,072	Keamanan	Baik	3	0,216	5	Aman operator	0,072	Keamanan	Baik sekali	4	0,288
6	Aman lingkungan	0,048	Ramah lingkungan	Baik	3	0,144	6	Aman lingkungan	0,048	Ramah lingkungan	Baik	3	0,144
7	Kapasitas	0,16	Hasil	Baik	3	0,48	7	Kapasitas	0,16	Hasil	Baik	3	0,48
8	Praktisan	0,12	Mudah dirakit	Baik	3	0,36	8	Praktisan	0,12	Mudah dirakit	Baik	3	0,36
9	Mudah dibuat	0,064	Desain	Baik	3	0,192	9	Mudah dibuat	0,064	Desain	Baik	3	0,192
10	Mudah didapat	0,096	Jumlah dipasaran	Baik	3	0,288	10	Mudah didapat	0,096	Jumlah dipasaran	Baik sekali	4	0,384
11	Biaya produksi	0,12	Harga	Cukup	2	0,24	11	Biaya produksi	0,12	Harga	Baik	3	0,36
Jumlah						2,88	Jumlah						3,37

(a)

(b)

No	Kriteria Evaluasi	B	Parameter	Varian 3		
				A	P	BP
1	Mudah perawatan	0,08	Perawatan	Baik	3	0,24
2	Frekuensi perawatan	0,06	Waktu	Baik	3	0,18
3	Biaya perawatan	0,06	Harga	Baik	3	0,18
4	Mudah operasi	0,12	Pengoperasian	Baik sekali	4	0,48
5	Aman operator	0,072	Keamanan	Baik	3	0,216
6	Aman lingkungan	0,048	Ramah lingkungan	Baik	3	0,144
7	Kapasitas	0,16	Hasil	Baik	3	0,48
8	Praktisan	0,12	Mudah dirakit	Baik	3	0,36
9	Mudah dibuat	0,064	Desain	Baik	3	0,192
10	Mudah didapat	0,096	Jumlah dipasaran	Cukup	2	0,192
11	Biaya produksi	0,12	Harga	Cukup	2	0,24
Jumlah						2,90

(c)

Gambar 7 Kriteria Evaluasi : (a) Varian 1 (b) Varian 2 (c) Varian 3

Ket : B = Bobot

A = Arti

P = Point

BP = B x P

Bobot penilaian :

4 = Baik sekali

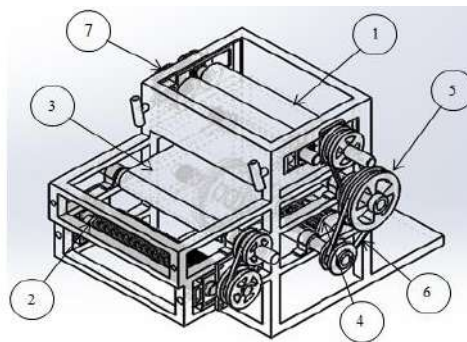
3 = Baik

2 = Cukup

1 = Kurang

3.3 Varian Terpilih

Dari hasil pembobotan, tanya jawab dengan calon pengguna dan penilaian melalui kusioner pemilihan varian maka didapatlah varian 2 yang dibutuhkan oleh calon pengguna. Berikut gambar dan deskripsi rancangan serta spesifikasinya.



Gambar 8 Varian Terpilih

Tabel 2 Deskripsi rancangan

No	Deskripsi	Jumlah
1	Tabung pemipih	2
2	Tabung pemotong	2
3	Conveyor	1
4	Motor listrik	1
5	Pulley	8
6	Belt	4
7	Roda gigi	4

Tabel 3 Spesifikasi rancangan

No	Nama	Spesifikasi
1	Dimensi	900 mm x 350 mm 600 mm
2	Listrik	230 Watt
3	Speed	35 rpm
4	Kapasitas	5-7 kg
5	Berat	30 kg

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari perancangan Mesin pemipih adonan pembuat kue stik bawang ini diantaranya sebagai berikut :

1. Mendapatkan rancangan yang tidak perlu lagi menggunakan energi manusia, karena rancangan yang dibuat telah menggunakan energi listrik untuk mendapatkan hasil yang efisien.
2. Memperoleh gamabaran atau bentuk yang telah digambarkan pada software solidworks.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sutanti and E. Mutiara, Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat: “Industri Rumah Tangga Stick Wortel Di Deli Serdang,” vol. 23, no. 2, p. 0852–2715, 2017.
- [2] W. Deglas, “PENGARUH PENGGUNAAN TEPUNG AMPAS TAHU TERHADAP KARAKTERISTIK KIMIA DAN ORGANOLEPTIK KUE STICK,” vol. 8, no. 3, pp. 171–179, 2017.
- [3] Rosita Dewi Pratiwi, “Perancangan dan Pembuatan Mesin *Roll Press Cutting* Otomatis Penggiling Adonan Mie,” *e-ISSN No.2654-8631*, 2018.
- [4] W. Pahl, G. and, Beitz, *Engineering Design : A Systematic Approach*, 2nd ed. london: springer, 1996.
- [5] Perancangan Mesin Pemipih Dan Pembuat Mie ,Universitas Negeri Yogyakarta 2012 [online] Available: <http://eprints.uny.ac.id/9627/1/perancangan/>[Accessed: 26-Sep-2019].
- [6] Agustinus Irawan, “Perancangan dan pengembangan proses manufaktur”,1st ed. Jakarta: Penerbit Andi, 2017.
- [7] I. Ristiawan and A. T. Soroako, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin: “RANCANG BANGUN MESIN ROLLING ADONAN DENGAN PENGGERAK MOTOR LISTRIK DAN TUAS MANUAL,” *Director*, vol. 10, no. 2, p. 7–14, 2019.

PERANCANGAN *HYDRAULIC FIXTURE* UNTUK PROSES *MACHINING* PRODUK BLOK SILINDER

Tatang Hermawan^{1§§§§§}, Djoko W Karmiadji²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

Jl. Raya Lenteng Agung No. 56-80, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan

ABSTRAK. *Fixture* adalah perangkat alat bantu yang digunakan dalam industri manufaktur. Tujuan dari *fixture* ini adalah untuk mendapatkan hasil manufaktur yang stabil. Jurnal ini menyajikan perancangan *fixture* untuk membantu proses *machining* pada produk blok silinder yang terdiri dari proses *milling*, *drilling* dan *boring*. Blok silinder ini adalah salah satu komponen dari mesin *diesel*. Metode yang dipakai dalam perancangan *fixture* ini adalah metode berdasarkan konsep perancangan VDI 2221. Sehingga didapat suatu rancangan yang optimal dan sesuai dengan kriteria. *Fixture* ini dirancang menggunakan hidrolis sebagai penggerak, yang menghasilkan pencekaman secara otomatis dan simultan. Oleh karena itu *fixture* ini dapat digunakan pada proses *milling*, *drilling*, dan *boring* secara bersamaan. Berdasarkan hasil perhitungan pada proses pemotongan, diketahui gaya potong terbesar yang dihasilkan dari ketiga proses *machining* tersebut adalah sebesar 1939.6 N. Untuk itu, diperlukan gaya cekam pada *fixture* yang dapat menahan gaya potong tersebut. Analisis *finite element* pada setiap komponen diperlukan untuk memvalidasi tingkat kehandalan hasil perancangan *fixture* tersebut dengan menggunakan *software solidworks*.

Kata kunci - Proses permesinan, *hydraulic fixture*, blok silinder, perancangan VDI 2221

PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap produktifitas dari sebuah perusahaan. Salah satu hal yang penting yang dapat menunjang produktifitas salah satunya adalah penerapan teknologi dalam proses *machining*. Saat ini metode produksi secara manual sudah mulai ditinggalkan dan diganti dengan proses produksi secara otomatis baik dari segi penanganan material maupun dari segi proses produksinya sendiri. Hal ini akan berdampak pada waktu operasional yang akan semakin rendah sementara jumlah produk yang dihasilkan akan semakin meningkat. Maka untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan suatu peralatan atau perkakas yang dapat membantu proses operasi manufaktur sehingga menghasilkan suatu produk yang akurat. Menurut Edgard G. Hoffman dalam buku "*jig and fixture design*" [1], menyatakan bahwa *fixture* merupakan seperangkat alat bantu produksi manufaktur yang digunakan pada proses *machining* dengan tujuan mendapatkan hasil manufaktur yang akurat. Selain itu menurut penelitian oleh H. Prassetiyo, R. Rispianda, dan H. Adanda dalam jurnal rancangan *jig* dan *fixture* pembuatan produk *cover on-off* [4] menyatakan konsep pencekaman pada *fixture* menggunakan metode *toggle clamp* yang dioperasikan secara manual. Dan penelitian menurut Y. A. Nugrahanto, A. De Fretes dalam jurnal rancang bangun *jig* multiguna untuk mesin *drill* [5] menyatakan komponen penempat untuk memposisikan benda kerja bisa menggunakan *v-block* sehingga produk bisa terposisi dengan baik.

Proses *machining* produk blok silinder terdiri dari proses *milling*, *drilling* dan *boring*. Jika dilakukan secara terpisah, maka akan membutuhkan waktu pengerjaan yang lama. Oleh karena itu dibutuhkan suatu alat yang dapat melakukan proses secara simultan tanpa harus melepas produk. Sehingga waktu pengerjaan menjadi lebih singkat karena ketiga proses *machining* tersebut dilakukan dalam satu kali proses. Ke tiga proses *machining* akan menghasilkan gaya potong pada setiap proses, untuk itu diperlukan gaya cekam pada *fixture* yang dapat menahan gaya potong tersebut. Selain itu, dalam rancangan *hidraulic fixture machining* ini diharapkan adanya analisa berupa analisis elemen hingga pada komponen *fixture* untuk mencegah adanya kegagalan dalam perancangan. Analisis komponen ini, dapat berupa proses pembagian kedalam bentuk elemen-elemen kecil (*meshing*) sehingga diketahui area mana yang mendapatkan potensi titik kritis paling besar.

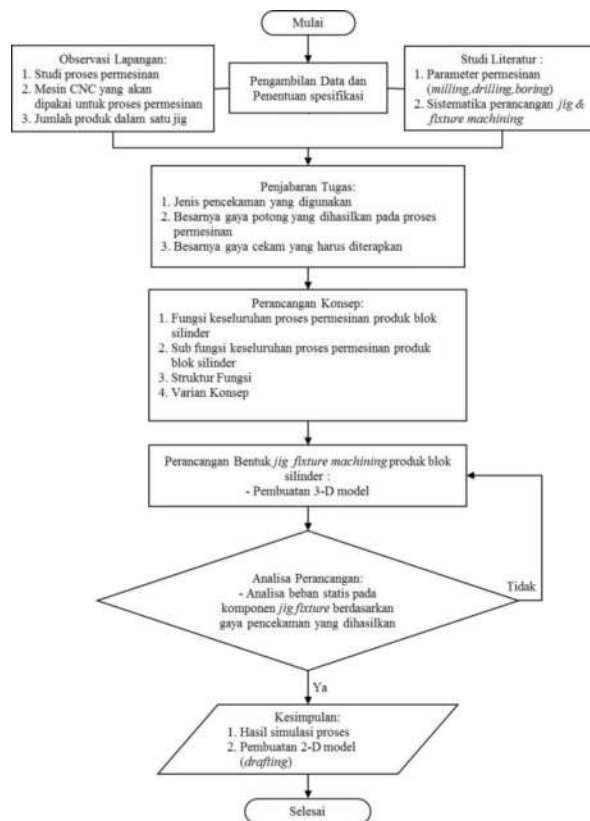
§§§§§ Corresponding author: tatanghermawan.4315215020@gmail.com

b. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu sebagai inovasi dari desain fixture yang dapat digunakan pada proses *milling*, *drilling*, dan *boring* secara simultan pada pengerjaan satu benda kerja. Selain itu adalah menganalisis komponen *fixture* untuk produk blok silinder menggunakan metode analisis *finite element*.

METODOLOGI

Pada metode penelitian ini akan dijelaskan mengenai proses atau langkah kerja untuk mendapatkan hasil yang diharapkan. Metodologi penelitian dalam perancangan *hydraulic fixture machining* produk blok silinder dapat dilihat melalui diagram alir pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir perancangan *hydraulic fixture machining* blok silinder

Pada gambar 1 dijelaskan mengenai alur perancangan *hydraulic fixture machining* untuk produk blok silinder yaitu :

a) Pengambilan data dan penentuan spesifikasi

Pengambilan data dan penentuan spesifikasi dilakukan melalui 2 proses. Yaitu proses observasi dilakukan melalui peninjauan lapangan di industri. Serta studi literatur dilakukan dengan melalui studi gambar produk blok silinder, mempelajari buku-buku ilmiah dari perpustakaan, jurnal, tugas akhir dan tulisan-tulisan yang berkaitan dengan tema penelitian

b) Penjabaran Tugas

Mengidentifikasi hal-hal apa saja yang menjadi poin penting dalam penelitian dengan membuat daftar kebutuhan produk dan melakukan identifikasi kebutuhannya.

c) Perancangan Konsep

Menguraikan masalah-masalah penting, mencari prinsip kerja yang cocok dan kemudian menggabungkan prinsip-prinsip tersebut ke dalam struktur kerja dan dihasilkan beberapa varian konsep yang akan dipilih.

d) Perancangan Bentuk

Perancangan bentuk dilakukan dengan membuat rancangan bentuk/wujud awal dari produk berdasarkan varian terbaik yang dipilih.

e) Analisa Perancangan

Analisa perancangan menggunakan metode *finite element* yang dilakukan dengan *software solidworks*, hal ini diperlukan untuk mengevaluasi hasil rancangan.

f) Kesimpulan dan Perancangan Detail

Perancangan detail meliputi langkah membuat gambar 2D dan dokumentasi produk. Pada langkah terakhir akan diambil kesimpulan yang menjelaskan hasil perancangan *hydraulic fixture machining* blok silinder ini

Menurut Serope Kalpakjian dalam buku "*manufacturing and engineering technology*" [3] menyatakan bahwa ada beberapa parameter yang dipakai dalam proses permesinan. Berikut ini adalah parameter-parameter yang sering dipakai pada umumnya dalam proses *machining*, yaitu :

a) Kecepatan Spindel (n)

Persamaan untuk kecepatan spindel dinyatakan dalam persamaan 2.1 :

$$n = (1000 \times V_c) / (\pi \times D) \quad (1)$$

Dimana :

V_c = Kecepatan potong (m/min)

D = Diameter pahat potong (mm)

n = Kecepatan spindel (rpm)

b) Daya Potong (P_c)

a

$$P_c = K_c \times a_e \times a_p \times v_f \quad (2)$$

Dimana :

P_c = Daya potong (Watt)(Nm/s)

k_c = Konstanta gaya spesifik material (N/mm²)

a_e = lebar pemotongan (m)

a_p = Kedalaman potong (m)

v_f = Kecepatan pemakanan (m/s)

c) Kecepatan Pemakanan Meja (V_f)

Persamaan untuk kecepatan pemakan meja dinyatakan dalam persamaan 2.3 :

$$V_f = f_z \times n \times z_n \quad (3)$$

Dimana :

V_f = Kecepatan pemakanan (mm/min)

f_z = Pemakanan per gigi (mm)

n = Kecepatan spindel (rpm)

z_n = Jumlah mata potong

d) Gaya Potong (F_c)

Persamaan untuk gaya potong dinyatakan dalam persamaan 2.4 :

$$F_c = P_c / V_c \quad (4)$$

Dimana :

F_c = Gaya potong (N)

P_c = Daya potong (W)

V_c = Kecepatan potong (N/min)

Menurut R.S Khurmi dan J.K Gupta dalam buku “*machine design*”[2], menyatakan bahwa: jika gaya dalam yang ditahan oleh penampang batang, maka didalam penampang batang tersebut akan mengalami tegangan. Tegangan dapat didefinisikan sebagai tahanan dalam yang disediakan oleh satuan luas bahan kepada beban luar yang diberikan.

a) Momen (M_b)

Persamaan untuk momen dinyatakan dalam persamaan 2.5 :

$$M_b = F \times l \quad (5)$$

Dimana :

M_b = Momen bengkok(N/mm)

F = Gaya yang terjadi (N)

l = Jarak titik acuan dari arah gaya bekerja (mm)

b) Momen Tahanan Polar (Z)

Persamaan untuk momen tahanan polar dinyatakan dalam persamaan 2.6 :

$$Z = (b \times h^2) / 6 \quad (6)$$

Dimana :

Z = Momen tahanan polar (mm^2)

b = Lebar batang (mm)

h = Tinggi batang (mm)

c) Tegangan Bengkok (σ_b)

Persamaan untuk tegangan bengkok dinyatakan dalam persamaan 2.7 :

$$\sigma_b = M_b / Z \quad (7)$$

Dimana :

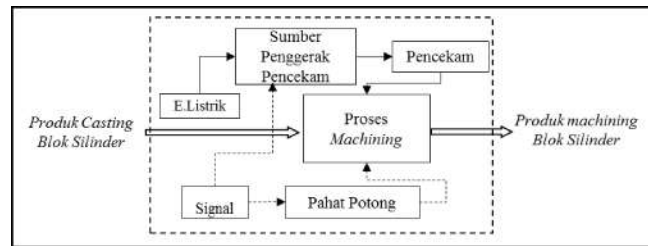
σ_b = Tegangan bengkok (N/mm^2)/(MPa)

M_b = Momen bengkok(N/mm)

Z = Momen tahanan polar (mm^3)

HASIL

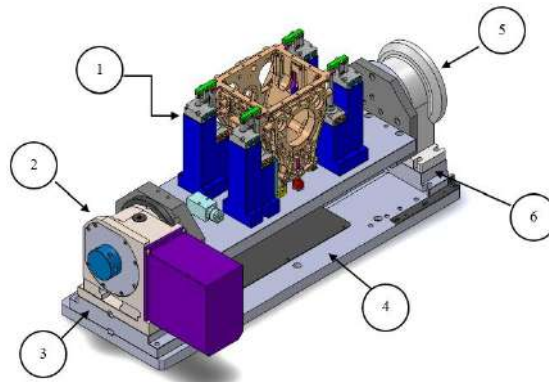
Pada perancangan *hidraulic fixture machining* untuk produk blok silinder ini menggunakan metode perancangan VDI 2221. Sehingga didapat varian terpilih berdasarkan diagram fungsi keseluruhan pada gambar 2 yang telah disepakati.



Gambar 2 Diagram fungsi keseluruhan *hydraulic fixture machining* blok silinder

Pada gambar 2 dijelaskan mengenai diagram fungsi keseluruhan dari proses *machining* pada produk blok silinder. Dalam diagram fungsi keseluruhan ini dijelaskan secara lebih rinci keseluruhan proses *machining*. Energi listrik sebagai input berubah menjadi energi mekanik yaitu menghidupkan pompa hidraulik yang kemudian menggerakkan komponen pencekam. Selain itu sinyal input sebagai on/off untuk menghidupkan pompa hidraulik, menggerakkan pahat potong, serta memulai proses *machining* yang kemudian menghentikan proses sebagai outputnya.

Berdasarkan diagram fungsi keseluruhan pada gambar 2, diperoleh konsep perancangan terpilih untuk konstruksi *hydraulic fixture machining* blok silinder yaitu pada gambar 3 berikut.

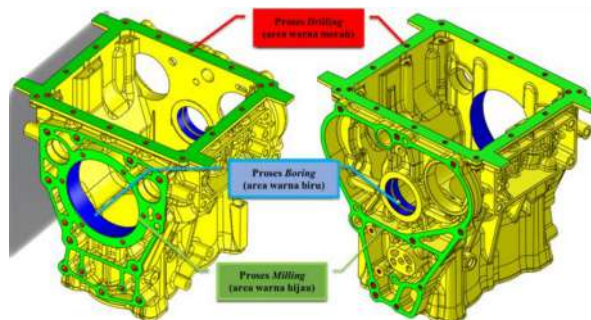


Gambar 3 Konstruksi *hydraulic fixture machining* produk blok silinder

Pada gambar 3 menjelaskan konstruksi dari *fixture machining* yang terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut:

1. Sub *Jig*
2. Rotary index (motor penggerak)
3. Spacer blok
4. Base plate
5. Tail support (Penyangga)
6. L-bracket

Menurut drawing spesifikasi produk blok silinder, telah ditentukan area produk blok silinder yang akan di proses *machining* yang tertera pada gambar 4. Ketiga proses tersebut yaitu proses *milling* yang ditandai dengan area berwarna hijau, proses *drilling* (area warna merah), dan proses *boring* (area warna biru).



Gambar 4 Area Proses *Machining* Blok Silinder

Sebelum menentukan besarnya gaya cekam yang digunakan untuk menahan produk blok silinder sehingga tidak bergeser pada saat proses *machining* berlangsung, terlebih dahulu mengetahui besarnya gaya potong yang dihasilkan oleh ketiga proses *machining* tersebut. Besarnya nilai gaya potong sangat berpengaruh terhadap besarnya gaya cekam yang nanti digunakan untuk mencekam produk. Setiap proses *machining* pada produk blok silinder dicari gaya potong pada masing-masing proses yaitu:

a. Proses *Milling*

- kecepatan putaran (n)

$$n = (1000 \cdot V_c) / (\pi \cdot D)$$

$$n = (1000 \times 1200 \text{ mm/min}) / (\pi \times 80 \text{ mm})$$

$$n = 4774.6 \text{ rpm}$$

- kecepatan pemakanan meja (vf)

$$v_f = f_z \cdot n \cdot Z_n$$

$$v_f = 0.13 \text{ mm} \times 4774.6 \text{ rpm} \times 10 \text{ buah}$$

$$v_f = 6206.98 \text{ mm/min}$$

- daya potong proses *milling*

$$P_c = K_c \times a_e \times a_p \times v_f$$

$$P_c = 750 \text{ N/mm}^2 \times 10 \text{ mm} \times 0.5 \text{ mm} \times 6206.98 \text{ mm/min}$$

$$P_c = 23276175 \text{ N-mm/min} = 387.93 \text{ N-m/s}$$

$$P_c = 387.93 \text{ W}$$

- gaya potong untuk proses *milling*

$$F_c = P_c / V_c$$

$$F_c = (387.936 \text{ W}) / (0.2 \text{ m/s})$$

$$F_c = 1939.6 \text{ N}$$

b. Proses *Drilling*

- kecepatan putaran (n)

$$n = (1000 \cdot V_c) / (\pi \cdot D)$$

$$n = (1000 \times 150 \text{ mm/min}) / (\pi \times 5 \text{ mm})$$

$$n = 9554.14 \text{ rpm}$$

- kecepatan pemakanan meja (vf)

$$v_f = f_z \cdot n \cdot Z_n$$

$$v_f = 0.1 \text{ mm} \times 9554.14 \text{ rpm} \times 2 \text{ buah}$$

$$v_f = 1910.82 \text{ mm/min}$$

- daya potong proses *drilling*

$$P_c = K_c \times a_e \times a_p \times v_f$$

$$P_c = 750 \text{ N/mm}^2 \times 4 \text{ mm} \times 0.25 \text{ mm} \times 1910.82 \text{ mm/min}$$

$$P_c = 1433115 \text{ N-mm/min}$$

$$P_c = 23.88 \text{ N-m/s} = 23.88 \text{ W}$$

- gaya potong untuk proses *drilling*

$$F_c = P_c / V_c$$

$$F_c = (23.88 \text{ W}) / (0.025 \text{ m/s})$$

$$F_c = 955.2 \text{ N}$$

c. Proses *Boring*

- kecepatan putaran (n)

$$n = (1000 \cdot V_c) / (\pi \cdot D)$$

$$n = (1000 \times 365 \text{ mm/min}) / (\pi \times 99 \text{ mm})$$

$$n = 1186.14 \text{ rpm}$$

- kecepatan pemakanan meja (v_f)

$$v_f = f_z \cdot n \cdot Z_n$$

$$v_f = 0.05 \text{ mm} \times 1186.14 \text{ rpm} \times 4 \text{ buah}$$

$$v_f = 237.23 \text{ mm/min}$$

- daya potong proses *boring*

$$P_c = K_c \times a_e \times a_p \times v_f$$

$$P_c = 750 \text{ N/mm}^2 \times 15 \text{ mm} \times 0.5 \text{ mm} \times 237.23 \text{ mm/min}$$

$$P_c = 1334419 \text{ N-mm/min}$$

$$P_c = 22.240 \text{ N-m/s} = 22.240 \text{ W}$$

- gaya potong untuk proses *boring*

$$F_c = P_c / V_c$$

$$F_c = (22.240 \text{ W}) / (0.06 \text{ m/s})$$

$$F_c = 370.66 \text{ N}$$

Gaya potong terbesar pada proses permesinan terdapat pada proses *milling*, yaitu sebesar 1939.6 N. Maka besarnya gaya cekam adalah sebagai berikut

$$F_{\text{total}} = (\text{cutting force}) / (\text{Static friction koefisien}) \cdot \text{safety factor}$$

$$F_{\text{total}} = (1939.6 \text{ N}) / 0.12 \times 2$$

$$F_{\text{total}} = 32326.6 \text{ N}$$

Rancangan *hydraulic fixture machining* pada gambar 3, ditentukan jumlah pencekaman adalah 4 posisi cekam, maka besarnya gaya cekam di masing masing bagian 8081.65 N.

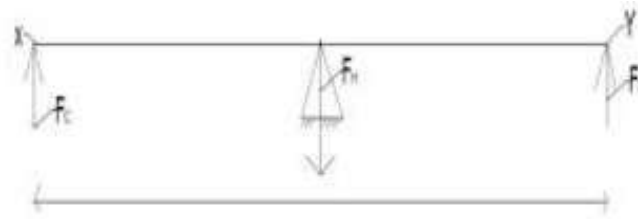
Dalam rencana pemilihan material untuk komponen *hydraulic fixture* ini, dipilih 3 opsi material yang ada di pasaran. Adapun jenis material yang akan dipakai untuk komponen *jig* dan *fixture machining* produk blok silinder ini terdapat pada tabel 1 adalah :

Tabel 1 Data material untuk komponen *hydraulic fixture*

Tipe	Kode Material	Aplikasi	Yield strenght (MPa)
Carbon steel	S45C	General machine parts	625
Stainless Steel	SUS316	Machine requiring antirusting	580
Alumunium	A6063	General machine parts	240

Pada komponen pencekam (*clamping*), dilakukan penghitungan menggunakan metode FEA (*finite element analysis*) dengan membagi objek analisa menjadi bagian-bagian kecil. Dalam metode ini, kita dapat mengetahui bagian dari objek yang mendapat area paling kritis. Tujuan dari FEA ini adalah untuk mendapatkan desain *fixture* optimal untuk diproduksi yang memiliki deformasi lebih sedikit. Metode FEA ini dilakukan

pada software *solidworks*. Diagram body bebas dari pencekam dapat dilihat pada gambar 5. Gaya yang bekerja pada lengan pencekam ini terletak di bagian ujung dengan nilai F sebesar 8081.65 N.



Gambar 5 FBD pada komponen pencekam

Sesuai dengan gambar 5, diketahui spesifikasi lengan pencekam yang tertera pada tabel 2 berikut.

Tabel 2 Data spesifikasi lengan pencekam

No	Simbol	Spesifikasi	Dimensi	Satuan
1	b	Lebar batang	12	mm
2	h	Tinggi batang	16	mm
3	F	Gaya yang bekerja	8081,65	N
4	l	Jarak titik tumpu dengan beban	31,5	mm

Dari data pada tabel 2 dapat diketahui momen tekuk (M_b) menggunakan persamaan 5 berikut.

$$M_b = F \times l$$

$$M_b = 8081,65 \text{ N} \times 31,5 \text{ mm}$$

$$M_b = 254571,97 \text{ Nmm}$$

Selain dapat pula diketahui momen tahanan lengkung (Z) dengan penampang batang berbentuk persegi panjang seperti pada gambar 5 dengan menggunakan persamaan 6 berikut.

$$Z = (b \times h^2) / 6$$

$$Z = (12 \text{ mm} \times 16^2 \text{ mm}) / 6$$

$$Z = 512 \text{ mm}^2$$

Sehingga dapat diketahui beban yang diterima oleh pencekam menggunakan persamaan 7 berikut.

$$\sigma_b = M_b / Z$$

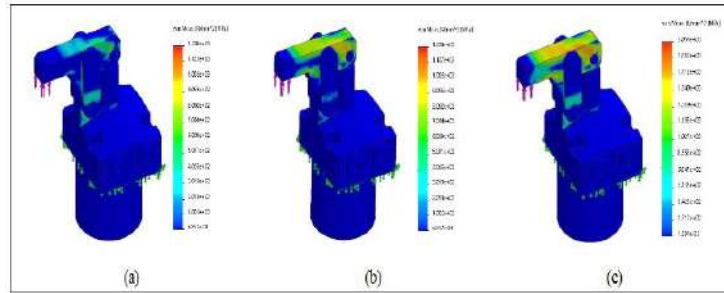
$$\sigma_b = (254571,97 \text{ Nmm}) / (512 \text{ mm}^2)$$

$$\sigma_b = 497,21 \text{ MPa}$$

Dari hasil perhitungan, didapat nilai beban yang diterima oleh pencekam dengan gaya yang bekerja yaitu 8081,65 N adalah sebesar 497,21 MPa.

Sebagai pembanding, dilakukan simulasi pembebanan menggunakan software *solidworks* dengan hasil analisa pada gambar 6. Hasil analisis menghasilkan gradasi warna (biru, hijau, kuning, merah) untuk membedakan daerah kritis yang paling besar yang diakibatkan oleh gaya cekam. Semakin merah warna gradasinya maka area kritis semakin besar.

- Pada gambar 6-a, didapat hasil untuk nilai tegangan terbesar yang dialami oleh pencekam dengan material S45C sebesar 480 MPa.
- Pada gambar 6-b, didapat hasil untuk nilai tegangan terbesar yang dialami oleh pencekam dengan material SS316 sebesar 493.1 MPa.
- Pada gambar 6-c, didapat hasil untuk nilai tegangan terbesar yang dialami oleh pencekam dengan material A6063 sebesar 524.6 MPa.



Gambar 6 Distribusi tegangan Von-mises pada bagian pencekam; (a) material S45C, (b) material SS316, (c) material A6063

Nilai keamanan didapat dari perbandingan antara *yield strength* material dengan tegangan maksimum yang diterima. Dengan nilai keamanan ini kita dapat mengetahui seberapa aman material yang akan digunakan sehingga pemilihan material lebih efisien.

Tabel 3 Data material untuk komponen *fixture*

Komponen	Material	Gaya yang bekerja	Perhitungan Pembebanan (Software)	Yield Strength	Nilai Keamanan
Pencekam	S45C	8081.65 N	480 MPa	625 MPa	1.3
	SS316		493.1 MPa	580 MPa	1.17
	A6063		524.6 MPa	240 MPa	0.45

Pada table 3, hasil perhitungan dan simulasi menggunakan software *solidworks* didapat kesimpulan bahwa perencanaan komponen untuk mencekam benda kerja pada *fixture* yang disulkan sehingga aman untuk digunakan adalah material *carbon steel* tipe S45C untuk komponen pencekam dengan nilai keamanan sebesar 1,3.

KESIMPULAN

1. Gaya potong terbesar pada proses *machining* dihasilkan pada proses *milling* yaitu sebesar 1939.6 N. Dari gaya potong yang diperoleh pada proses *machining*, dapat ditentukan besarnya gaya cekam untuk menahan gaya potong tersebut. Total gaya cekam untuk menahan gaya potong ini sebesar 32326.6 N. Karena pencekam pada *jig* dan *fixture* ini terbagi ke dalam 4 posisi, maka gaya cekam yang dihasilkan oleh setiap pencekam sebesar 8081.65 N.
2. Dari hasil analisis didapat nilai tegangan maksimum yang diperoleh komponen pencekam. Didapat hasil untuk nilai tegangan maksimum yang dialami oleh pencekam berdasarkan material yang akan dipilih. Yaitu:
 - Material *carbon steel* tipe S45C, tegangan maksimum yang diterima sebesar 480 MPa;
 - Material *stainless steel* tipe SS316, tegangan maksimum yang diterima sebesar 493.1 MPa;
 - Material aluminium tipe A6063, tegangan maksimum yang diterima sebesar 524.6 MPa.
3. Pemilihan material dalam perencanaan komponen untuk mencekam benda kerja pada *fixture* yang disulkan sehingga aman untuk digunakan adalah material *carbon steel* tipe S45C untuk komponen pencekam dengan nilai keamanan sebesar 1.3

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. G.Hoffman, *Jig and Fixture Design Fifth Edition*. 2014.
- [2] R. S. Khurmi and J. K. Gupta, "Textbook of Machine Design," *Eurasia Publ. House LTD.*, 2005.
- [3] S. Kalpakjian, S. R. Schmid, and K. S. V. Sekar, *Manufacturing Engineering and Technology, 7th edition in SI Units*. 2014.
- [4] H. Prasetyo, R. Rspianda, and H. Adanda, "RANCANGAN JIG DAN FIXTURE PEMBUATAN PRODUK COVER ON-OFF," *Teknoin*, 2017.
- [5] Y. A. Nugrahanto, A. De Fretes, P. Studi, T. Mesin, U. Katolik, and I. Atma, "Rancang Bangun Jig Multiguna Untuk Mesin Drill," vol. 4, no. 1, 2018.

PERANCANGAN JIG PENGUJIAN KEBOCORAN PIPA CAIRAN PENDINGIN PADA MESIN PICK UP 1500CC

Ramelan^{1,a}, dan Djoko W. Karmiadji^{2,b*}

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK. Proses pengujian kebocoran pipa cairan pendingin pada line produksi di PT XYZ saat ini masih dilakukan dengan metode manual. Lamanya waktu proses pengecaman produk saat proses pengujian kebocoran menjadi latar belakang inovasi pada perancangan *jig* baru. Penelitian ini difokuskan pada perancangan sistem pengecaman (*clamping*) produk pada *jig*. Tekanan kerja pengujian kebocoran *cap water outlet* adalah sebesar 0.3 MPa. Metode perancangan yang digunakan adalah VDI 2221. Pemilihan material merupakan bagian penting yang mempengaruhi berhasil atau tidak suatu hasil rancangan. Dengan mempertimbangkan kekuatan material dan ketersediaan material dipasaran, maka dipilih *Structural Steel* (ASTM A36) untuk desain pengecam. Analisis kekuatan pengecam dilakukan menggunakan metode pembebanan statis dengan *software Solidworks 2015*. Berdasarkan hasil perhitungan, beban terbesar yang diterima pengecam adalah 55,35 MPa. Dengan membandingkan hasil perhitungan dan simulasi beban statis diketahui bahwa nilai beban yang diterima pengecam lebih kecil daripada *yield strength* material *Structural Steel* (ASTM A36) yaitu 250 MPa, sehingga desain pengecam untuk *jig* ini aman. Untuk tujuan pengembangan inovasi, konsep *jig* ini juga dapat digunakan untuk pengujian kebocoran pada produk lainnya.

Kata kunci— *Jig Leak Test, VDI 2221, ASTM A36*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

PT. XYZ merupakan perusahaan industri otomotif yang bisnis utamanya adalah *aluminium die casting*. Salah satu jenis produknya adalah *cap water outlet*, yang merupakan komponen dari sistem pendingin pada kendaraan jenis mini truk 1500cc. *Cap water outlet* berfungsi sebagai saluran keluar cairan pendingin dari mesin menuju radiator. Oleh karena fungsinya yang penting, dalam proses produksi dilakukan pengujian kebocoran (*leak test*).

Alat pengecam pada proses pengujian kebocoran dipabrik masih konvensional dan proses pengujiannya dilakukan secara manual. Proses ini membutuhkan waktu yang lama dan kekuatan pengecamannya tidak sesuai dengan yang diharapkan (kurang kuat). Dengan kondisi ini kapasitas produksi terkendala oleh proses pengujian kebocoran, sehingga tidak dapat memenuhi permintaan pelanggan.

Untuk mengurangi kendala proses pengujian kebocoran produk *cap water outlet*, diperlukan inovasi *jig* yang dapat digunakan secara otomatis. Diantara parameter - parameter yang diperlukan dalam desain *jig* pengujian kebocoran adalah tekanan pengujian, luas area pengecaman, dimensi pengecam, kekuatan material pengecam dan waktu pengecaman. Menurut Syahril Ardi [1] dalam penelitiannya yang berjudul “Desain Sistem Kendali Mesin *Air Leak Test* Menggunakan Sistem Kendali *PLC* Omron *CJ2M* di *HVAC* (*Heating, Ventilating, and Air Conditioning*) Line 6, hasil penelitiannya mampu meningkatkan kapasitas produksi komponen *HVAC*.

Prayoga Saeful Amran [2] pada penelitiannya mengenai Perencanaan Konstruksi pada *Clamping Unit* untuk Mesin Cetak Injeksi Plastik, dalam penelitian tersebut mesin injeksi plastik didesain menggunakan penggerak hidrolik. Penelitian mengenai desain *jig* untuk pengujian kebocoran pada komponen saluran pendingin mesin mini truk 1500cc tidak dibahas dalam kedua penelitian sebelumnya dan konsep desainnya tidak menggunakan VDI 2221.

Oleh sebab itu inovasi *jig* pengujian kebocoran diperlukan, sehingga kendala waktu pengujian dapat dipersingkat dan diperoleh fungsi *jig* yang optimal.

Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari desain *jig* ini adalah pertama, merancang inovasi baru *jig* pengujian kebocoran *cap water outlet*. Kedua, mengetahui besaran gaya yang dibutuhkan untuk pengecaman dan ukuran diameter minimum silinder yang digunakan. Ketiga, memperoleh desain pengecam *jig* yang kuat dari hasil analisis *software solidworks*.

Cakupan Penelitian

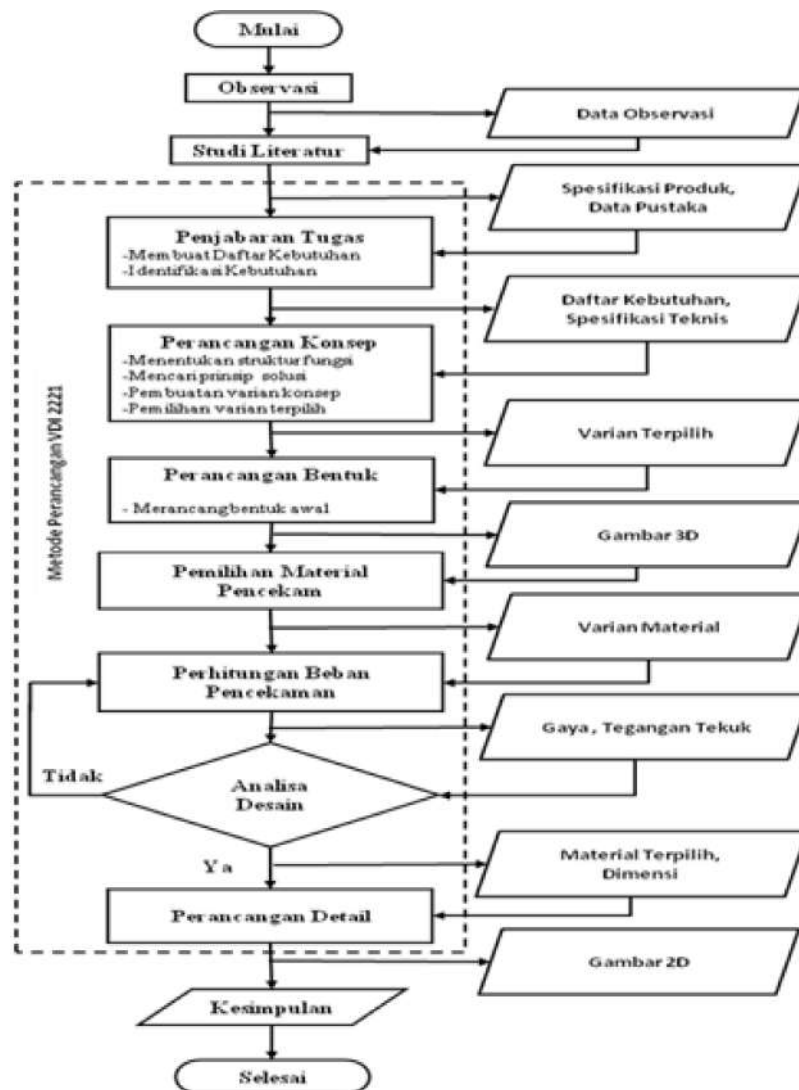
Dalam proses pembahasannya, penelitian ini diberikan beberapa batasan - batasan diantaranya: metode desain *jig* untuk proses pengujian kebocoran ini dengan *VDI 2221* dan pada penelitian ini difokuskan pada desain pencekam *jig*.

METODOLOGI

Pada penelitian ini, metode perancangan *jig* pengujian kebocoran yang digunakan adalah *VDI 2221*. Berdasarkan studi literatur, Rudi Kurniawan Arief [3] pada penelitiannya yang berjudul "Metode Desain *VDI 2221* untuk Mendesain *SKID MPFM Single Line*" dinyatakan bahwa dengan melalui metode *VDI 2221* dapat dihasilkan desain produk yang sesuai dengan kebutuhan seperti dimensi yang kecil, bobot yang ringan dan konstruksi mesin yang kokoh.

Metode *VDI 2221* juga secara detail dijabarkan dalam buku "Engineering Design" yang ditulis oleh Gerhard pahl dan Woflgang Beitz [4]. Menurut buku "Engineering Design", Gerhard Pahl dan Wolfgang Beitz membagi beberapa tahapan dalam membuat konsep desain yaitu : Penjabaran Tugas (Clarifying the Task), Perancangan Konsep (Conceptual Design), Perancangan Bentuk (Embodiment Design), Perancangan Detail (Detail Design).

Metodologi penelitian dalam mendesain *jig* untuk proses pengujian kebocoran cap water outlet dapat dilihat melalui diagram alir pada gambar 1 dan dijabarkan menjadi tahapan - tahapan : observasi, studi literatur, penjabaran tugas, perancangan konsep, perancangan bentuk, pemilihan material pencekam, perhitungan beban pencekaman dan analisis kekuatan desain pencekam melalui software *solidworks 2015*, perancangan detail dan kesimpulan.



Gambar 36. Diagram alir penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan observasi dan studi literatur, dari tahapan ini akan diperoleh data spesifikasi produk seperti : Material, Tekanan Pengujian, Luas Area, Kekuatan material, Lokasi Pencekaman dan parameter lainnya. Selanjutnya pada tahapan penjabaran tugas, daftar kebutuhan dan spesifikasi produk dijabarkan lebih detail dalam bentuk daftar spesifikasi teknis. Kemudian pada tahapan perancangan konsep akan diperoleh satu varian konsep perancangan. Konsep perancangan pada varian terpilih selanjutnya dibuatkan gambar 3D .

Data Observasi Lapangan

Data observasi di area line produksi cap water outlet pada proses pengujian kebocoran ditunjukkan pada tabel 1. Data tersebut terdiri dari spesifikasi produk dan aplikasi pengujian kebocoran cap water outlet di line produksi. Penting sekali dalam merancang jig dengan mempertimbangkan kebutuhan, sehingga produk hasil perancangan dapat menjadi solusi atas permasalahan yang dijelaskan pada latar belakang pada bab pendahuluan.

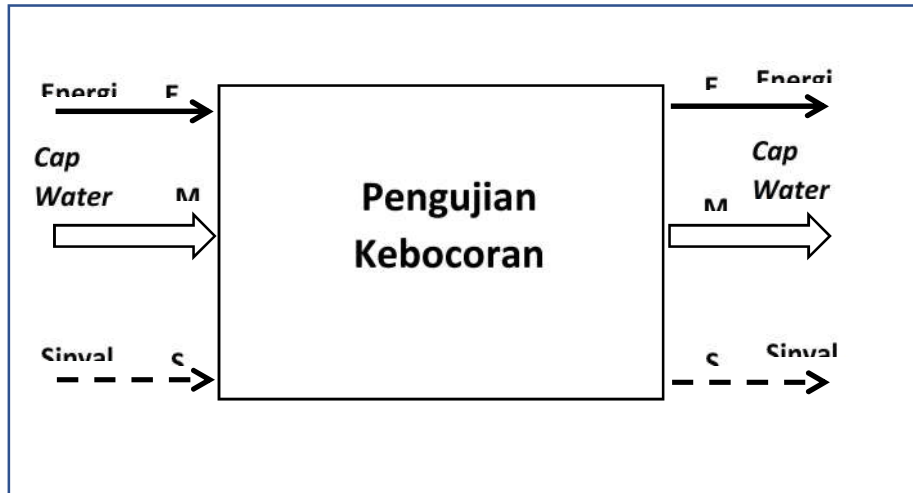
Berdasarkan ketersediaan layout jig, dimensi jig yang dibutuhkan tidak boleh melebihi $1m \times 0,5m \times 0,5m$. Proses pengecaman pada jig pengujian kebocoran saat ini menggunakan baut dan secara manual, sehingga pada inovasi perancangan jig yang baru diharapkan bisa secara otomatis. Tekanan pengujian adalah 0,3 MPa yang disesuaikan dengan standar pengujian pada drawing part. Target cycle time proses pengecaman dan pengujian kebocoran adalah 84 detik.

Tabel 1. Daftar Temuan Observasi Line Pengujian Kebocoran *Cap water outlet*

No.	Temuan Lapangan	Keterangan	Kebutuhan
1	<i>Layout Jig</i>	Line proses pengujian kebocoran <i>Cap Water Outlet</i> . Area yang disiapkan untuk jig ($p \times l \times t = 1m \times 0,5m \times 0,5m$)	Dimensi <i>Jig</i> tidak melebihi <i>layout</i> yang ada
2	<i>Jig Awal</i>	Metode pengecaman menggunakan baut	Proses pengecaman bisa secara otomatis
3	Metode Pengujian Kebocoran	Metode pengujian kebocoran dengan <i>Bubble Test</i> , Pengamatan Visual oleh operator	Metode pengujian kebocoran menggunakan <i>Differential Pressure Sensor</i> (otomatis)
4	Tekanan Pengujian	0,3 MPa	Menyesuaikan standar tekanan pengujian kebocoran <i>cap water outlet</i>
5	Lokasi Bocor	Di area <i>body cap water outlet</i> , disebabkan <i>flowline</i>	Cacat bocor dapat tertangkap dan tidak terkirim ke <i>customer</i>
6	<i>Cycle Time</i>	272 detik	<i>Cycle time</i> bisa dipercepat menjadi 84 detik
7	Kapasitas	247pcs/hari	Target kapasitas belum tercapai yaitu 800 pcs/hari
8	Waktu Produksi	3 <i>shift</i>	3 <i>shift</i>
9	Jumlah Operator	1 Orang/ <i>shift</i>	1 Orang/ <i>shift</i>

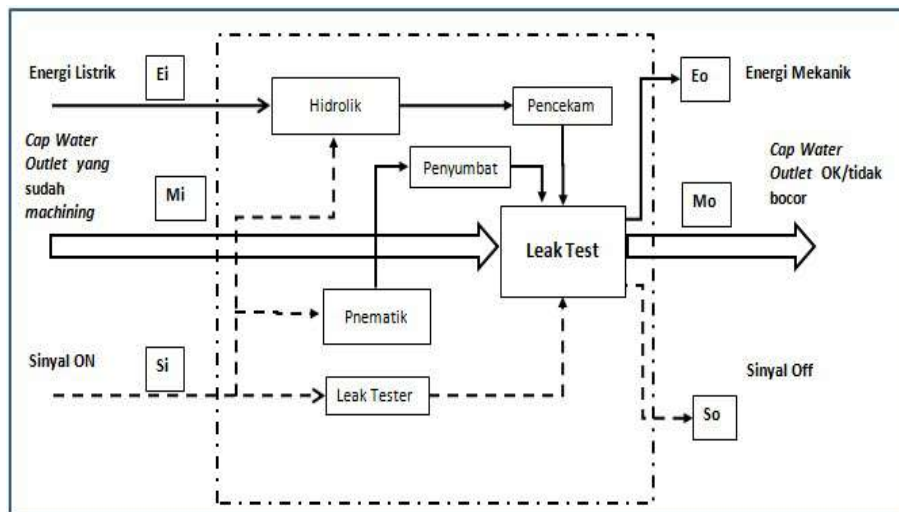
Struktur Fungsi

Struktur fungsi digambarkan melalui diagram yang menjelaskan hubungan input dan output dari aliran material, energi dan sinyal. Fungsi dalam penggambarannya terdiri dari 2 unsur : Fungsi keseluruhan dan Sub fungsi keseluruhan. Fungsi keseluruhan dari proses pengujian kebocoran cap water outlet adalah menguji kebocoran. Proses pengujian kebocoran terdiri atas beberapa sub fungsi yaitu : sub fungsi pencekam, fungsi pemampat lubang dan sub fungsi mendeteksi kebocoran.



Gambar 2. Diagram Fungsi Keseluruhan Pengujian Kebocoran [4]

Pada gambar 2 dijelaskan mengenai diagram fungsi keseluruhan dari pengujian kebocoran. Energi input berupa energi listrik kemudian dirubah menjadi energi mekanik sebagai energi output. Material input adalah komponen cap water outlet yang sudah melewati proses machining dan proses pencucian. Material outputnya berupa cap water outlet yang sudah diverifikasi OK atau tidak bocor. Sedangkan sinyal input dan sinyal outputnya berupa sinyal ON/OFF untuk memulai dan menghentikan proses pengujian kebocoran.



Gambar 3. Diagram Sub-Fungsi Pengujian Kebocoran [4]

Sedangkan pada gambar 3 dijelaskan mengenai diagram sub fungsi dari pengujian kebocoran. Sub - sub fungsinya terdiri dari hidrolis, penyumbat lubang, pencekam benda kerja, dan pendeteksi kebocoran.







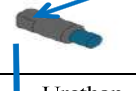


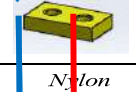
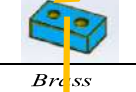


Dalam penelitian ini difokuskan pada perancangan jig pengujian kebocoran, sehingga sub fungsi pencekam dijabarkan lagi menjadi sub fungsi clamping dan penyumbat lubang.

Prinsip Solusi

Dalam fungsi keseluruhan dari proses pengujian kebocoran, prinsip - prinsip solusi utama yang perlu dicari meliputi sub fungsi pencekam (*clamping*), sub fungsi pemampat lubang, dan sub fungsi pendeteksi kebocoran (*leak tester*). Penggabungan prinsip - prinsip solusi dilakukan dengan membuat beberapa varian solusi yang kemudian dipilih varian solusi yang paling tepat yang dapat menjawab kebutuhan dari perancangan jig untuk proses pengujian kebocoran.

Pada tabel 4 dijelaskan beberapa prinsip solusi untuk perancangan jig pengujian kebocoran cap water outlet. Dalam mencari prinsip solusi, masing masing sub fungsi diberikan tiga solusi.

Tabel 2. Pemilihan Kombinasi Solusi dari Jig Pengujian Kebocoran [4]

No	Sub Fungsi	Solusi		
		Solusi 1	Solusi 2	Solusi 3
1	Sumber penggerak pencekam	 Hidrolik	 Pneumatik	
		 Hidrolik	 Pneumatik	
2	Sumber penggerak pemampat	 <i>Link Clamp</i>	 <i>Swing Clamp</i>	
		 Urethan	 O-Ring	 <i>Silicon Sheet Rubber</i>
3	Pencekaman	 <i>Nylon</i>	 <i>Brass</i>	
		 <i>Pin</i>	 <i>Rough Guide</i>	

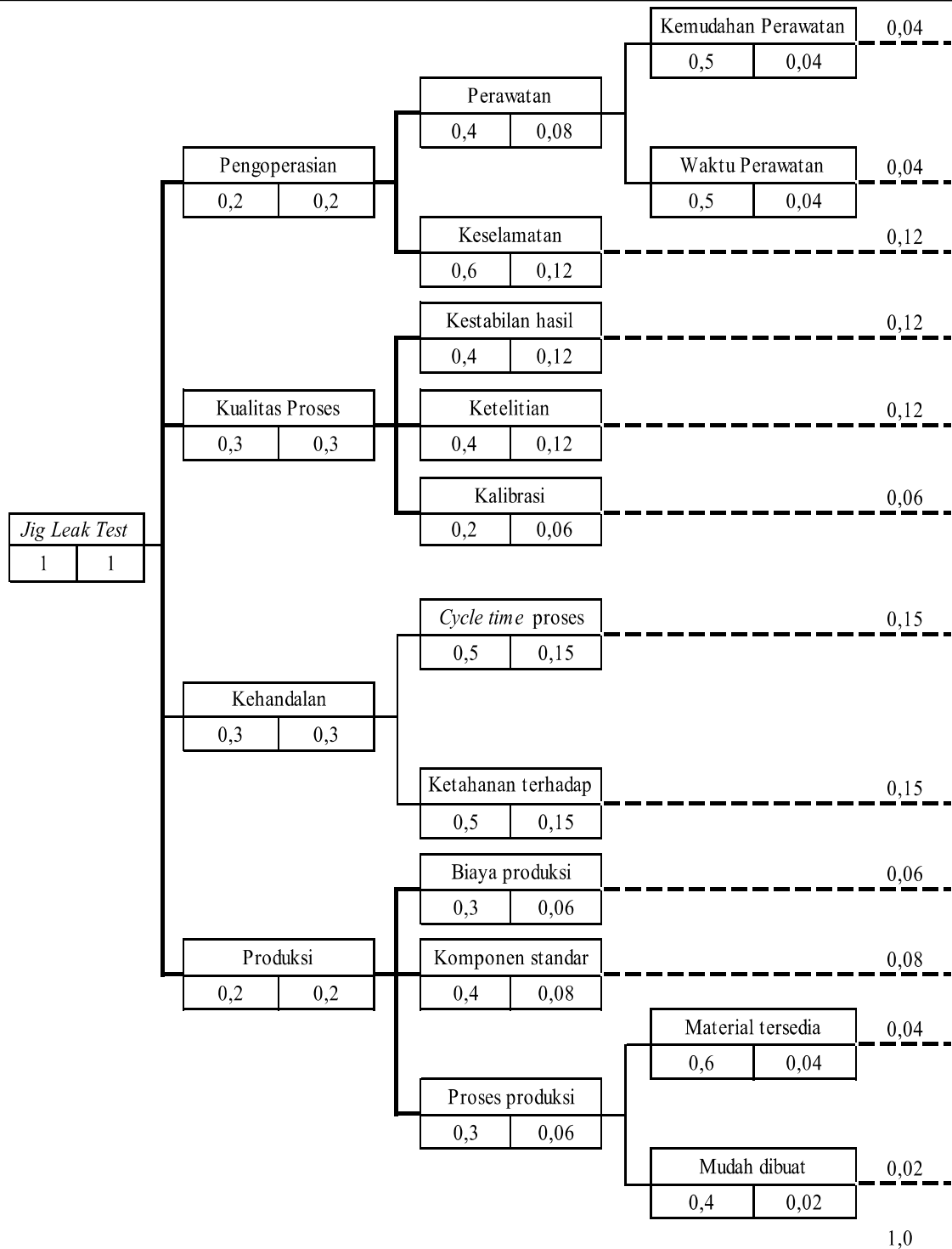
V3
V2
V1

Setelah mencari prinsip solusi, langkah selanjutnya membuat kombinasi dari prinsip solusi menjadi 3 varian seperti yang dijabarkan pada tabel 3.7. Urutan dari setiap varian adalah sebagai berikut :

- Varian 1 (V1) : 1-1, 2-1, 3-1, 4-3, 5-2, 6-2
- Varian 2 (V2) : 1-1, 2-2, 3-1, 4-2, 5-1, 6-1
- Varian 3 (V3) : 1-2, 2-2, 3-2, 4-1, 5-1, 6-1

Pemilihan Varian

Pemilihan varian terbaik dilakukan melalui pembobotan hasil yang ditunjukkan pada gambar 4. Dengan metode ini akan mempermudah dalam melakukan penilaian terhadap beberapa varian yang ada. Sehingga nantinya didapatkan satu varian terbaik yang memenuhi kebutuhan yang mampu menjawab permasalahan pada desain jig sebelumnya.



Gambar 4. Diagram Pembobotan Evaluasi Varian [4]

Penilaian pada diagram pembobotan didasarkan pada metode VDI 2221 [4] dengan mempertimbangkan aspek - aspek kebutuhan desain yang meliputi : pengoperasian, kualitas proses, kehandalan, dan produksi. Berdasarkan hasil pembobotan, maka didapatkan peringkat varian jig yaitu

Peringkat 1 : Varian 2 = 2,12

Peringkat 2 : Varian 3 = 2,48

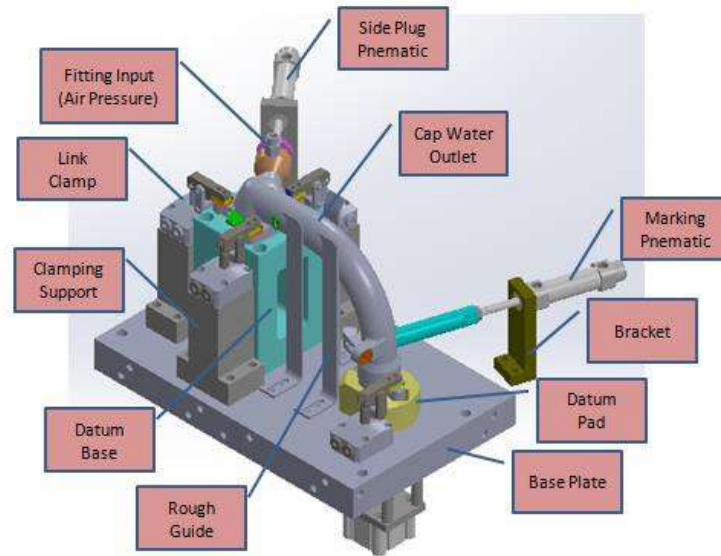
Peringkat 3 : Varian 1 = 1,97

Varian yang terbaik ditentukan berdasarkan nilai yang tertinggi seperti yang ditunjukkan pada tabel 3. Maka varian 2 adalah varian yang dipilih karena memperoleh peringkat tertinggi yaitu 2,48

Tabel 3. Kriteria Pembobotan Varian 2 [4]

No	Kriteria Evaluasi	B	Parameter	Varian 2		
				H	M	BM
1	Kemudahan perawatan	0,04	Luas area	Cukup	2	0,08
2	Waktu perawatan	0,04	Waktu perawatan	Baik	3	0,12
3	Keselamatan	0,12	Keamanan fungsi mekanik	Cukup	2	0,24
4	Kestabilan hasil	0,12	<i>Repeat ability</i>	Baik	3	0,36
5	Ketelitian	0,12	Tingkat deteksi kebocoran (<i>leak rate</i>)	Baik	3	0,36
6	Kalibrasi	0,06	Waktu kalibrasi	Cukup	2	0,12
7	<i>Cycle time</i> proses	0,15	<i>Cycle time</i>	Baik	3	0,45
8	Ketahanan terhadap tekanan	0,15	Gaya tekan <i>clamping</i>	Cukup	2	0,30
9	Biaya produksi	0,06	Harga	Baik	3	0,18
10	Komponen standar	0,08	Jumlah Komponen	Cukup	2	0,16
11	Material tersedia	0,04	Jumlah dipasaran	Cukup	2	0,07
12	Mudah dibuat	0,02	Waktu produksi	Cukup	2	0,04
Total		1,0	Total		2,48	

Berdasarkan pemilihan varian jig, varian yang terpilih adalah varian 2 (gambar 5). Pencekamannya didesain dengan konsep otomatis, sehingga diperlukan perangkat hidrolik seperti : tangki oli, filter, pompa hidrolik, regulator tekanan, kontrol valve, dan sistem pipa/selang. Sistem hidrolik mempunyai keunggulan menghasilkan tenaga yang besar. Pemilihan sistem hidrolik sebagai penggerak pada pencekam sesuai dengan pembahasan mengenai hidrolik pada bab landasan teori. Sedangkan pada konsep penyumbat lubang digunakan sistem pneumatik dengan o-ring sebagai sealnya.



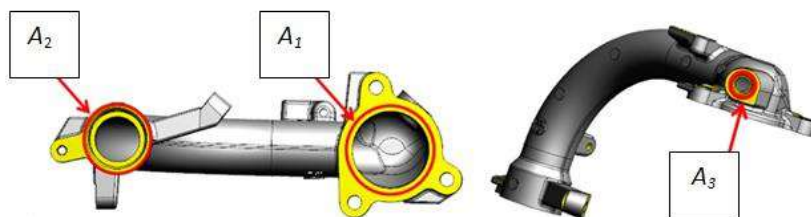
Gambar 5. Jig Pengujian Kebocoran *Cap water outlet*

HASIL

Desain jig pengujian kebocoran yang dipilih adalah varian 2. Tenaga penggerak pencekam digunakan silinder hidrolis dan penggerak untuk penutup lubang dengan silinder pneumatik. Agar dapat beroperasi secara otomatis jig ini didukung dengan perangkat sistem kontrol. Dengan desain tersebut proses pengujian kebocoran dan pencekaman benda kerja dapat dioperasikan secara otomatis [1].

Perhitungan Distribusi Gaya Per Area Luasan

Luas area produk diperlukan untuk perhitungan kekuatan pencekaman benda kerja. Profil areanya berupa lubang berbentuk lingkaran seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 dan data luas area pengujian dijelaskan pada tabel 4.

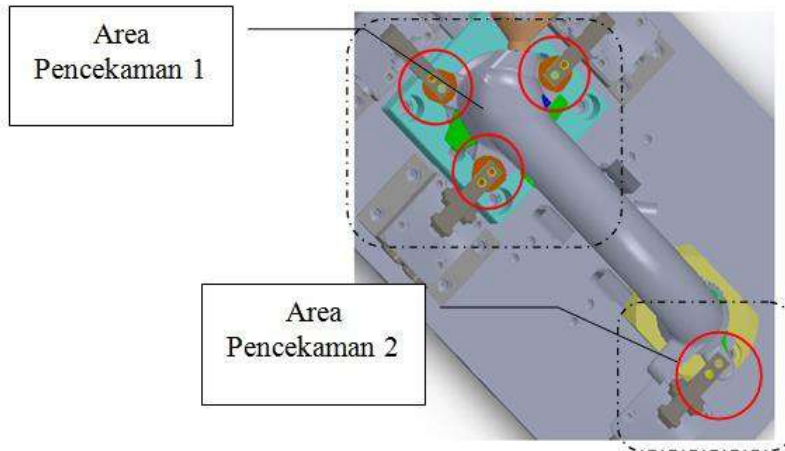


Gambar 6. Area Lubang A_1, A_2 dan A_3 *Cap water outlet*

Tabel 4. Data Luas Area Pengujian Produk [5]

Data spesifikasi luas area <i>cap water outlet</i>		
	Dimensi	Satuan
Luas area lubang ke <i>Cyl Head</i> (A_1)	1661,06	mm ²
Luas area lubang Pipa (A_2)	907,46	mm ²
Luas area lubang sensor (A_3)	143,07	mm ²

Perhitungan kebutuhan gaya untuk pencekaman merupakan hal yang utama. Karena pencekaman merupakan fungsi penting dari *jig*. Perhitungan gaya dibutuhkan untuk menghitung dimensi silinder hidrolik pada pencekam.



Gambar 7. Lokasi Pencekaman *Jig* Pengujian Kebocoran *Cap water outlet*

Untuk memudahkan dalam perhitungan satuan MPa untuk tekanan kerja dikonversi ke dalam satuan N/mm². Maka dapat dihitung gaya pencekaman area 1 [6] yaitu :

$$\begin{aligned}
 F_1 &= (P \times A_1) \times FS \\
 &= (0,3 \text{ N/mm}^2 \times 1661,06 \text{ mm}^2) \times 1,6 \\
 &= 797,31 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari gambar 7 lokasi pencekaman dibagi menjadi 3, maka gaya masing masing lokasinya (F_{cl}) dapat diketahui :

$$\begin{aligned}
 F_{cl} &= F : 3 \\
 &= 797,31 \text{ N} : 3 \\
 &= 265,77 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk lokasi pencekaman 2, gaya pencekamannya dapat diketahui :

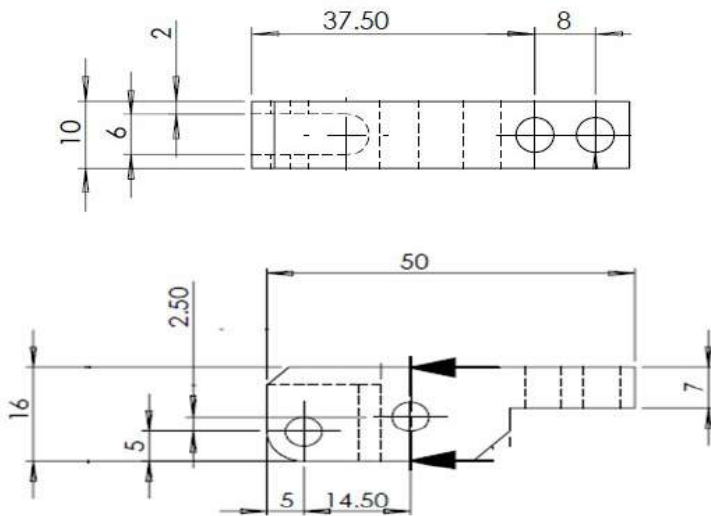
$$\begin{aligned}
 F_{c2} &= (P \times A_2) \times FS \\
 &= (0,3 \text{ N/mm}^2 \times 907,46 \text{ mm}^2) \times 1,6 \\
 &= 435,58 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Distribusi Gaya Per Area Luasan

Lever clamp memiliki geometri berupa batang pejal (*rectangle*). Dimensi *lever clamp* yang ditunjukkan pada gambar 8. Sedangkan spesifikasi desain *lever clamp* seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Data Spesifikasi *Lever Clamp*

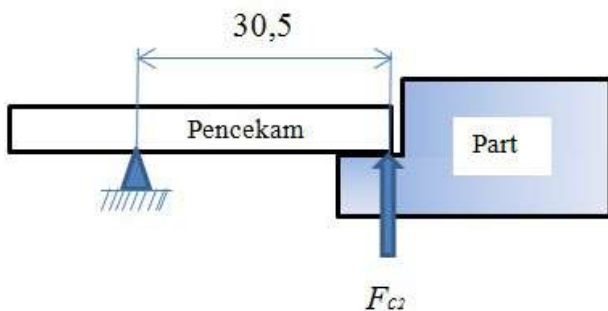
No	Simbol	Spesifikasi	Dimensi	Satuan
1	b	Lebar	10	mm
2	h	Tinggi	12	mm
3	F_{c1}	Gaya pencekaman area 1	265,77	N
4	F_{c2}	Gaya pencekaman area 2	435,58	N
5	l	Jarak titik tumpu dengan beban	30,5	mm



Gambar 8. Dimensi Pencekam

Tegangan Tekuk Pada Pencekam

Pada perhitungan kekuatan pencekam, beban yang terjadi adalah tegangan tekuk akibat gaya pencekaman pada benda kerja. Tegangan yang terjadi dibagi berdasarkan area pencekaman. Pada gambar 9 dijelaskan mengenai gaya yang diterima material pencekam oleh gaya (F_{c2}) dengan jarak tumpuan (l) 30,5 mm, sehingga menyebabkan momen tekuk (M_{b2}). Maka perhitungan momen tekuknya adalah :



Gambar 9. Ilustrasi Gaya Pada Material Pencekam

$$M_{b2} = F_{c2} \times l$$

$$M_{b2} = 435,58\text{N} \times 30,5 \text{ mm}$$

$$M_{b2} = 13285,19 \text{ Nmm}$$

Setelah momen tekuk (M_{b2}) diperoleh, selanjutnya menghitung momen tahanan polar (Z). Setiap bentuk penampang benda memiliki momen tahanan polar yang berbeda [7]. Karena bentuk penampang *lever clamp* berupa batang pejal, maka rumus menghitung section modulus (Z) adalah

$$Z = \frac{bh^2}{6}$$

$$Z = \frac{10 \text{ mm} \times 12^2 \text{ mm}^2}{6}$$

$$Z = 240 \text{ mm}^3$$

Dalam hal ini, momen tahanan polarnya (Z) memiliki nilai yang sama yaitu 240 mm^3 . Sehingga tegangan tekuk (σ_{b2}) yang diterima *lever clamp* juga dapat diketahui.

$$\sigma_{b2} = \frac{M_{b2}}{Z}$$

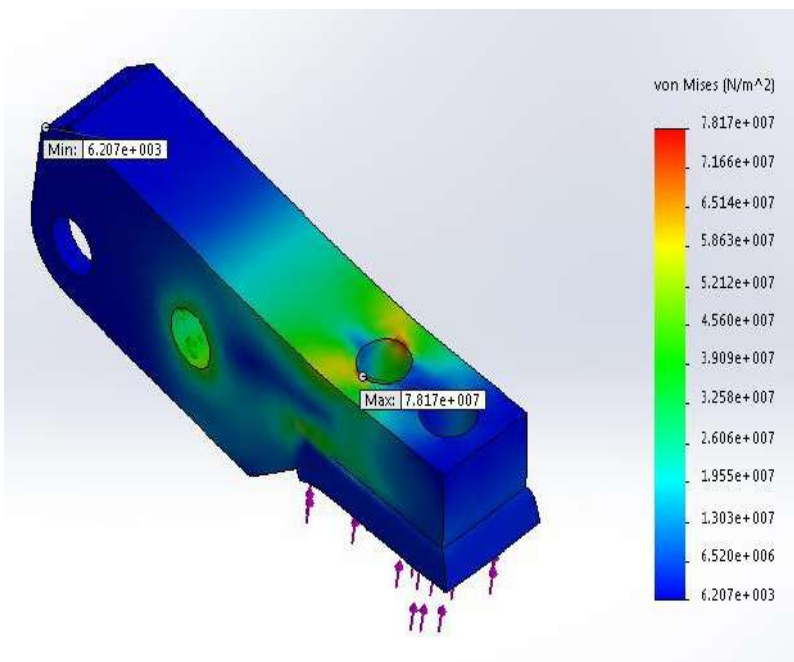
$$\sigma_{b2} = \frac{13285,19 \text{ Nmm}}{240 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{b2} = 55,35 \text{ N/mm}^2$$

Simulasi Pembebanan Statis pada Pengekaman

Setelah perhitungan gaya pengekaman dan tegangan tekuk (σ_b) pada pengekam diperoleh, selanjutnya dilakukan analisis pembebanan melalui metode simulasi menggunakan *software solidworks 2015*. Menurut Robert L. Mott [8], *von mises stresses* biasanya digunakan untuk menganalisis kegagalan pada model desain. *Von mises stresses* ditulis dengan simbol (σ'), dan kegagalan dapat diprediksi jika nilai *von mises stresses* lebih besar dari pada *yield strength* material.

Gambar 10 adalah hasil simulasi pembebanan material ASTM A36. Pada gambar terdapat grafik warna yang terletak disisi kanan gambar. Grafik tersebut merupakan nilai *von mises stresses*. Area yang berwarna kuning tersebut merupakan area kritis pengekam dengan tegangan yang terjadi adalah 58,63 MPa. Dan dari grafik juga dapat diketahui bahwa *von mises stresses* maksimum yang terjadi adalah 78,17 MPa.



Gambar 10. Hasil Simulasi Material *Structural Steel* ASTM A36

Tabel 6. Data Hasil Simulasi

Nama Material	Kode	Properties		FS
		Max. Von Mises Stresses (MPa)	Yield Strength (MPa)	
Struktural Steel	ASTM A36	78,17	250	3,20

Tingkat keamanan dari desain dan material dapat diketahui dengan cara membagi nilai *yield strength* dengan *maximum von mises stress*. Material struktural steel untuk pencekam dinyatakan aman karena *maximum von mises stresses* yang terjadi masih dibawah nilai *yield strength* materialnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dari penelitian tentang desain jig pengujian kebocoran cap water outlet untuk mesin mini truk 1500cc, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Konsep desain jig terpilih adalah varian 2, metode pencekaman menggunakan silinder hidrolis model link clamp dan penutup lubang sensor dan lubang pipa untuk pengujian kebocoran menggunakan silinder pneumatik. Agar dapat beroperasi secara otomatis jig ini didukung dengan perangkat sistem kontrol.
2. Dengan adanya inovasi jig dengan desain pencekaman otomatis maka cycle time proses dapat dipercepat menjadi 84 detik. Dengan demikian kapasitas pengujian kebocoran dapat meningkat dari 265 pcs/hari menjadi 857 pcs/hari.
3. Hasil perhitungan gaya pencekaman yang dibutuhkan untuk proses pengujian kebocoran adalah 265.77 N untuk area pencekaman 1 (A1) dan 435. 58 N untuk area pencekaman 2 (A2).
4. Hasil perhitungan tegangan tekuk (σ_{b2}) terbesar yang diterima pencekam adalah 55,35 MPa terjadi pada area lubang pipa (A2).
5. Desain pencekam dengan material ASTM A36 dinyatakan aman, karena nilai *maximum von mises stresses* yang terjadi masih dibawah *yield strength*-nya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Ardi, "Disain Sistem Kendali Mesin *Air leak test* Menggunakan Sistem Kendali Plc Omron Cj2M di HVAC (*Heating, Ventilating, and Air Conditioning*) Line 6," Politeknik Manufaktur Astra, Jakarta, 2017.
- [2] P. S. Amran, "Perencanaan Konstruksi Sistem Hidrolis Pada Clamping Unit Untuk Mesin Cetakan Injeksi Plastik Kapasitas 700 ton," *J. Tek. Mesin ITI*, vol. 1, no. 2, p. 59, 2017.
- [3] R. K. Arief, "Metode Desain VDI 2221 Untuk Merancang SKID MPFM Single Line," *Rang Tek.*, vol. 1, no. 2, p. 260, 2018.
- [4] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, and K. H. Grote, *Engineering-Design-A-Systematic-Approach*, Third. London: Springer, 2007.
- [5] P. S. Indomobil, "Cap water outlet." [Online]. Available: <https://www.suzuki.co.id/eparts/engine/127/5/21820>. [Accessed: 10-Jul-2019].
- [6] A. Parr, *Hydraulics and pneumatics: A technician's and engineer's guide - 2nd Edition*, Third. Elsevier Ltd., 2006.
- [7] R. . Khurmi and J. K. Gupta, *A Textbook of Machine Design*, First., vol. 45, no. 12. New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD., 2005.
- [8] M. Robert L., *Machine elements in mechanical design*, Fourth., vol. 20, no. 2. New Jersey: Person Education, 2004.

SISTEM PERANCANGAN MODEL AUTOMATIC WASTE RECYCLING MACHINE BERBASIS MIKROKONTROLLER DAN PROGRAM IDE ARDUINO

Apang Djafar Shieddieque¹, Amri Abdulah², Wawan³, Rizal Rohian Salam⁴, dan Subki⁵

Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana

Email : amri@stt-wastukencana.ac.id

ABSTRAK. Permasalahan lingkungan hidup yang menjadi perhatian saat ini yaitu mengenai sampah, penyebab permasalahan sampah diantaranya pengelolaan sampah yang kurang baik dan ketersediaan mesin untuk mengolah sampah perlu pengembangan lanjutan. Jenis mesin yang pernah dibuat, proses pengoperasiannya masih dilakukan secara terpisah atau manual dalam beberapa tahapan. Pada tulisan ini dibuat suatu inovasi baru yaitu perancangan mesin *recycling* sampah otomatis berbasis *mikrokontroler* arduino yang dapat memilah sampah organik dan anorganik serta dapat menghancurkan sampah menjadi butiran kecil dengan ukuran seragam. Metode Perancangan menggunakan data berdasarkan teori umum untuk merencanakan kontruksi mesin dan meninjau ulang alat sebelumnya, kemudian pembuatan model atau *prototype*. Hasil perancangan yaitu mesin menggunakan dua buah motor listrik sebagai penggerak pisau pemotong dan konveyor dengan dilengkapi sensor proximity kapasitif dan induktif untuk mendeteksi objek sampah jenis anorganik, apabila sensor tidak membaca objek, maka objek termasuk jenis sampah organik, kedua jenis sampah akan dihancurkan oleh pisau pemotong sebanyak 30 buah yang tersusun pada 4 buah poros. Ketika penyimpanan melebihi batas, sensor ultrasonik mengirim kode pada *buzzer* dan menampilkannya pada LCD. Sampah anorganik diproses kembali pada konveyor kedua untuk dipisahkan antara logam dengan sampah lainnya. Dengan adanya Mesin ini, diharapkan dapat mempermudah proses penanganan sampah sehingga peningkatan volume sampah TPA berkurang.

Kata kunci; Anorganik; Recycling; Sampah; Organik; Otomatis.

PENDAHULUAN

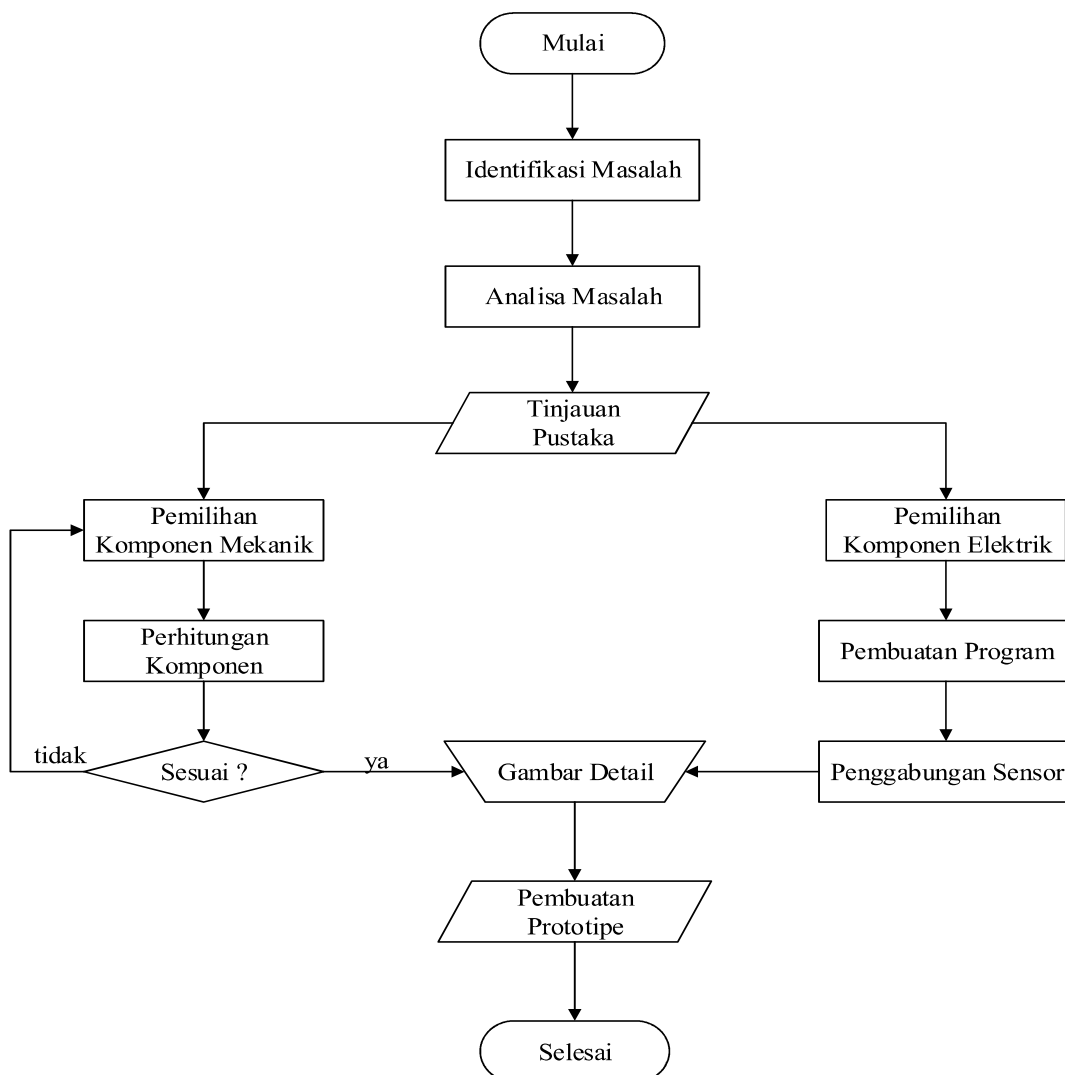
Sampah menjadi permasalahan serius diberbagai kota besar maupun pedesaan di Indonesia. Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia berbanding lurus dengan sampah yang dihasilkan tiap harinya. Sampah adalah sebagian dari sesuatu yang tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang harus dibuang yang umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia termasuk kegiatan industri, tetapi bukan biologis karena *human waste* tidak termasuk didalamnya, Sampah berdasarkan kandungan zat kimia dibagi menjadi dua kelompok, yaitu sampah organik dan sampah anorganik^[1]. Permasalahan pengelolaan sampah yang ada di Indonesia dilihat dari beberapa indikator berikut, yaitu tingginya jumlah sampah yang dihasilkan, tingkat pelayanan pengelolaan sampah masih rendah, tempat pembuangan sampah akhir terbatas jumlahnya, institusi pengelola sampah dan masalah biaya^[2]. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian atau perancangan mesin pengolah sampah, Rancang bangun alat pemilah sampah yang dapat mendeteksi sampah logam dan non logam^[3]. Rancang bangun *prototype* tempat sampah pintar pemilah sampah organik dan anorganik menggunakan mikrokontroler arduino^[4]. Rancang bangun mesin pencacah sampah/limbah plastik dengan sistem *crusher* dan silinder pemotong tipe *reel* ^[5]. Dari beberapa yang telah dilakukan oleh para perancang masih perlu dilakukan beberapa rekayasa agar mesin pengolah sampah dapat terintegrasi dalam satu mesin sehingga memudahkan operator pengolah sampah didalam melakukan pekerjaannya. Tujuan penelitian ini yaitu untuk merancang suatu model mesin yang dapat mencacah sampah dan memilah sampah organik dan non organik yang terintegrasi didalam satu unit mesin dengan input pengendaliannya menggunakan satu unit mikrokontroler arduino berdasarkan kode program IDE Arduino^{[6][7]} yang telah dibuat, keseluruhan peletakan komponen mekanika dan elektronika dituangkan kedalam gambar detail pada *software* solidwork 2012. Adapun batasan yang dipakai dalam perancangan ini antara lain:

a. Desain Produk menggunakan *software* Solidwork 2012^[8] dan Program IDE Arduino.

- b. Merencanakan sebuah mesin menggunakan tenaga penggerak berupa motor listrik^[9] beserta komponen pendukung lainnya dengan input pengendalinya^[10] menggunakan mikrokontroler Arduino.
- c. Perencanaan komponen mekanika meliputi perhitungan torsi, daya yang diperlukan, putaran motor, puli dan sabuk - v, sedangkan komponen elektronika berupa pemilihan sensor, kode program IDE Arduino dan *schematic* Fridzing.

METODE PERANCANGAN

Dalam perancangan mesin *recycling* sampah otomatis ini, hal pertama yang perlu dilakukan yaitu merumuskan masalah, studi literatur mesin yang berkaitan, menuangkan rumus tertentu, kemudian merancang bentuk sesuai hasil dari perhitungan untuk menentukan dimensi pada masing - masing komponen dan konstruksi mesin^[11]. Secara umum langkah perancangan dapat dilihat pada diagram alir penelitian.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Analisis Morfologi

Analisis morfologi merupakan suatu pendekatan sistematis dalam mencari sebuah alternatif penyelesaian. Metode ini dapat digunakan sebagai alternatif dari spesifikasi bahan atau komponen yang dipakai pada produk. Dengan segala sumber informasi tersebut, selanjutnya dapat dikembangkan untuk memilih komponen-komponen alat/mesin yang paling ekonomis. Untuk lebih aman, pengadaan komponen yang akan digunakan minimal lebih dari satu buah tujuannya sebagai pembanding apabila terjadi kegagalan pada tahap pengujian. Analisis morfologi sangat diperlukan dalam perancangan alat/mesin untuk mendapatkan sebuah hasil yang maksimal.

Tabel 1 Matriks Morfologi.

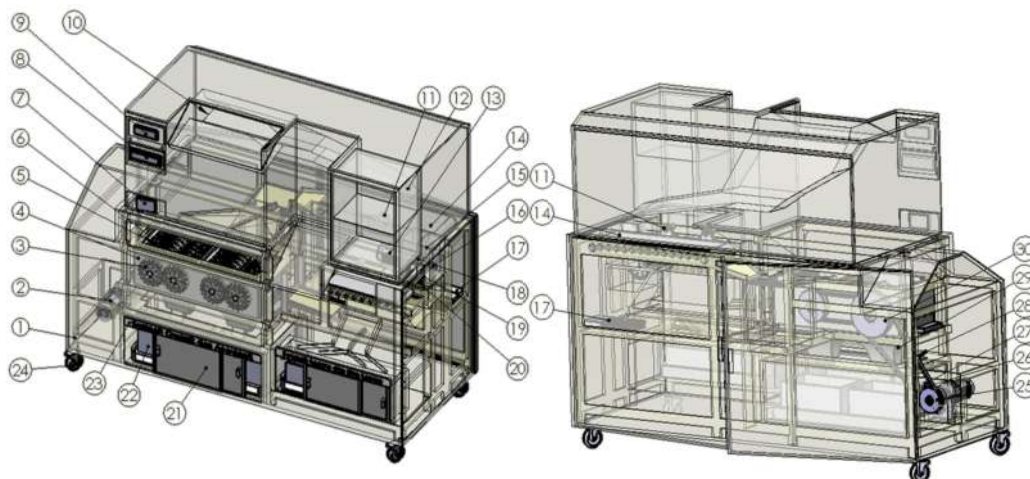
No.	Variabel	Pemilihan Komponen Mesin	
		1	2
1	Penggerak	 Motor Bensin	 Motor Listrik
2	Penerus daya	 Transmisi Sabuk-Puli	 Transmisi Rantai
3	Jenis sensor	 Ultrasonik	 Proximity
4	Program	 Mikrokontroler Arduino Uno	 Mikrokontroler ATmega

Berdasarkan Tabel 1. *Matriks Morfologi* alat/mesin yang dipilih adalah:

- 1) Sistem penggerak yang terpilih adalah motor listrik
- 2) Sistem transmisi sabuk dan puli
- 3) Kedua sensor digunakan
- 4) Pengendali menggunakan komponen mikrokontroler Arduino

Desain Detail Perancangan

Pembuatan sketsa model mesin *recycling* sampah otomatis ini didasari pada beberapa perhitungan komponen mekanis serta pertimbangan fungsi dari masing - masing kegunaan sensor pendukung, setelah hasil perhitungan dianalisa dan beberapa komponen mekanika dan elektronika ditentukan, kemudian hasil rancangan dituangkan kedalam *software* solidwork 2012.



Gambar 2 Desain *Detail* Mesin *Recycling* Sampah *Otomatis*

Keterangan Gambar:

- | | | |
|--------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1. Rangka | 11. Sensor Proximity | 21. Pintu |
| 2. Motor Listrik | 12. Hopper Output Akhir | 22. Box Hasil Pencacahan |
| 3. Roda Gigi lurus | 13. Motor Inventer | 23. Keterangan Ruangan |
| 4. Rumah Pencacah | 14. Konveyor | 24. Roda |
| 5. Pisau Pemetong | 15. Worm Wheel | 25. Puli Kecil |
| 6. Pemisah Pisau | 16. Worm Gear | 26. Sensor Ultrasonik |
| 7. Push Button | 17. Catu Daya Elektronika | 27. Buzzer |

8. LCD	18. Gear Sproket Kecil	28. Belt
9. Jam Digital	19. Rantai	29. Hopper Output Awal
10. Hopper Input	20. Gear Sproket Besar	30. Puli Besar

Perencanaan Komponen Mekanika^{[12][13]}.

1) Menghitung Gaya pada Pisau Pencacah

Suatu gaya akan timbul akibat adanya interaksi antara benda bermassa yang mengalami perubahan bentuk, arah ataupun gerak pada konstruksi mesin. Pada mesin pencacah sampah yang akan direncanakan ini terdapat dua ruangan untuk proses pencacahan limbah, antara lain meliputi limbah sampah organik dan anorganik, sampah yang telah dipilah oleh sensor akan dicincang menjadi butiran kecil sebelum melewati proses pencucian untuk mempermudah proses daur ulang. Diasumsikan: $m = 6$ (kg) dan $g = 9,81$ (m/s²), perhitungan menggunakan persamaan dibawah ini^[14].

$$F = m \times g \tag{1}$$

a) Gaya Pisau yang digunakan sebanyak 30 pisau.

$$F_{\text{pencacah}} = F \times Z \tag{2}$$

b) Torsi pada poros pencacah dengan beban 180 (kg)^[15].

$$T = F \left(\frac{D_{\text{puli}}}{2} \right) \tag{3}$$

Torsi yang diperlukan pisau untuk dapat mencacah berbagai jenis limbah sebesar 63,6 (Nm).

2) Menghitung Torsi pada Poros (T₁)

a) Volume Poros (V_p)

$$V_p = \pi r^2 \times t \tag{4}$$

b) Gaya Berat pada Poros^[16].

$$m_p = \rho \times v \tag{5}$$

c) Momen Inersia pada Poros^[17].

$$I_p = \frac{1}{2} \times m_p \times r^2 \tag{6}$$

d) Torsi tanpa beban^[18].

$$\alpha = \frac{\omega}{t} \tag{7}$$

d) Torsi motor penggerak^[14].

$$T = I_p \times \alpha \tag{8}$$

e) Daya pada poros^[14].

$$P_1 = T_1 \times \omega_1 \tag{9}$$

3) Mencari Torsi Kedua (T₂)

a) Percepatan sudut pada poros, perhitungan menggunakan persamaan (7)

b) Torsi pada 4 poros yang digunakan untuk menggerakkan pisau pemotong :

$$T_2 = 4 \times I_p \times \alpha_2 \tag{10}$$

c) Daya pada poros, perhitungan menggunakan persamaan (9)

4) Mencari Torsi Ketiga (T_3)

Torsi ketiga terdapat pada puli keempat yang dihubungkan melalui V-belt pada puli kedua, dimana ukuran diameter puli sama, maka hasil perhitungan disamakan dengan rumus mencari torsi pada poros kedua : $T_4 = T_2$ dan Daya Poros $P_4 = P_3$ Torsi dan daya dihitung terlebih dahulu untuk mendapatkan besar tenaga yang diperlukan pada poros penggerak pisau pencacah.

5) Menghitung Daya Komponen Penghubung Pisau Pencacah

Pada mesin terdapat 4 buah roda gigi lurus untuk menghubungkan antara poros pencacah satu dengan lainnya melalui putaran puli yang dihasilkan dari motor penggerak.

a) Gaya berat pada roda gigi lurus

$$m_r = \rho \times v \quad (11)$$

Masa keseluruhan pada roda gigi lurus

$$m_{total} = m_r \times Z \quad (12)$$

b) Momen inersia, dapat dihitung menggunakan persamaan 6.

c) Torsi roda gigi lurus, dapat dihitung menggunakan persamaan 8.

d) Daya roda gigi lurus, dapat dihitung menggunakan persamaan 9.

Pada mesin terdapat 4 buah puli untuk dapat menggerakkan komponen mekanis pisau pencacah sampah ini, berat jenis benda kerja sampai dengan daya yang diperlukan dihitung dengan cara mengasumsikan keseluruhan dimensi puli memiliki ukuran yang sama.

e) Gaya berat pada Puli, dihitung menggunakan persamaan 5.

f) Masa keseluruhan pada puli penghubung, dihitung menggunakan persamaan 12.

g) Momen inersia pada puli, dihitung menggunakan persamaan 6.

h) Torsi keseluruhan pada puli, dihitung menggunakan persamaan 8.

i) Daya keseluruhan pada puli, dihitung menggunakan persamaan 9.

Setelah dicari torsi untuk penggerak mekanis, maka daya motor yang dibutuhkan diketahui dengan cara menjumlahkan daya keseluruhan, sehingga spesifikasi untuk motor penggerak dapat ditentukan. $P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$ dan Daya yang dibutuhkan oleh keseluruhan komponen penggerak mekanis sebesar 0,32 Hp. Untuk lebih aman pemakaian daya pada motor penggerak menggunakan $P = 1 \text{ Hp} = 0,746 \text{ kW}$ dan $F_c = 1,2$.

6) Daya Rencana^[12].

$$P_d = f_c \times P = 0,8952 \text{ (kW)} \quad (13)$$

7) Momen Rencana Motor Penggerak dan poros pisau pencacah^[12].

$$T_1 = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{\eta_1} \quad (14)$$

8) Putaran Motor direncanakan $\pm 70 \text{ rpm}$, untuk mendapatkan putaran sesuai dengan yang direncanakan dari kecepatan awal 1400 rpm, mesin recycling sampah ini menggunakan *gear speed reducer* dengan perbandingan 1:40, maka putaran motor adalah = 35 rpm.

9) Pemilihan Penampang Sabuk – V menyesuaikan antara daya rencana, yaitu sebesar 1 Hp dan putaran poros penggerak yaitu sebesar 35 rpm, maka didapatkan penampang sabuk - V dengan tipe A.

10) Diameter Lingkaran Jarak Bagi pada Puli dengan Sabuk - V tipe A, diameter puli dianjurkan menggunakan ukuran 3 inchi, sedangkan pada perhitungan untuk menentukan ukuran dimensi puli besar didapatkan perbandingan 1:2, maka diameter untuk puli besar ukurannya 6 inchi.

11) Kecepatan Linier Sabuk - V ^[12].

$$v = \frac{d_{puli} \times n_{puli}}{60000} \quad (15)$$

12) Panjang Keliling Sabuk – V tipe A35 = 35,9 inch = 911,86 mm.

13) Jarak Sumbu Poros dan Panjang Poros^[12].

$$b = 2.L - \pi (D_p + d_p) \quad (16)$$

Maka jarak untuk sumbu poros adalah :

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_p - d_p)^2}}{8} \quad (17)$$

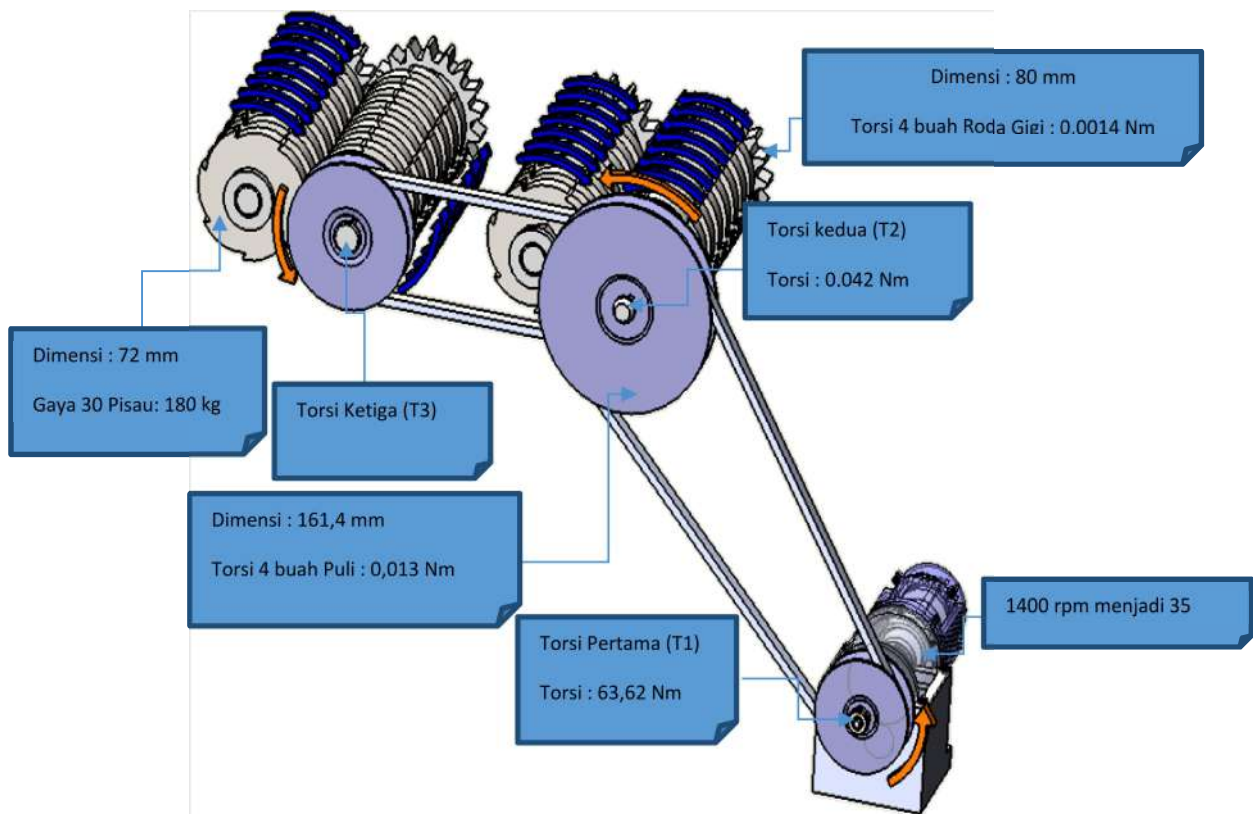
14) Menentukan Panjang Sabuk^[12].

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4C} (D_p - d_p)^2 \quad (18)$$

Tabel 2. Hasil perhitungan komponen mekanik mesin

NO	DESKRIPSI	Simbol	Nilai	Satuan	
1	a	Gaya pada Pisau Pencacah	F	58.86	N
	b	Gaya Pisau yang digunakan sebanyak 30 pisau	F _{pencacah}	1765.8	N
		Gaya Pisau yang digunakan sebanyak 30 pisau	F _{pencacah}	180	kg
		Torsi pada poros pencacah dengan beban 180 (kg).	T	63.6	Nm
2	a	Volume Poros	V _p	3.73 x 10 ⁻⁴	m ³
	b	Gaya Berat pada Poros	m _p	2.93	kg
	c	Momen Inersia pada Poros	I _p	0.021	kgm ²
	d	Torsi tanpa beban	α	3.7	rad/s
		t = diasumsika 35 rpm, memerlukan waktu 5 detik	α	0.74	rad/s
	e	Torsi motor penggerak	T	0.02	Nm
		Torsi keseluruhan	T	63.62	Nm
	f	Daya pada poros	P ₁	235.394	watt
3		Torsi Kedua (T ₂)			
	a	t = diasumsikan 35 rpm, memerlukan waktu 15 t :	α ₂	0.49	rad/s
	b	Torsi pada 4 poros	T ₂	0.042	Nm
	c	Daya pada poros	P ₂	0.31	watt
4		Torsi Ketiga (T ₄ =T ₃)	T ₃	0.02	Nm
		Daya Poros 4 (P ₄)	P ₄	0.31	Nm
5		Daya Komponen Penghubung Pisau Pencacah			
	a	Gaya berat pada roda gigi lurus	m _r	0.71	kg
		Masa keseluruhan pada roda gigi lurus	m _{total}	2.9	kg
	b	Momen inersia	I _r	0.00232	kgm ²
	c	Torsi keseluruhan roda gigi lurus	T ₄	0.0014	Nm
	d	Daya Keseluruhan roda gigi lurus	P ₄	0.00833	watt
	Gaya berat pada Puli	m _{pb}	0.2	kg	

	f	Masa keseluruhan pada puli penghubung	m_{total}	0.8	kg
	g	Momen inersia pada puli	I_p	0.026	kgm^2
	h	Torsi keseluruhan pada puli	T_5	0.013	Nm
	i	Daya keseluruhan pada puli	P_5	0.09	watt
6		Daya Keseluruhan ($P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$)	P	0.32	Hp
		Daya Rencana	P_d	0.8952	kW
7		Momen Rencana Motor dan poros pisau	T_1	622.8	kg.mm
		Momen pada Poros Pisau	T_2	12456.1	kg.mm
8		Putaran Motor		35	rpm
9		Penampang Sabuk V = Type A			
10		Diameter puli besar		6	inchi
11		Kecepatan Linier Sabuk V	v	0.0889	m/s
12		Panjang Keliling Sabuk - V		911.86	mm
13		Jarak Sumbu Poros dan Panjang Poros	b	1105.92	mm
		Jarak Sumbu Poros dan Panjang Poros	C	273.83 ~ 275	mm
14		Menentukan Panjang Sabuk	L	914.2	mm

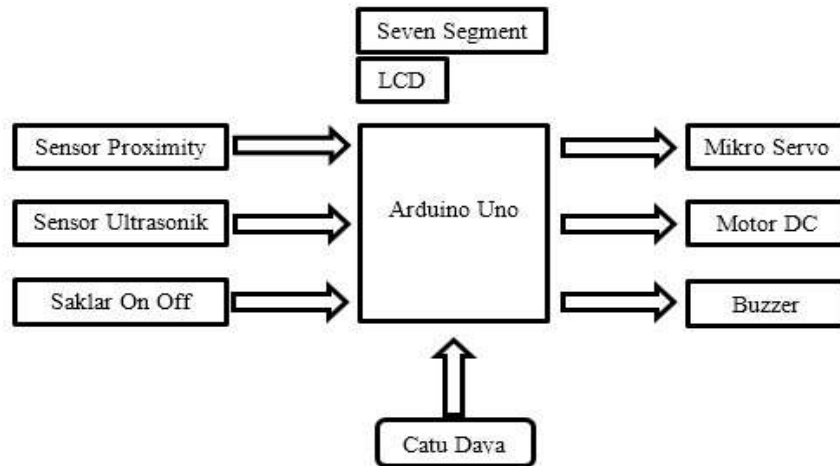


Gambar 3 Diagram Benda Bebas Komponen Penggerak Pisau Pencacah

Berdasarkan hasil dari perhitungan keseluruhan komponen mekanis, untuk menggerakkan pisau pencacah memerlukan daya motor penggerak mula sebesar 0,32 hp, penentuan daya pada motor listrik dipilih 1 hp supaya lebih aman dioperasikan untuk mengantisipasi apabila ada limbah keras yang susah dihancurkan, perbandingan reduksi antar puli sebesar 2:1 dengan tambahan *gear speed reducer* 1 : 40 bertujuan agar putaran akhir pada pisau pencacah lambat sehingga hasil potongan limbah merata. Sedangkan ukuran panjang sabuk – v dipilih menggunakan ukuran standar yang ada dipasaran 911,86 mm, termasuk kedalam sabuk V type A35.

Perancangan Komponen Elektronika^{[9][19]}

Mesin yang akan direncanakan tidak hanya berfungsi untuk menghancurkan sampah, tetapi dilengkapi dengan beberapa sensor pendukung dan pengendalinya, bertujuan untuk dapat mendeteksi bermacam-macam objek berupa sampah organik dan anorganik maupun logam dan non logam, sehingga sampah dapat diseleksi terlebih dahulu sebelum melewati proses penghancuran menjadi butiran kecil, blok diagram dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Blok Diagram Elektronika

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Mesin *Recycling* Sampah Otomatis

Hasil perancangan yaitu Mesin *Recycling* Sampah Otomatis yang berfungsi sebagai penghancur sampah organik dan anorganik dengan pengendalian menggunakan mikrokontroler arduino, sensor akan mengirim sinyal masukan pada mikrokontroler untuk diproses berdasarkan kode program yang telah dibuat, lalu setelah diproses, arus listrik akan mengalir pada mikro servo untuk memilah sampah organik dan anorganik.

b. Analisa Perhitungan

Dari hasil perhitungan dapat pada tabel 2 dan gambar 3. Dapat dilihat bahwa secara keseluruhan gaya, torsi, berat dan lainnya untuk komponen mesin *recycling* sampah otomatis ini dihitung secara detail sehingga mesin aman untuk dioperasikan dan dapat memenuhi harapan.

c. Cara Kerja Mesin Keseluruhan

Untuk menjalankan mesin seluruh harus menekan tombol ON-OFF sehingga motor listrik serta konveyor 1 dan 2 bergerak, ketika objek masuk melalui hoper akan berjalan melewati konveyor pertama, pada konveyor dipasangkan sensor proximity kapasitif dan induktif yang bertujuan untuk dapat menyeleksi benda anorganik dan logam lalu mengirimkan sinyal pada mikro servo untuk dapat menyeleksi benda kedalam ruangan pencacah, sampah yang masuk ke ruangan pencacah akan dihancurkan menjadi butiran kecil lalu dikeluarkan ke ruangan penyimpanan melalui saringan supaya jenis sampah yang telah diproses ukurannya menjadi seragam, ketika kapasitas penyimpanan melewati batas maksimal, sensor ultrasonik akan mengirimkan sinyal melalui buzzer untuk dikonversikan menjadi suara lalu menampilkannya pada layar LCD. Sampah anorganik yang telah diproses, dimasukkan kedalam *hopper* kedua untuk dipisahkan antara sampah logam dan non logam, sampah yang terseleksi oleh sensor *proximity* induktif pada konveyor kedua akan dipilah oleh sebuah mikro servo untuk dimasukkan kedalam ruangan penyimpanan, ketika kapasitas penyimpanan sudah melewati batas maksimal, sensor ultrasonik akan mengirimkan sinyal melalui *buzzer* untuk dikonversikan menjadi suara lalu menampilkannya pada layar LCD.

d. Spesifikasi Mesin *Recycling* Sampah Otomatis

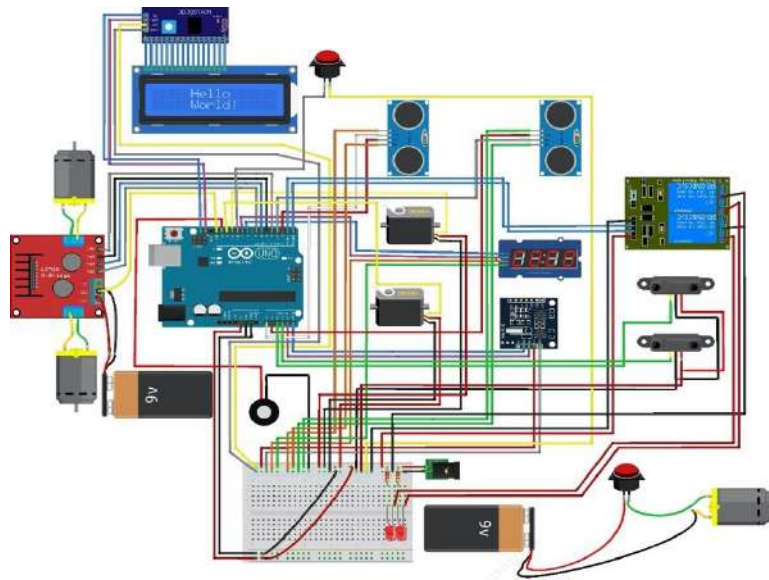
Berdasarkan dari perhitungan yang telah dilakukan, didapat spesifikasi mesin yang dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3 Spesifikasi Mesin *Recycling* Sampah Otomatis.

Nama Alat	Mesin Recycling Sampah Otomatis
Penggerak (Motor Listrik)	1. Penggerak pemotong : Hp Kecepatan 1400 rpm dengan <i>gear speed reducer</i> 1:40. 2. Penggerak Konveyor : 1 Hp dengan inverter.
Dimensi alat : Panjang	1272 mm
Lebar	513 mm
Tinggi	960 mm
Diameter Puli penggerak	85,2 mm
Diameter Puli yang digerakan	161,4 mm
Diameter Poros penggerak	19 mm
Diameter Poros yang digerakan	24 mm
Diameter Pisau pemotong	72 mm
Diameter Roda Gigi penghubung	80 mm
Diameter Pitch Sproket Kecil	81,28 mm
Diameter Pitch Sproket Besar	162,56 mm
Panjang Rantai	863,6 mm
Panjang Belt Konveyor 1	317,49 mm
Panjang Belt Konveyor 2	198,85 mm

Skematik Diagram

Skematik diagram pada gambar 5 didesain menggunakan *software* fridzing berdasarkan rangkaian *wiring* gabungan sensor aktual, masing - masing sensor disambungkan melalui kabel jumper yang terhubung pada mikrokontroler arduino dengan dibekali kode program yang dibuat pada *software* IDE Arduino untuk menjalankan keseluruhan fungsi rangkaian tersebut.



Gambar 5 Skema Rangkaian Elektronika Mesin *Recycling* Sampah Otomatis

e. Pembuatan Prototype Mesin



Gambar 6 Hasil Rancangan *Prototype* Mesin *Recycling* Sampah Otomatis

KESIMPULAN

Dari metodologi, hasil dan pembahasan diperoleh kesimpulan bahwa mesin *recycling* sampah otomatis yang dirancang aman untuk dioperasikan. Mesin ini mempunyai kelebihan bahwa pencacahan dan pemisahan sampah dapat dikerjakan dalam satu mesin, desain ini memudahkan dalam pengerjaan pengolahan sampah. Mesin dibuat mudah untuk dipindahkan (*portable*) karena dilengkapi 4 buah roda dibawah rangka mesin. Sistem pengendali menggunakan sensor sehingga pengerjaan pemisahan dapat secara otomatis dilakukan, secara keseluruhan mesin ini lebih baik dari mesin yang ada sebelumnya karena pencacahan sampah dan pemilahan sampah terintegrasi dalam satu mesin, sistem pengendalian otomatis menggunakan mikrokontroler dan pembuatan *prototype* untuk mempermudah pemahaman proses pengolahan sampah dan pembuatan mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Azwar, *Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Mutiara, 1979.
- [2] Kardono, "Integrated Solid Waste Management in Indonesia," *Proc. Int. Symp. OnEcoTopia Sci.*, pp. 629–633, 2007.
- [3] A. Prengky, "Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Cerdas Otomatis," *Politeknik Negeri Balik Papan*, vol. 9, no. 1, pp. 1–3, 2017.
- [4] M. Yunus, "Rancang Bangun Prototipe Tempat Sampah Pintar Pemilah Sampah Organik Dan Anorganik Menggunakan Arduino," *Procedding STIMA*, vol. 1, no. 1, pp. 340–343, 2018.
- [5] I. Nur, Nofriadi, and Rusmardi, "Pengembangan Mesin Pencacah Sampah / Limbah Plastik," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, no. November, pp. 1–8, 2014.
- [6] H. Santoso, "Monster Arduino II." Elang Sakti, Malang, 2017.
- [7] H. Santoso, *Panduan Praktis Arduino untuk Pemula*. Elang Sakti, 2015.
- [8] J. Sinaga, *Trik Ajaib Membuat Desain Komponen Mekanis 2D & 3D Menggunakan Solidworks*. Yogyakarta: Andi, 2016.
- [9] Elektronika-dasar.web.id, "Jenis - Jenis Motor Listrik," 2019. .
- [10] Triqueni, "Desain Kontrol Sistem," 2019. .
- [11] Sugiarto and T. Sato, *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. PT. Pradnya Paramita, 2008.
- [12] Sularso and Kiyokatsuga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. PT.Pradnya Paramita, 2008.
- [13] G. Harahap, *Perencanaan Teknik Mesin*. Jakarta: Erlangga, 1994.
- [14] Khurmi, *Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House, 2005.
- [15] H. Sonawan, *Perancangan Elemen Mesin*. Bandung: Alfabet, 2014.
- [16] Darmawan, *Teori dan Soal Fisika*. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [17] L. Prasetio, *Mekanika Teknik Dinamika*. Jakarta: KDT, 1999.
- [18] R. Y. Hutahean, *Mekanisme dan Dinamika Mesin*. Yogyakarta: Andi, 2006.
- [19] D. Kho, "Pengertian Proximity Sensor (Sensor Jarak) dan Jenis-jenis Proximity Sensor," 2019.

PERANCANGAN ALAT UJI KEAUSAN *PIN ON DISC* SKALA LABORATORIUM

Raka Triasmoro^{*****}, Dr. Ir. Dwi Rahmalina, MT.¹, dan Dr. Agri Suwandi, ST., MT.¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK. Alat uji keausan *pin on disc* merupakan salah satu alat uji *tribotester* untuk memprediksi keausan dan gesekan yang terjadi. Bagiannya terdiri dari pin dan *disc*, pin memiliki ukuran dan bentuk yang berbeda umumnya berbentuk silinder batang dengan bola dibagian bawahnya. Sedangkan *disc* berbentuk plat mempunyai tebal tertentu dan diameter seperti piringan. Penggunaan alat uji keausan *Pin On Disc* umumnya digunakan untuk menguji keausan ataupun gesekan pada material tertentu. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode perancangan Pahl & Beitz. Hasil perhitungan perancangan nilai varian 1 adalah 3,90, varian 2 adalah 3,76 dan varian 3 adalah 3,66. Maka varian 1 dipilih menjadi konsep terpilih. Data dari hasil pengujian secara simulasi analisis statik, maka didapatkan hasil nilai tegangan luluh dari material ASTM A36 sebesar $2,500 \times 10^8$ N/m², dengan dilakukan pembebanan dengan gaya yang diberikan sebesar 200 N maka didapat nilai *von mises stress* minimal sebesar $6,846 \times 10^{-1}$ N/m² dan nilai *von mises stress* maksimal sebesar $1,708 \times 10^6$ N/m². Dengan nilai maksimal *von mises stress* yang telah didapatkan lebih kecil dari nilai tegangan luluh material ASTM A36, maka kontruksi rangka dinyatakan aman.

Kata Kunci : *pin on disc*, *pahl & beitz*, keausan.

PENDAHULUAN

Dalam ilmu tribologi keausan bisa terjadi ketika dua buah benda yang saling menekan dan saling bergesekan. Keausan yang lebih besar terjadi pada material-material yang lebih lunak. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi keausan itu sendiri adalah kecepatan, tekanan, kekesaran permukaan dan kekerasan material. Semakin besar kecepatan relatif benda yang bergesekan, maka keausan yang terjadi semakin tinggi. Begitu pula semakin besar tekanan yang terjadi pada permukaan kontak benda, material pun akan mengalami keausan yang cepat dan begitu juga sebaliknya. Keausan diartikan sebagai lepasnya atom dari permukaan material dan pengurangan ukuran sebagai akibat dari aksi mekanik yang terjadi pada dua buah benda. Agar dapat mengetahui secara cepat kondisi dari keausan tersebut diperlukan sebuah alat uji *tribotester* [1]. *Pin on disc* adalah salah satu dari alat uji *tribotester* yang nantinya akan digunakan sebagai alat uji pada sebuah material untuk mengetahui prediksi keausan dan gesekan yang terjadi. Alat uji *pin on disc* sendiri terdiri dari pin yang berbentuk silinder kemudian dibagian bawahnya ada rongga untuk menempatkan sebuah bola yang terbuat dari material tertentu sesuai kebutuhan pengujian dan *disc* sebagai spesimen uji merupakan sebuah piringan yang terbuat dari material tertentu. Pada proses pengujian menggunakan alat uji *pin on disc* pin ditekan pada *disc* dengan beban tertentu dan *disc* berputar dengan kecepatan tertentu juga sesuai kebutuhan pengujian [2]. Pengujian keausan menggunakan alat uji *pin on disc* dibutuhkan untuk pengaplikasian komponen *disc brake* pada kendaraan.

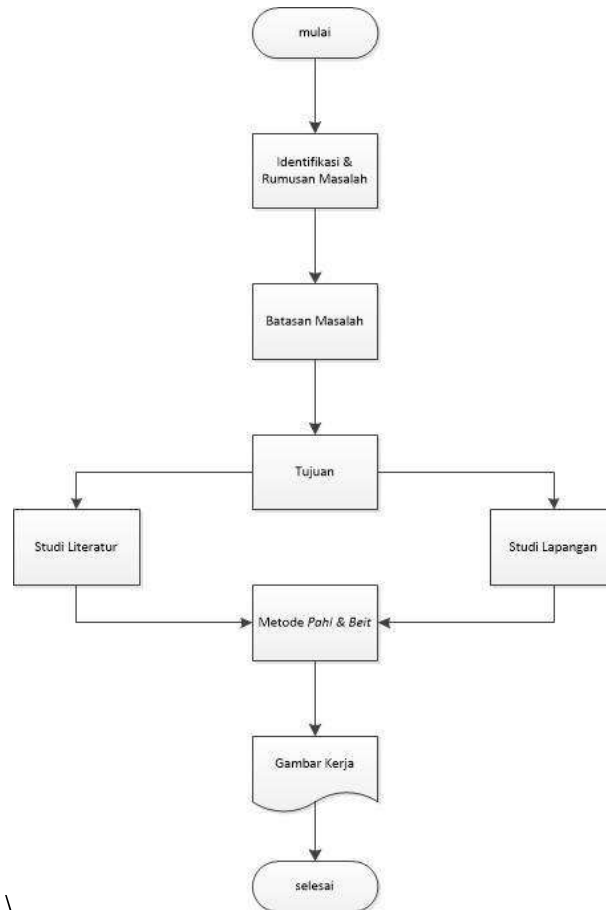
Berdasarkan penelitian dari Armanto [3] dengan judul Perancangan mesin uji tribologi *pin on disc*, kecepatan putaran motor yang digunakan 5 rpm sampai dengan 30 rpm, dengan jarak *rolling disc* (material uji) \varnothing 95 mm dan pembebanan yang digunakan antar 0,05 N sampai dengan 5 N dan temperature 25°C sampai dengan 85°C dan bola baja pada pin \varnothing 6 mm sampai dengan \varnothing 10 mm. Sedangkan menurut penelitian dari Darmanto [2] dengan judul Analisis keausan alumunium menggunakan *tribotester pin on disc* dengan variasi kondisi pelumas yaitu dengan menggunakan *pin* batang dengan berat 3,98 g dan tekanan pada pin 24,81 kg/mm², dan pengujian tanpa menggunakan pelumas dan menggunakan pelumas SAE 40 dan SAE 140. Dari penelitian dari Armanto ada beberapa kekurangan seperti kecepatan maksimal dari putaran motor hanya mencapai 30 rpm, pembebanan maksimal hanya mencapai 5 N, diameter maksimal *disc* hanya mencapai \varnothing 95 mm dan titik pembebanan tidak dapat diubah-ubah.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rancangan alat uji keausan *pin on disc* skala laboratorium dan mendapatkan spesifikasi komponen utama untuk alat uji keausan *pin on disc* skala laboratorium. Dengan

kecepatan putaran motor yang digunakan 5 rpm sampai dengan 2000 rpm, diameter *disc* 185 mm dan pembebanan yang digunakan antar 1 N sampai dengan 200 N dan bola baja pada pin Ø 6 mm sampai dengan Ø 10 mm. Kemudian titik pembebanan pada *disc* dapat diubah – ubah dan terdapat *cover* pelindung dari percikan kondisi lingkungan. Penelitian ini merujuk pada ASTM G99.

METODE PENELITIAN

Suatu proses perancangan tentunya diperlukan suatu alir atau urutan dari setiap pengerjaan yang dilakukan dengan metode perancangan yang digunakan adalah Pahl & Beitz. Berikut ini diagram alir penelitian yang dilakukan seperti gambar 1



Gambar 1 Diagram alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan pada penelitian ini mengenai proses perancangan dengan metode Pahl & Beitz dan perhitungan komponen utama alat uji keausan *pin on disc* skala laboratorium.

a. Proses Perancangan

1) Identifikasi Kebutuhan

Pada tahapan identifikasi kebutuhan, perancang mengumpulkan informasi mengenai alat rancangan untuk menentukan *Demand and Wishes* dari alat yang akan dirancang. Dengan melakukan observasi alat yang sudah ada untuk mendapatkan hasil rancangan yang lebih baik dari rancangan sebelumnya.

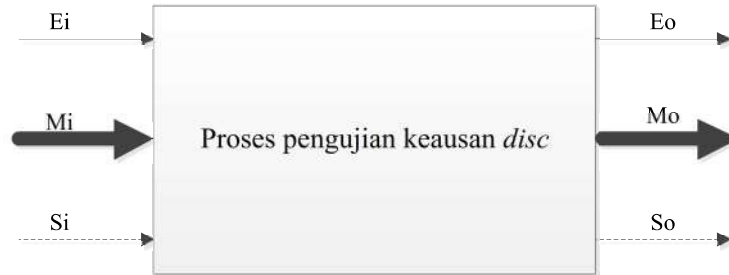
Tabel 1 *Demand and Wishes*

No.	D/W	Uraian
1	D	Rangka alat uji kokoh dan kuat
2	D	Alat uji <i>Pin On Disc</i> mudah dalam perawatan
3	D	Nilai pembebanan <i>pin</i> dapat diatur dan kecepatan putar <i>disc</i> juga dapat diatur
4	D	Kondisi lingkungan berupa air dan oli

5	<i>W</i>	Titik pembebanan dapat diubah-ubah
6	<i>W</i>	Alat uji <i>Pin On Disc</i> mudah saat digunakan
7	<i>W</i>	Lcd untuk mengetahui nilai pembebanan
8	<i>D</i>	Cover pelindung dari percikan hasil kondisi lingkungan

2) Fungsi Keseluruhan

Setelah mendapatkan persyaratan dari *demand and wishes*, selanjutnya membuat blok fungsi yang menunjukkan hubungan antara *input* dan *output* yang berupa aliran energi, material dan sinyal.

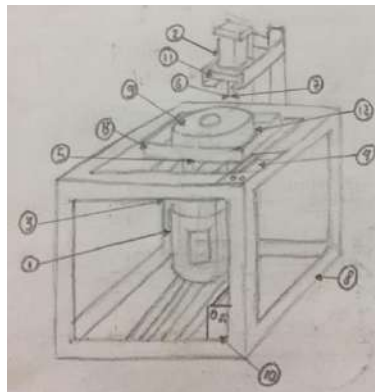


Gambar 2 Blok fungsi

Pada alat uji keausan *pin on disc* energi masuk (E_i) adalah energi listrik dan energi keluar (E_o) adalah energi mekanik. Untuk material yang masuk (M_i) adalah *disc* dan material keluarnya (M_o) adalah *disc* sudah teruji. Sedangkan untuk sinyal masuk (S_i) adalah tombol ON dan sinyal keluar (S_o) adalah tombol OFF.

3) Prinsip Solusi

Prinsip solusi menjelaskan untuk memenuhi sub fungsi dengan cara memilih dari varian yang perancang buat. Dengan cara membuat *morfologi chart* kemudian mengkombinasikan dari komponen yang akan digunakan agar menghasilkan 3 varian yang dimana satu diantaranya akan menjadi pilihan terbaik. Berikut ini varian-varian yang didapat dari *morfologi chart*.

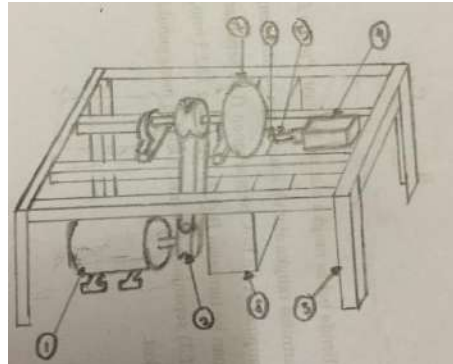


Gambar 3 Varian 1

Keterangan :

1. Motor AC
2. Silinder pneumatik
3. Kopling
4. Rangkaian pneumatic dan sensor
5. Rumah bearing
6. Indentor
7. Bola baja
8. Rangka alat uji
9. Cekam
10. Inverter
11. *Mounthing air cylinder*

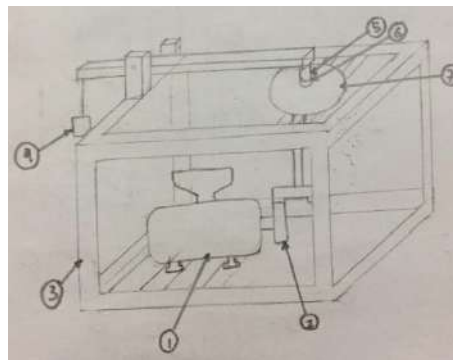
12. Dudukan cekam
13. Wadah



Gambar 4 varian 2

Keterangan :

1. Motor DC
2. Pulley
3. Rangka
4. Silinder pneumatik
5. Indentor
6. Bola baja
7. Cekam
8. Wadah



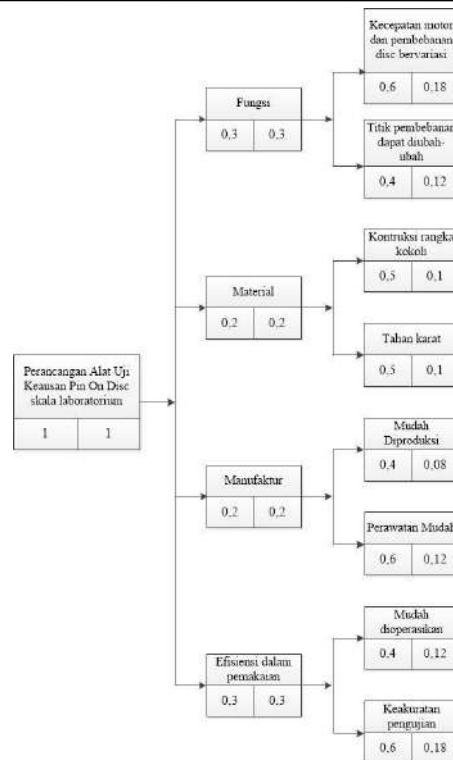
Gambar 5 varian 3

Keterangan :

1. Motor bensin
2. Gear
3. Rangka
4. Anak timbangan
5. Indentor
6. Bola baja
7. Cekam

4. Pohon Keputusan

Setelah mendapatkan 3 varian dari hasil kombinasi, selanjutnya membandingkan sebuah solusi dengan solusi yang dianggap ideal. Untuk menentukan varian terpilih maka sebelumnya dibuat dahulu pohon keputusan seperti gambar 6



Gambar 6 Pohon keputusan

5. Pembobotan

Setelah menentukan pohon keputusan kemudian membuat kriteria evaluasi pembobotan dari ketiga varian tersebut dan varian yang mendapat nilai tertinggi maka varian tersebut akan terpilih.

Table 2 Kriteria Evaluasi Pembobotan

No	Kriteria Evaluasi	Bobot	Varian 1		Varian 2		Varian 3	
			Nilai	Bobot Nilai	Nilai	Bobot Nilai	Nilai	Bobot Nilai
1	Kecepatan putaran motor dan pembebanan disc bervariasi	0,18	4	0,72	4	0,72	4	0,72
2	Titik pembebanan dapat diubah-ubah	0,12	4	0,48	3	0,36	3	0,36
3	Kontruksi kokoh	0,1	4	0,4	4	0,4	3	0,3
4	Tahan karat	0,1	3	0,3	3	0,3	4	0,4
5	Mudah diproduksi	0,08	4	0,32	4	0,32	4	0,32
6	Perawatan mudah	0,12	4	0,48	4	0,48	3	0,36
7	Mudah dioperasikan	0,12	4	0,48	4	0,48	4	0,36
8	Keakuratan pengujian	0,18	4	0,72	4	0,72	3	0,54
Total Bobot Nilai			3,90		3,78		3,66	

Berdasarkan hasil dari tabel 2 kriteria evaluasi pembobotan maka terpilih varian 1 sebagai varian terpilih dengan total nilai 3,90.

b. Perhitungan Komponen

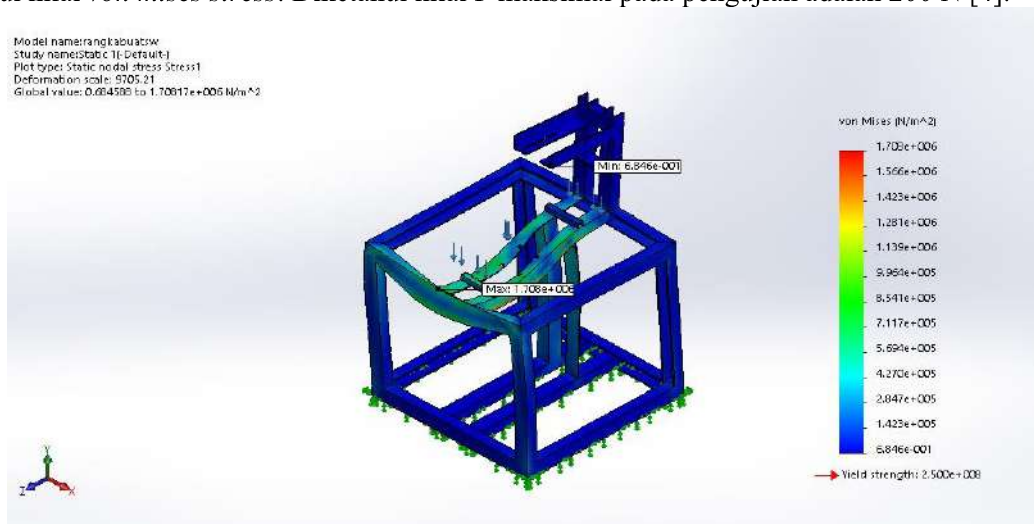
Adapun perhitungan komponen utama dari alat uji keausan *pin on disc* skala laboratorium dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan. Seperti pada tabel 3 hasil perhitungan komponen ;

Tabel 3 Hasil perhitungan komponen

No	Parameter	Rumus	Hasil
1	Diameter piston pneumatik	$D = \sqrt{A \times \frac{4}{\pi}}$	Ø29,1 mm
2	Torsi	$\tau = F \times r$	31,94 N.m
3	Daya Motor	$P = \frac{\tau \times n}{5252}$	0,6080 kW
4	Ampere motor	$I = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$	1,8134 Ampere
5	Slip pada motor	$\% slip = \frac{ns - n}{ns} \times 100\%$	5,8 %
6	Efisiensi daya motor	$\eta = \frac{P_{output}}{p} \times 100\%$	81,06%
7	Energi terpakai	$W = P \times t$	0,00016 kWh
8	Daya rencana poros	$P_d = fc \times P$	1,125 kW
9	Momen rencana poros	$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n1}$	7305 kg.mm
10	Tegangan geser poros	$\tau = \frac{5,1 \times T}{ds^3}$	2,2734 kg/mm ²
11	Tegangan geser yang diijinkan poros	$\tau\alpha = \frac{\sigma B}{Sf1 \times Sf2}$	9,74 kg/mm ²
12	Kesetimbangan kontruksi rangka	$R_a + R_b + R_c - F = 0$	0

c. Analisis Statik

Analisis statik dilakukan dengan menggunakan *software solidwork 2017*, analisis ini dilakukan untuk mengetahui nilai *von mises stress*. Diketahui nilai F maksimal pada pengujian adalah 200 N [4].



Gambar 7 Hasil analisis *von mises stress*

Dari gambar 7 didapatkan hasil dari analisis *von mises stress* bahwa *von mises stress* minimal berwarna biru dan nilainya sebesar $6,846 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$ kemudian *von mises stress* maksimal berwarna merah dan nilainya sebesar $1,708 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Nilai tegangan luluh dari material ASTM A36 adalah $2,500 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Dengan nilai maksimal *von mises stress* yang telah didapatkan lebih kecil dari nilai tegangan luluh material ASTM A36, maka kontruksi rangka dinyatakan aman.

KESIMPULAN

1. Dari tiga konsep varian maka terpilih satu varian yang dijadikan untuk alat uji keausan *pin on disc* skala laboratorium dengan masing–masing nilai yaitu varian 1 mendapatkan 3,90, varian 2 dengan nilai sebesar 3,78 dan varian 3 dengan nilai sebesar 3,66, maka varian 1 akan terpilih menjadi konsep terpilih.
2. Mendapatkan hasil perhitungan untuk menentukan motor listrik yang dibutuhkan sebesar 0,6081 Hp dikarenakan spesifikasi yang terdapat di pasaran yang mendekati hasil perhitungan adalah 1 Hp maka dipilih motor 1 Hp.
3. Dari material yang digunakan untuk melakukan analisis statik, didapatkan bahwa nilai tegangan luluh dari material ASTM A36 sebesar $2,500 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, dengan dilakukan pembebanan dengan gaya yang diberikan sebesar 200 N maka didapat nilai *von mises stress* minimal sebesar $6,846 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$ dan nilai *von mises stress* maksimal sebesar $1,708 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Dengan nilai maksimal *von mises stress* yang telah didapatkan lebih kecil dari nilai tegangan luluh material ASTM A36, maka konstruksi rangka dinyatakan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Isranuri, Suprianto, and W. Aditya, “ANALISA PENGARUH BEBAN TERHADAP LAJU KEAUSAN AL-Si ALLOY DENGAN METODE PIN ON DISK TEST,” *Dinamis*, vol. II, no. 10, pp. 32–39, 2012.
- [2] D. M. T. R. d. I. S., “Analisis Keausan Alumunium Menggunakan Tribotester Pin On Disc dengan Variasi Kondisi Pelumas,” vol. 10, no. 1, pp. 19–23, 2014.
- [3] E. Armanto, A. Bruhanudin, D. D. Krisnandi, D. Prabowo, Ismoyo, and Jamari, “Perancangan Mesin Uji Tribologi Pin On Disc,” p. 140, 2012.
- [4] ASTM Norma G 99, “Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus,” *Wear*, vol. 05, no. Reapproved 2010, pp. 1–5, 2011.

PERANCANGAN MESIN PEMOTONG DAN PENEPUNG TIPE DISK MILL UNTUK UBI KAYU

I Gede Eka Lesmana¹, Shania Chintya Candida²

¹ Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

² Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin D3, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK

Dalam rangka mengembangkan industri kecil menengah khususnya pada pembuatan tepung tapioka, maka Perancangan Mesin Pemotong dan Penepung Ubi Kayu ini dilatar belakangi berkembangnya industri kecil menengah atau industri perumahan. Oleh karena itu pemodifikasian atau pengembangan teknologi tepat guna yang difungsikan untuk meminimalisir waktu kerja sangatlah diperlukan. Pengembangan alat yang dimaksud adalah dengan menambahkan fungsi alat tersebut menjadi pemotong dan penepung dalam satu mesin. Hal ini diharapkan dapat menghemat waktu para pengelola industri kecil menengah selain itu agar kerja mesin lebih efisien. Kapasitas pada Mesin Pemotong dan Penepung Ubi Kayu adalah 112,5 kg/jam nya dalam menghasilkan tepung tapioka dari ubi kayu yang telah dikeringkan. Cara kerja mesin ini adalah pada tahap pertama ubi kayu dipotong melalui mesin pemotong, lalu ubi kayu yang telah dipotong dikeringkan. Dan pada tahap terakhir, ubi kayu yang sudah terpotong dan sudah kering siap untuk diproses menjadi tepung pada mesin penepung. Sebelum ada ide pengembangan suatu mesin ini, sebelumnya masyarakat masih menggunakan pisau tangan dan tumbukan untuk menepungkan ubi kayu agar menjadi tepung tapioka. Metode yang digunakan pada Perancangan Mesin Pemotong dan Penepung Ubi Kayu adalah Metode *Pahl and Beitz*. Hal ini dikarenakan pengembangan mesin yang sudah ada dipasaran lalu dikembangkan agar kerja mesin lebih praktis, nyaman dan efisien dibandingkan dengan mesin yang telah ada sebelumnya. Alasan pemilihan metode Perancangan *Pahl and Beitz* ini dikarenakan metode ini sesuai dengan perancangan yang ada pada laporan ini yakni *output* perancangan ini hanya sampai hasil perancangan saja bukan alat atau mesin sebenarnya atau bahkan *prototype* dari mesin yang telah dirancang.

Kata kunci : Tepung Tapioka, Mesin Penepung, Disk Mill, Ubi Kayu, Mesin Pemotong

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis, hal tersebut tentunya menguntungkan bagi masyarakat Indonesia khususnya dalam hal pertanian ubi kayu atau singkong [1]. Kekayaan alam Indonesia mampu menjadi sumber pangan untuk memenuhi gizi masyarakat Indonesia tentunya dengan pengolahan yang baik [2]. Indonesia juga merupakan salah satu negara penghasil ubi kayu yang cukup tinggi [3]. Ubi kayu merupakan umbi – umbian yang merupakan salah satu sumber pangan utama masyarakat Indonesia. Selain dimanfaatkan sebagai bahan pangan ubi kayu juga digunakan sebagai bahan baku industri, ubi kayu banyak dimanfaatkan oleh sebagian kalangan masyarakat untuk dijadikan sebagai tepung tapioka. Industri tersebut merupakan industri yang cukup berkembang di kalangan masyarakat pedesaan.

Masyarakat pengolah industri tepung tapioka ini khususnya pada pedesaan masih menggunakan cara manual yakni menggiling, memotong, menumbuk dan lain sebagainya dalam upaya menepungkan Ubi Kayu. Hal tersebut membuat para pengolah tidak nyaman dalam menekuni pekerjaannya, dikarenakan cara pengolahan tersebut tidak sesuai dengan prinsip – prinsip ergonomi. Menurut Bridger hal tersebut menyebabkan rasa ketidaknyamanan dan merasakan keluhan pada bagian leher, kedua bahu, kedua telapak tangan, punggung bagian atas, punggung bagian bawah, kedua tangan, pinggul, kaki bagian paha, kedua lutut, kedua betis, dan jari – jari [4].

Seiring berkembangnya zaman, banyak teknologi – teknologi yang bermunculan. Hingga masyarakat tidak perlu lagi memproduksi Tepung Tapioka dengan cara menumbuk. Bahkan masyarakat tidak perlu lagi memotong Ubi Kayu tersebut dengan pisau tangan. Pemotongan Ubi Kayu sebelum dikeringkan berfungsi mempercepat proses pengeringan dari Ubi Kayu tersebut agar waktu tunggu hingga Ubi Kayu kering tidak terlalu lama.

Pengerjaan Mesin Pemotong dan Penepung Ubi Kayu ini mengacu pada Jurnal Perancangan Alat Pembuat Tepung Cassava yang Ergonomis Menggunakan Pendekatan Antropometri oleh Agung Kristanto dan Eko Palmanto yang menyebutkan bahwa “Pengolahan secara manual sangat tidak ergonomis karena menimbulkan ketidaknyamanan pada bagian leher, kedua bahu, kedua telapak tangan, punggung bagian atas, punggung bagian bawah, kedua tangan, pinggul, kaki bagian paha, kedua lutut, kedua betis, dan jari – jari.”[4]

Atas dasar untuk membantu industri kecil khususnya pembuat Tepung. Tapioka agar memanfaatkan teknologi yang ada tentunya membuat pekerjaan yang sebelumnya membutuhkan banyak tenaga menjadi efisien dan efektif dalam membantu meringankan beban atau kendal ayang ada pada perindustrian ini.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini yakni:

1. Memahami cara kerja Mesin Pemotong dan Penepung Ubi Kayu.
2. Merancang komponen – komponen Mesin Pemotong dan Penepung Ubi Kayu.
3. Membuat perancangan *detail* Mesin Pemotong dan Penepung Ubi Kayu.

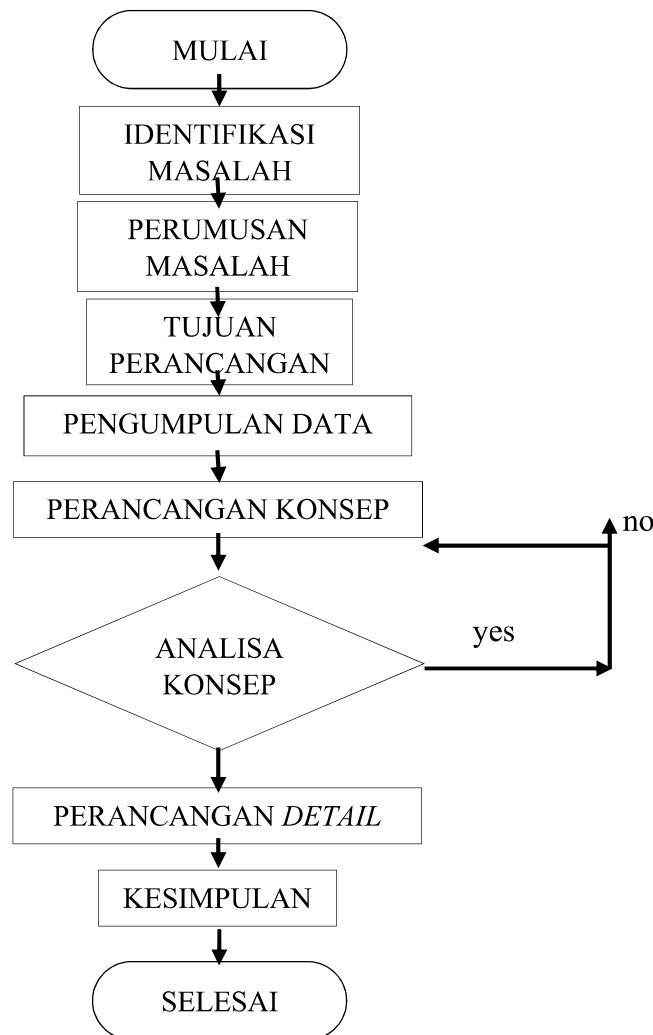
1.3 Cakupan Penelitian

Cakupan dari penelitian ini adalah :

1. Perancangan konsep menggunakan metode *Pahl and Beitz*.
2. *Design* gambar menggunakan *software Solid Works*.
3. Mesin Penepung berkapasitas 112,5 kg/jam.

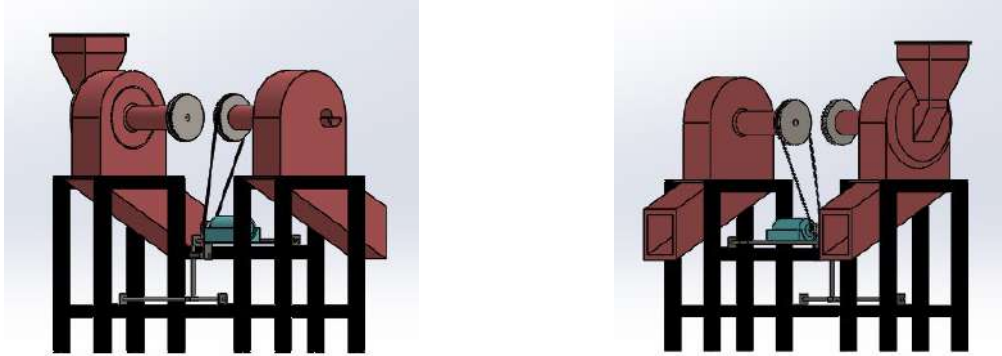
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu sebagai berikut :



Gambar 1 *flowchart*

Penelitian pada Perancangan Mesin Pemotong dan Penepung ini diawali dengan mengidentifikasi masalah yang ada dikalangan masyarakat, merumuskan masalah yang ada, membuat tujuan dari perancangan, pengumpulan data melalui berbagai metode, perancangan konsep, analisa konsep, perancangan detail dan akhir dari perancangan ini adalah kesimpulan.



(a)

(b)

Gambar 2 Gambaran mesin: (a) tampak sisi depan; (b) tampak sisi belakang.

1.1 Perhitungan Volume Mesin Pemotong 1

$$\begin{aligned} V \text{ Mesin} &= p \times l \times t \\ &= 300 \times 100 \times 350 \\ &= 10.500.000 \text{ mm}^3 = 10,5 \text{ l} \end{aligned}$$

2.2 Perhitungan Tools Pemotong 1

$$\begin{aligned} V \text{ poros pemotong} &= \pi r^2 t \\ &= 3,14 \times 15^2 \times 200 = 141300 \text{ mm}^3 \\ V \text{ pisau} &= p \times l \times t \\ &= 200 \times 70 \times 2 = 28000 \text{ mm}^3 \\ V \text{ total} &= 141.300 + 28.000 \\ &= 169.300 \text{ mm}^3 = 1,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ stainless steel} &= 7700 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Massa tools pemotong} &= \rho \text{ material} \times V \text{ total} \\ &= 7700 \text{ kg/m}^3 \times 1,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 1,31 \text{ kg} \end{aligned}$$

2.3 Penentuan Daya Motor Listrik 1

$$\begin{aligned} \text{Dik : Massa tools pemotong} &= 1,31 \text{ kg} \\ \text{Jari – jari putaran tools} &= 120 \text{ mm (toleransi 10 mm kanan dan kiri)} \\ \text{Daya motor terpasang (P)} &= 1 \text{ HP (746 watt)} \end{aligned}$$

Total massa 1 buah ubi kayu adalah sekitar 800 g = 0,8 kg

Jadi, beban kerja yang ditanggung oleh motor dalam bekerja =

$$= \text{Massa tools pemotong} + \text{massa 1 buah ubi kayu} = 1,31 + 0,8 = 2,11 \text{ kg}$$

- $T = F \times r$
 $= 2,11 \text{ kg} \times 120 \text{ mm} = 253 \text{ kg.mm}$
- Daya motor direncanakan 1 HP, dengan putaran 1440 RPM

$$\begin{aligned} P_{\text{motor}} &= \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60 \text{ det}} \times T_{\text{motor}} \\ 746 \text{ watt} &= 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1440}{60 \text{ det}} \cdot T_{\text{motor}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{\text{motor}} &= \frac{746 \text{ watt}}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1440}{60}} \\ &= \frac{746 \text{ watt}}{150,72 \frac{\text{put}}{\text{det}}} = 4,95 \text{ kg.m} = 4950 \text{ kg.mm} \end{aligned}$$

- Torsi yang dibutuhkan pada mesin pemotong = 2625 kg.mm
- Output Torsi motor yang dihasilkan = 4950 kg.mm
- Daya minimal yang dibutuhkan

$$P_{\min} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60 \text{ det}} \times T_{\text{motor}}$$

$$= 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{100 \text{ rpm}}{60 \text{ det}} \cdot 4,95 \text{ kg.m} = 49,7 \text{ watt}$$

$$P_{\min} = 0,66 \text{ HP}$$

Karena $0,66 \text{ HP} < 1 \text{ HP}$, maka motor listrik dengan daya 1 HP dapat dipakai.

2.4 Perhitungan Daya Rencana dan Torsi Motor Listrik 1

$$P_d = f_c \cdot P \quad \text{Keterangan : } P_d = \text{Daya rencana (kW)}$$

$$= 2 \cdot 0,746 \text{ kW} \quad f_c = \text{Faktor koreksi}$$

$$= 1,49 \text{ kW} \quad P = \text{Daya motor penggerak}$$

$f_c = 2$ dipilih berdasarkan tabel faktor koreksi daya rata-rata

$$T = \frac{P}{\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}}$$

Keterangan : $T = \text{Torsi}$

$$= \frac{746 \text{ watt}}{2 \cdot 3,14 \cdot 1440 / 60} \quad \pi = 3,14$$

$$= 4,94 \text{ kg.m} \quad n = \text{putaran (rpm)}$$

2.5 Perencanaan Poros 1

Diketahui : $P = 0,746 \text{ kW}$
 $N = 1440 \text{ rpm}$

- Daya Rencana (P_d)

$$P_d = f_c \cdot P \quad f_c = 2 \text{ dipilih berdasarkan tabel faktor koreksi daya rata-rata yang diperlukan}$$

$$= 2 \cdot 0,746 \text{ kW} = 1,49 \text{ kW}$$

- Torsi (T)

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1}$$

$$= 9,74 \times 10^5 \frac{1,49}{1440} = 1007,8 \text{ kg.mm}$$

- Material S45C, dengan tegangan tarik (σ) 58 kg/mm^2

- Tegangan Geser yang diizinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma}{(sf_1 \times sf_2)} \quad \text{Ket : } sf_1 = 6,0 \text{ karena memakai baja paduan}$$

$$= \frac{58}{(6,0 \times 1,3)} \quad sf_2 = 1,3 \text{ dikarenakan pengaruh konsentrasi tegangan}$$

$$= 7,44 \text{ kg/mm}^2 \quad sf \text{ adalah faktor keamanan atau safety faktor}$$

- Diameter poros

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t \cdot C_b \cdot T \right]^{1/3} \quad \text{Ket : } K_t = 2,0 \text{ dikarenakan adanya kejutan atau tumbukan}$$

$$= \left[\frac{5,1}{4,83} \cdot 2,0 \cdot 1,0 \cdot 1007,8 \right]^{1/3} \quad C_b = 1,0 \text{ karena tidak ada momen lentur}$$

$$= 2.128,27^{1/3} = 12,5 = 14 \text{ mm}$$

- Tegangan Geser yang terjadi

$$\tau = \frac{5,1 \cdot T}{d_s^3}$$

$$= \frac{5,1 \cdot 1007,8}{14^3} = 1,87 \text{ kg/mm}^2$$

- Gaya Tangensial

$$F = \frac{T}{d_s/2}$$

$$= \frac{1007,8}{14/2} = 143,97 \text{ kg}$$

2.6 Perencanaan Pulley and Belt 1

Diketahui : Daya (P) = $0,746 \text{ kW}$
 n motor (n_1) = 1440 rpm

$$\begin{aligned} \text{diameter poros} &= 10 \text{ mm} \\ n \text{ yang digerakkan } (n_2) &= 500 \text{ rpm} \\ \text{rasio antar } n_1 \text{ dan } n_2 (i) &= 2 \end{aligned}$$

- Berdasarkan putaran motor dan daya rencana, maka terpilihlah penampang sabuk-V tipe A.

- Diameter min. yang anjurkan sabuk-V tipe A = 95 mm

$$\begin{aligned} d_p &= 95 \text{ mm} & \text{Ket : } d_s &= \text{diameter poros} \\ D_p &= 95 \times I & d_p &= \text{diameter lingkaran jarak bagi puli A} \\ &= 95 \times 2 & d_k &= \text{diameter luar puli A} \\ &= 190 \text{ mm} & D_p &= \text{diameter lingkaran jarak bagi puli B} \\ d_k &= d_p + (2 \times K) & D_k &= \text{diameter luar puli B} \\ &= 95 + (2 \times 4,5) & &= 104 \text{ mm} \\ D_k &= D_p + (2 \times K) & &= 190 + (2 \times 4,5) = 199 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Kecepatan sabuk V

$$\begin{aligned} v &= \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_1}{60} \\ &= \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 1440}{60000} \\ &= 7,16 \text{ m/s} \quad 7,16 \text{ m/s} < 30 \text{ m/s, baik.} \end{aligned}$$

- Panjang keliling sabuk (L)

$$\begin{aligned} L &= 2C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4C} (D_p - d_p)^2 \\ &= 2(300) + \frac{3,14}{2} (95 + 190) + \frac{1}{4(300)} (190 - 95)^2 \\ &= 600 + 1,57(285) + \frac{9.025}{1200} \\ &= 600 + 447,45 + 7,5 = 1.054,95 \text{ mm} = 1067 \text{ mm} \end{aligned}$$

Didapat nomor nominal sabuk – V : 42 inch, $L = 1067$ mm

2.7 Perhitungan Volume Mesin Penepung 2

$$\begin{aligned} V_1 &= p \times l \times t \\ &= 250 \times 200 \times 70 \\ &= 3.500.000 \text{ mm}^3 = 3,5 \text{ l} \\ V_2 &= La \times H \\ &= \frac{(a+b)+t}{2} \times H \\ &= \frac{(240+110) \times 180}{2} \times 200 \\ &= \frac{63000}{2} \times 200 = 6.300.000 \text{ mm}^3 = 6,3 \text{ l} \\ V_{\text{tot}} &= V_1 + V_2 \\ &= 3,5 + 6,3 \text{ l} = 9,8 \text{ l} \end{aligned}$$

2.8 Perhitungan Tools Penepung 2

$$\begin{aligned} \text{Massa tools pemotong} &= \rho \text{ material} \times V \text{ total} \\ &= 7700 \text{ kg/m}^3 \times 1,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 1,31 \text{ kg} \end{aligned}$$

2.9 Kapasitas Mesin Penepung 2

Kapasitas Mesin Penepung dalam 1 jam adalah :

$$\begin{aligned} K_{\text{pt}} &= \frac{W_{\text{pk}}}{t} \times 3600 \\ &= \frac{1,5 \text{ kg}}{48 \text{ s}} \times 3600 \quad t = \frac{2880}{60} = 48 \\ &= 112,5 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

2.10 Perhitungan Daya Rencana Torsi Motor Listrik 2

- $$P_d = f_c \cdot P$$

$$= 2 \cdot 0,746 \text{ kW} = 1,49 \text{ kW}$$

$$f_c = 2 \text{ dipilih berdasarkan tabel faktor koreksi daya rata-rata}$$

Keterangan : P_d = Daya rencana (kW)
 f_c = Faktor koreksi
 P = Daya motor penggerak

$$T = \frac{P}{\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}}$$

$$= \frac{746 \text{ watt}}{2 \cdot 3,14 \cdot 1440 / 60}$$

$$= 4,94 \text{ kg.m}$$

Keterangan : T = Torsi
 $\pi = 3,14$
 n = putaran (rpm)

2.11 Perencanaan Poros 2

- Diameter poros

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t \cdot C_b \cdot T \right]^{1/3}$$

$$= \left[\frac{5,1}{4,83} \cdot 2,0 \cdot 1,0 \cdot 1007,8 \right]^{1/3}$$

$$= 2.128,27^{1/3}$$

$$= 12,5 = 14 \text{ mm}$$

2.12 Perencanaan Pulley and Belt 2

Berikut dibawah ini merupakan rumus dari perhitungan perencanaan *pulley and belt* :

Diketahui : Daya (P) = 0,746 kW
 n motor (n_1) = 1440 rpm
 diameter poros = 10 mm
 n yang digerakkan (n_2) = 2880 rpm
 rasio antar n_1 dan n_2 (i) = 0,5

- Berdasarkan putaran motor dan daya rencana, maka terpilihlah penampang sabuk-V tipe A.
- Diameter min. yang anjurkan sabuk-V tipe A = 95 mm

$$d_p = 95 \text{ mm}$$

$$D_p = 95 \times i$$

$$= 95 \times 0,5$$

$$= 47,5 \text{ mm}$$

$$d_k = D_p + (2 \times K)$$

$$= 47,5 + (2 \times 4,5)$$

$$= 56,5 \text{ mm}$$

$$D_k = d_p + (2 \times K)$$

$$= 95 + (2 \times 4,5)$$

$$= 104 \text{ mm}$$

- Kecepatan sabuk V

$$v = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_1}{60 \times 1000}$$

$$= \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 1440}{60000}$$

$$= 7,16 \text{ m/s}$$

7,16 m/s < 30 m/s, baik.

- Panjang keliling sabuk (L)

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4C} (D_p - d_p)^2$$

$$= 2(300) + \frac{3,14}{2} (95 + 47,5) + \frac{1}{4(300)} (47,5 - 95)^2$$

$$= 600 + \frac{3,14}{2} (142,5) + \frac{2.256,25}{1200}$$

$$= 823,725 + 1,9$$

$$= 825,625 \text{ mm}$$

$$= 813 \text{ m}$$

Didapat nomor nominal sabuk – V : 32 inch, $L = 813 \text{ mm}$

Dari metodologi dan hasil perhitungan diatas maka diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 1 Tabel Data

No.	Nama	Spesifikasi
1.	Dimensi	p : 1500 mm l : 500 mm t : 1300 mm
2.	Motor Listrik	Daya : 1 HP (746 Watt)
		Voltage : AC 220 V
		Phase : 1 Phase
		Frekuensi : 50 Hz
		Pole : 4
3.	Kerangka	Material : Besi Galvanis
4.	Pulley	d_p : 95 mm
		D_p : 190 mm
		d_k : 104 mm
		D_k : 199 mm
		Keterangan : d_p = diameter lingkaran jarak bagi puli A d_k = diameter luar puli A D_p = diameter lingkaran jarak bagi puli B D_k = diameter luar puli B
5.	Belt	Nomor nominal sabuk – V : 32 inch
		L : 813 mm
		C : 285,76 mm
		Keterangan : L = panjang keliling sabuk C = Jarak sumbu poros
6.	Kapasitas Mesin	112,5 kg/jam

Berdasarkan pada data tabel tersebut, Mesin Pemotong dan Penepung Ubi Kayu yang telah dirancang diharapkan dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan masyarakat dan dapat terus dimanfaatkan oleh masyarakat khususnya pada perindustrian tersebut.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari Perancangan Mesin Pemotong dan Penepung Ubi Kayu adalah sebagai berikut :

1. Dapat memahami cara kerja dari hasil perancangan mesin yang telah dirancang yakni Mesin Pemotong dan Penepung Ubi Kayu.
2. Dapat merancang sedemikian rupa komponen – komponen pada Mesin Pemotong dan Penepung Ubi Kayu.
3. Dapat membuat perancangan detail atau hasil dari perhitungan – perhitungan yang ada pada Mesin Pemotong dan Penepung Ubi Kayu.
- 4.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Mustafa, “Analisa Proses Pembuatan Pati Ubi Kayu (Tapioka) Berbasis Neraca Massa,” *AGROINTEK*, vol. 9, no. 2, pp. 127–133, 2015.
- [2] H. R. dan R. I. Octariyani, “Pengaruh Perbandingan Tepung Talas, Tapioka, dengan Tepung Mocaf dan Persentase Terhadap Mutu Keripik Tempe Inovasi,” *Rekayasa Pangan dan Pert*, vol. 5, no. 2, pp. 290–300, 2017.
- [3] Y. Ig. Jaka Mulyana, L.M. Hadi Santosa, “Rancang Bangun Mesin Pembuatan Sari Tapioka Pada Pemroses Gula Cair (Sirup Glukosa) dari Singkong (Manihot Utilissima) Untuk Industri Kecil

- Menengah,” *Ranc. Bangun Mesin Pembuatan Sari Tapioka Pada Pemroses Gula Cair*, no. 1122, pp. 826–833, 2016.
- [4] A. Kristanto dan E. Palmanto, “Perancangan Alat Pembuat Tepung Cassava Yang Ergonomis Menggunakan Pendekatan Antropometri,” *Integr. Sist. Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 59–68, 2016.

PERANCANGAN KONSEP ALAT PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF

Eko Prasetyo¹, Sarah Romza²

¹Doses Jurusan Teknik Mesin,Fakultas Teknik,Universitas Pancasila,Jakarta

²Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin D3,Fakultas Teknik,Universitas Pancasila,Jakarta

ABSTRAK. Pada saat ini kebutuhan listrik yang dipasok oleh negara tidak mencukupi semua wilayah Indonesia. Kebutuhan listrik setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan yang menyebabkan ketersediaan energi fosil semakin menipis, penggunaan energi alternatif akan memberikan dampak terhadap jumlah pemakaian. Penelitian dilakukan dengan metode Ulrich untuk mendapatkan sebuah produk baru sebagai alat alternatif pembangkit listrik yang dimulai dari fase perencanaan hingga fase perancangan detail.

Metode ini digunakan untuk merancang dan mengembangkan produk yang nantinya akan menghasilkan sebuah produk baru. Sebelum membuat rancangan ini dilakukan survey pasar yang berguna untuk mengetahui kemauan konsumen. Didalam perancangan ini terdapat tiga varian yang nantinya akan di pilih oleh masyarakat dalam bentuk lembar kuisisioner. Dengan perhitungan nilai pembobotan hasil kuisisioner maka terpilihlah varian ke dua. Dalam perancangan ini akan menghasilkan daya 600-1000 Watt yang bisa dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari.

Kata kunci - Ulrich,Akumulator,Generator,Alternatif,kuisisioner

1. PENDAHULUAN

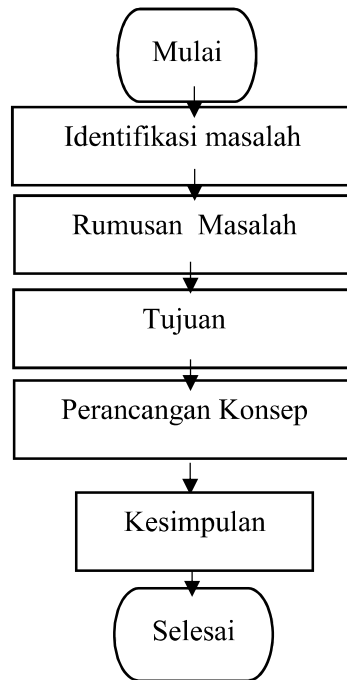
Energi fosil menjadi energi yang digunakan sebagai penunjang dalam keberlangsungan hidup. Energi alternatif menjadi salah satu pilihan yang sangat membantu dalam ketersediaan energi fosil yang semakin sedikit. Energi ini berguna untuk mencapai tujuan ekonomi,sosial dan lingkungan sebagai media pertumbuhan dan pembangunan yang merata di negara Indonesia ini.[1]Energi baru terbarukan saat ini menjadi suatu hal utama oleh pemerintahan Indonesia yang akan membahas pengurangan energi fosil untuk mewujudkan energi yang lebih bersih serta ramah lingkungan.Sehingga energi terutama energi listrik akan mengalami pertumbuhan setiap tahunnya Mengisi ulang baterai dengan jumlah daya yang tepat sangat penting dalam menopang kehidupan orang miskin yang sepenuhnya bergantung pada layanan seperti itu di negara-negara berkembang. Baterai yang diisi dengan baik tidak hanya memperpanjang penggunaan per pengisian, tetapi juga meningkatkan jumlah siklus pengisian dan pengosongan selama seluruh periode operasionalnya. Ini ekonomis karena memberi konsumen lebih banyak listrik dengan biaya operasional yang rendah. [2]Dengan adanya penelitian ini diharapkan akan membantu kepala rumah tangga untuk mendapatkan listrik dengan operasional rendah. Alat pembangkit listrik alternatif merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik tanpa bersumber dari perusahaan listrik Negara (PLN). Sumber untuk menghidupkan alat ini adalah aki yang dapat diisi ulang.[3]

Melakukan perancangan konsep ini bertujuan untuk mendapatkan konsep terpilih yang akan dirancang nantinya.Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan rancangan alat yang memang dibutuhkan oleh konsumen itu sendiri.

Penelitian ini memuat perancangan konsep dari alat pembangkit listrik *alternative* menggunakan metode Ulrich. Untuk mendapatkan konsep terpilih maka digunakan kuisisioner identifikasi kebutuhan dan kuisisioner menentukan konsep terpilih.

2. METODE

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:



Gambar 2.1. Diagram Alir Perancangan

Keterangan :

Memulai awal pemikiran alat yang dapat membantu dan sekaligus bermanfaat untuk masyarakat dalam memenuhi kebutuhan sehari – hari tanpa mengeluarkan biaya yang besar dengan melakukan perancangan alat pembangkit listrik tenaga alternatif ini .Pada identifikasi masalah ini akan membahas tentang perancangan alat pembangkit listrik tenaga alternatif dengan pemanfaatan generator. Bermula dari sumber aki yang menghidupkan motor dan ditransmisikan ke generator melalui *pulley* dan *belt* dan disimpan digenerator. Listrik yang terdapat di generator dapat digunakan untuk sumber listrik dan sebagai penyalur listrik kembali ke aki.Pada tujuan ini penulis ingin merancang alat pembangkit listrik tenaga alternatif dengan pemanfaatan generator untuk menciptakan sumber listrik yang dapat digunakan oleh masyarakat dalam kehidupan sehari-hari..tujuan dari perancangan konsep adalah menghasilkan varian terpilih dari beberapa *alternative* berupa sketsa

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Mengidentifikasi Kebutuhan Konsumen

Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Untuk mengetahui rancangan alat pembangkit listrik tenaga alternatif dapat memenuhi hal tersebut, perlu di lakukan identifikasi kebutuhan konsumen dengan cara wawancara langsung dengan konsumen. Dalam pembahasan penelitian ini, konsumen yang di wawancarai adalah para pemakai energi listrik. Hasil wawancara dengan konsumen dirangkum dan dituangkan ke dalam tabel berikut.

Untuk mengetahui kebutuhan konsumen maka dilakukan wawancara. Daftar pertanyaan wawancara sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi pembangkit listrik saat ini ?
2. Untuk membantu dalam hal pembangkit listrik, kerja alat pembangkit seperti apa yang anda inginkan?
3. Apa kekurangan listrik bersumber PLN?
4. Pengembangan produk seperti apa yang anda kehendaki?

Setelah dilakukan pembobotan kuisioner maka di dapatkan hasil sebagai berikut :

Table 3.1. Daftar kebutuhan konsumen berdasarkan hasil wawancara

Parameter	Pendapat Konsumen	Keterangan Kebutuhan
Kondisi pembangkit listrik saat ini	Saya membutuhkan sebuah alat yang dapat menhidupkan lampu tanpa menggunakan sumber listrik PLN.	Alat untuk menhidupkan lampu tanpa menggunakan sumber listrik PLN.
Kerja alat yang diinginkan	Mudah dalam pengoperasian	Pengoperasian yang efisien
Kekurangan listrik bersumber PLN	Harus membayar setiap bulannya	Setiap bulan di kenakan biaya
Pengembangan produk yang dapat disarankan	Akan lebih baik apabila menguasai sumber listrik baru yang praktis dan tidak bayar setiap bulannya	Pengembangan tentang energi terbarukan yang praktis serta tidak di kenakan biaya setiap bulannya

3.2 Penguraian Fungsi

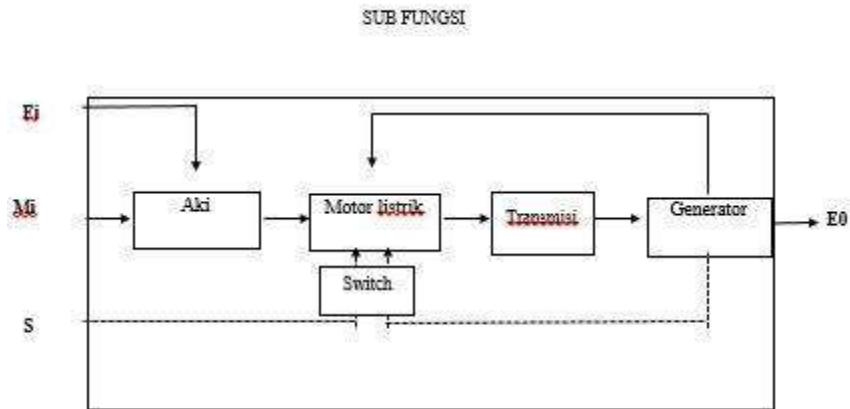
Setelah menentukan identifikasi kebutuhan dan penetapan target spesifikasi langkah berikutnya adalah membuat diagram fungsi alat pembangkit listrik tenaga alternatif dengan pemanfaatan generator

Energi masuk berupa energi listrik, material awal berupa daya sebesar 373 Watt kemudian dilakukan sebuah proses yang akan menghasilkan energi *output* berupa energi mekanik dan daya *output* menjadi 1000 Watt. Aliran sinyal masuk ketika aki menyala dan aliran sinyal keluar ketika *switch* menyala untuk memutuskan arus dari aki.



Gambar 3.1 Fungsi Keseluruhan.

Kemudian membagi kotak hitam tunggal menjadi sub fungsi untuk memberikan gambaran yang lebih spesifik. Didalam diagram sub fungsi ini akan menjelaskan secara detail tentang struktur fungsi. Di mulai dari energi masuk yaitu energi listrik yang ada pada aki untuk menhidupkan motor listrik dan menjalankan transmisi gerak sehingga menghasilkan energi mekanik yang nantinya ada pengubah energi gerak menjadi energi listrik oleh generator. Listrik yang ada pada generator digunakan untuk menhidupkan motor listrik dan juga digunakan untuk kebutuhan konsumen. Ketika tegangan untuk menhidupkan motor listrik telah stabil maka arus dari aki menuju motor listrik akan terputus oleh *switch*.



Gambar 3.2 Diagram Sub Fungsi

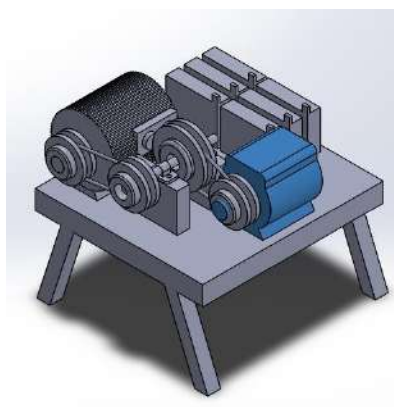
3.3 Kombinasi Konsep

Setelah di dapatkan fungsi dari diagram sub fungsi pembangkit listrik tenaga alternatif dengan pemanfaatan generator langkah berikutnya membuat kombinasi konsep.

Tabel 3.2 Kombinasi Konsep 1

Sumber penggerak	Daya motor	Jenis rangka	Transmisi	Generator	Bantalan
aki	¼ HP	Hollow Square	Bulley&Belt	1 phase	Gelinding
	0.5 HP	Besi Siku	Gear&Bantalan	3 phase	Luncur
	1 HP		Roda Gigi		

Pada kombinasi konsep pertama sumber penggerak berupa aki dan daya motor digunakan ¼ HP. Dalam pemilihan rangka digunakan *hollow square*, untuk transmisi gerak dalam perancangan ini digunakan transmisi *pulley and belt*. Dalam merubah *energy* gerak menjadi *energy* listrik digunakan generator 1 Phase. Dan untuk bantalan yang digunakan berupa bantalan tipe luncur.



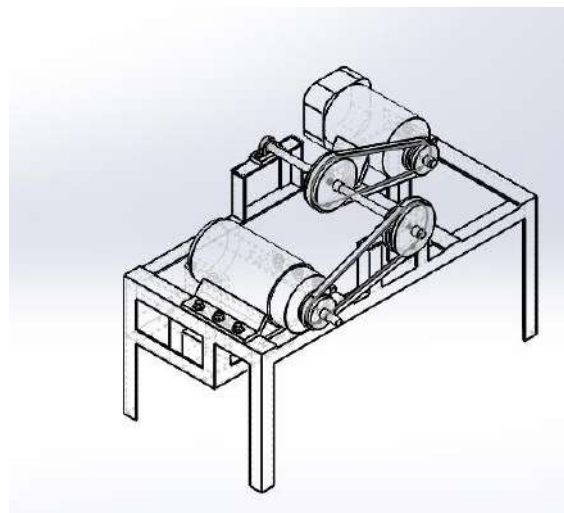
Gambar 3.3 Varian 1

Selanjutnya adalah kombinasi konsep kedua. Dibawah ini merupakan tabel kombinasi konsep 2 yang terdiri dari sumber penggerak, daya motor, jenis rangka, transmisi, generator dan bantalan.

Tabel 3.3 Kombinasi Konsep 2

Sumber penggerak	Daya motor	Jenis rangka	Transmisi	Generator	Bantalan
aki	1/4 HP	Hollow square	Pulley&Belt	1 phase	Gelinding
	0,5 HP	Besi Siku	Gear&Bantalan	3 phase	Luncur
	1 HP		Roda Gigi		

Pada kombinasi konsep Kedua sumber penggerak berupa aki dan daya motor digunakan 0,5 HP. Dalam pemilihan rangka digunakan besi siku , untuk transmisi gerak dalam perancangan ini digunakan transmisi *pulley and belt*. Dalam merubah *energy* gerak menjadi *energy* listrik digunakan generator 1 *Phase*. Dan untuk bantalan yang digunakan berupa bantalan tipe gelinding.



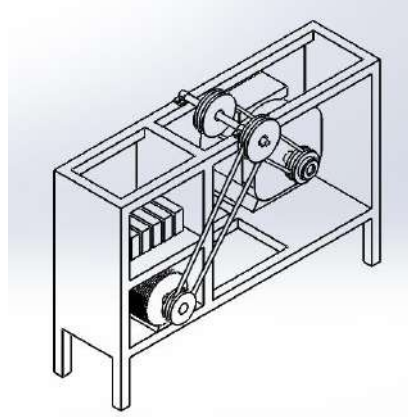
Gambar 3.4 Varian 2

Selanjutnya adalah kombinasi konsep ketiga. Dibawah ini merupakan table kombinasi konsep 3 yang terdiri dari sumber penggerak, daya motor, jenis rangka, transmisi, generator dan bantalan.

Tabel 3.4 Kombinasi Konsep 3

Sumber penggerak	Daya motor	Jenis rangka	Transmisi	Generator	Bantalan
aki	¼ HP	Hollow Square	Pulley&Belt	1 phase	Gelinding
	0,5 HP	Besi siku	Gear&Bantalan	3 phase	Luncur
	1 HP		Roda Gigi		

Pada kombinasi konsep ketiga sumber penggerak berupa aki dan daya motor digunakan 1 HP. Dalam pemilihan rangka digunakan hollow square, untuk transmisi gerak dalam perancangan ini digunakan transmisi *pulley and belt*. Dalam merubah *energy* gerak menjadi *energy* listrik digunakan generator 1 *Phase*. Dan untuk bantalan yang digunakan berupa bantalan tipe gelinding.



Gambar 3.5 Varian 3

3.4 Pembobotan

Untuk menentukan nilai bobot untuk setiap kriteria penilaian didapatkan melalui wawancara berbantuan kuesioner (kuesioner terlampir). Hasil dari kuesioner tersebut dapat dilihat pada tabel 3.7 :

Tabel 3.5. Pembobotan Berdasarkan Hasil Kuesioner

No	Kriteria pembobotan	Responden										Total	Nilai akhir	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Material mudah di dapat	4	3	2	2	2	5	3	5	3	3	32	12%	
2	Dapat dioperasikan oleh satu orang	3	3	3	4	3	3	3	4	3	5	31	11%	
3	Tidak memerlukan perawatan khusus	3	3	3	3	4	3	3	3	4	2	34	12%	
4	Harga murah	3	4	3	5	4	3	2	3	4	4	35	16%	
5	Aman saat digunakan	5	5	5	5	5	4	3	3	4	4	43	17%	
6	Tidak beresiko polusi	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	48	19%	
Total													259	100%

Setelah dilakukan pembobotan nilai terhadap kuisisioner maka perhitungan yang dilakukansebagai berikut :

- Material mudah di dapat mendapatkan nilai akhir 16 % dari : $\frac{32 \times 100}{259} = 12 \%$
- Dapat dioperasikan oleh satu orang mendapatkan nilai 14 % dari : $\frac{31 \times 100}{259} = 11 \%$
- Tidak memerlukan perawatan khusus mendapatkan nilai 12 % dari : $\frac{34 \times 100}{259} = 12 \%$
- Komponen sedikit mendapatkan nilai 14 % dari : $\frac{35 \times 100}{259} = 16 \%$
- Aman saat digunakan mendapatkan nilai 15 % dari : $\frac{43 \times 100}{259} = 17 \%$
- Tidak beresiko polusi mendapatkan nilai 14 % dari : $\frac{48 \times 100}{259} = 19 \%$
- Mudah dalam perakitan mendapatkan nilai 15 % dari : $\frac{36 \times 100}{259} = 13 \%$

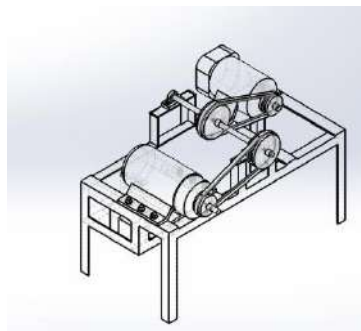
Acuan persentase yang didapat digunakan untuk perhitungan nilai kuisisioner sehingga akan terdapat varian yang terpilih. Varian terpilih adalah varian yang memiliki nilai atau peringkat yang tertinggi.

Tabel 3.6. Penilaian Alternatif Kombinasi

Kriteria Penilaian	Konsep							Nilai tertinggi	
	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3		Rating	Nilai Bobot	
	Bobot	Rating	Rating	Nilai Bobot	Rating	Nilai Bobot			
Material mudah di dapat	12%	3	0,36	4	0,48	3	0,36	5	0,6
Kriteria Penilaian	Konsep							Nilai tertinggi	
	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3		Rating	Nilai Bobot	
	Bobot	Rating	Rating	Nilai Bobot	Rating	Nilai Bobot			
Dapat dioperasikan oleh satu orang	11%	4	0,44	4	0,44	3	0,33	5	0,55
Tidak memerlukan perawatan khusus	12%	3	0,36	3	0,36	3	0,36	5	0,6
Komponen sedikit	16%	4	0,64	5	0,8	4	0,64	5	0,8
Aman saat digunakan	17%	4	0,68	5	0,85	5	0,85	5	0,85
Tidak beresiko polisi	19%	4	0,76	4	0,76	4	0,76	5	0,95
Mudah dalam perakitan	13%	4	0,52	4	0,52	4	0,52	5	0,65
Total nilai			3,72		4,21		3,82		-
Peringkat			3		1		2		-
Lanjutan 1			Tidak		Tidak		Tidak		-

5) 3.5 Varian terpilih

Responden akan memilih varian kombinasi pertama, kedua dan ketiga. Varian terpilih adalah varian yang memiliki hasil pembobotan yang paling tinggi. Didalam perancangan alat pembangkit listrik alternatif memanfaatkan generator terpilihlah varian ke dua. Pada kombinasi konsep Kedua sumber penggerak berupa aki dan daya motor digunakan 0,5 HP. Dalam pemilihan rangka digunakan besi siku, untuk transmisi gerak dalam perancangan ini digunakan transmisi *pulley and belt*. Dalam merubah *energy* gerak menjadi *energy* listrik digunakan generator 1 Phase. Dan untuk bentalan yang digunakan berupa bantalan tipe gelinding.

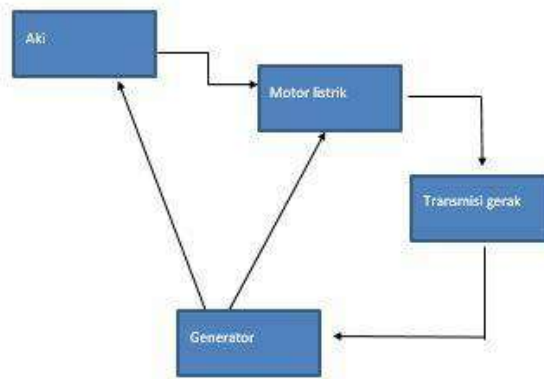


Gambar 3.6 Varian Terpilih

6) 3.6 Fungsi Sistem

Motor listrik akan dihidupkan oleh *charging* aki kemudian ditransmisikan oleh *pulley* dan *belt* menuju generator. Dan generator tersebut akan mengalirkan listrik kembali ke motor listrik dan aki.

Sehingga arus akan terputus antara aki dan motor listrik menggunakan *switch* (lihat pada gambar 3.8 Sub Fungsi Sistem)



Gambar 3.7 Sub Fungsi Sistem

4. KESIMPULAN

Diagram sub fungsi akan menjelaskan secara detail tentang struktur fungsi. Di mulai dari energi masuk yaitu energi listrik yang ada pada batterai untuk menghidupkan motor listrik dan menjalankan transmisi gerak sehingga menghasilkan energi mekanik yang nantinya ada pengubah energi gerak menjadi energi listrik oleh generator. Listrik yang ada pada generator digunakan untuk menghidupkan motor listrik dan juga digunakan untuk kebutuhan konsumen. Ketika tegangan untuk menghidupkan motor listrik telah stabil maka arus dari aki menuju motor listrik akan terputus oleh *switch*. Dalam melakukan sebuah perancangan maka terlebih dahulu harus dilakukan wawancara untuk identifikasi masalah yang berguna untuk mengetahui apa yang diperlukan oleh konsumen. Hasil dari perancangan konsep adalah sebuah konsep terpilih dari beberapa varian konsep melalui pembobotan kuisioner.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jaelani.A, “Renewable energy policy in indonesia:the qur’anic scientific signal in islamic economic perspective,” *Int. J. energy Econ. policy*, vol. 7 No.4, p. 193, 2017.
- [2] D. M. Rutto, “Battery Charger Efficiency and Voltage Behaviour in Vented Lead Acid Batteries in Kenya,” vol. 4531, pp. 184–191, 2015.
- [3] M. H. Muhamad Saleh, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay ,” *Tek. Elektro*, vol. 8, no. 3, pp. 181–186, 2017

PERANCANGAN *JIB CRANE* KAPASITAS 3,2 TON DENGAN *GEAR BOX* PADA *SLEWING SYSTEM*

M. Yudi M. Sholihin¹†††††, Sutarwo¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK. PT. XYZ menggunakan *jib crane* dengan motor yang langsung terinstal pada *slewing system* sering memanas pada saat bekerja dan kecepatan gerak *slewing* kurang sesuai yang diharapkan, sehingga perlunya perhitungan ulang untuk *slewing system*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan *redesain jib crane* kapasitas 3,2 ton dengan cara perhitungan ulang pada sistem penggerak putar 360 derajat dapat menempuh waktu 45 detik. Dari perhitungan pada *system slewing* dihasilkan pemilihan motor *drive* Stahl dengan type SF 25228313 yang mempunyai *double speed* dengan daya 0,32 kW pada kecepatan 9,7 rpm dan daya 1,25 kW pada kecepatan 38,8 rpm. Dilakukan penambahan *gear box* dengan rasio 1:9. Rekeyasa susunan roda gigi berturut-turut 18:54 dan 18:54 yang dapat menghasilkan putaran roda 4,2773 rpm. S35C digunakan sebagai material pinion dan poros-poros roda gigi dan material FC-30 digunakan untuk roda gigi besar. Digunakan bantalan gelinding tipe *sealed double row angular contact ball bearing* 3206 A-2RS1, 3207 A-2RS1, dan 3210 A-2RS1 dengan umur pakai 24000 *hour* kehandalan 90 persen. *Jib crane* mempunyai roda penggerak dengan diameter 55 mm dan roda pengikat berdiameter 40 mm yang menggunakan material S45C. Diharapkan dengan *redesain* pada *slewing system*, dapat memberikan inovasi dan membuat desain *jib crane* menjadi lebih baik.

Kata kunci—*crane; gear; pinion; bantalan; poros.*

PENDAHULUAN

Di PT. XYZ yang berlokasi di Balikpapan merupakan suatu perusahaan kontraktor alat-alat berat untuk penggunaan di pertambangan batubara. Pada aktifitas pekerjaannya perusahaan tersebut menggunakan *jib crane* yang digunakan dalam penanganan suku cadang dan penanganan *service*. *Jib crane* menggunakan motor yang langsung terinstal pada roda *slewing system* sering memanas dan berhenti pada saat bekerja dan kecepatan gerak *slewing* kurang sesuai yang diharapkan. Untuk itu perlunya perhitungan ulang untuk *slewing system* sehingga *jib crane* dapat bekerja dengan lebih baik. *Redesain jib crane* kapasitas 3,2 ton dilakukan pada *slewing system* dengan perhitungan daya yang dibutuhkan dan penambahan *gear box*, ini merupakan langkah dan *improvement* yang tepat untuk permasalahan tersebut. Kedepannya diharapkan dengan penelitian ini dapat memberikan inovasi dan membuat desain menjadi lebih baik.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Menghitung daya motor yang dapat digunakan agar sistem *slewing* dapat bekerja sesuai rencana.
- Menghitung rasio reduksi *gear box slewing system* berikut dimensi dan material komponen *gear box* agar kecepatan putar sesuai yang direncanakan.
- Menghitung dimensi dan material untuk poros roda pada *slewing system*.

Dalam penelitian ini akan dibahas bagaimana merancang *gear box* dan komponen-komponennya, meliputi perancangan rasio *gear box* agar kecepatan motor dapat tereduksi menjadi kecepatan gerak *slewing* yang diperlukan, perhitungan susunan roda gigi, perhitungan poros roda gigi, perhitungan poros roda pejalan dan pengikat serta perhitungan bantalan gelinding untuk poros roda gigi dan poros roda.

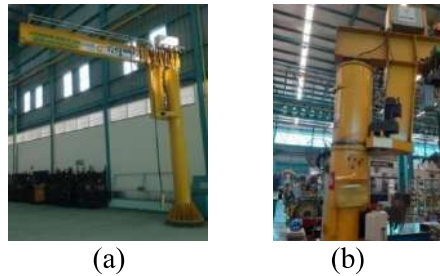
Jurnal dengan judul “Analisa perancangan roda gigi lurus menggunakan mesin konvensional”, disusun oleh Ir. Wisjnu P. Marsis, M. Eng dan Didi Agung digunakan sebagai *state of the art* untuk mendukung landasan teori dalam penelitian ini yang berjudul “Perancangan *Jib Crane* Kapasitas 3,2 Ton Dengan *Gear Box* Pada *Slewing System*”.

LANDASAN TEORI

Jib crane adalah alat yang digunakan untuk mengangkat secara vertikal dan berotasi pada sumbu pilar untuk memindahkan material pada ruang gerak terbatas.[1] Crane jenis ini adalah alat pengangkat yang memiliki pilar sebagai struktur utama yang menopang semua bagian mesin dan beam girder sebagai lengan yang dapat dilatasi dan digantung sistem pengangkat berupa hoist.[2]

††††† Corresponding author: yudi_m_s@univpancasila.ac.id

Mekanisme slewing dipasang pada lengan dan *wheel case* yang menopang lengan girder dan roda yang menumpu pada pilar. Mekanisme pemutar dapat bekerja ketika motor pemutar menggerakkan *gear box* yang akan mereduksi putaran motor kemudian diteruskan dan ditransmisi ke roda. Roda akan berputar mengelilingi pipa dengan kecepatan dan torsi tertentu.



Gambar 1. (a) Unit *jib crane* (b) Jib crane dengan motor *slewing* langsung terinstal pada roda *slewing*

Perancangan dirancang pada beban *test load* dalam proses sertifikasi unit dengan beban angkat 125%[3]. Untuk dapat memperoleh daya motor yang dibutuhkan untuk memutar struktur *beam girder*, sistem pengangkat (*hoist*), lengan, dan berat mekanisme penggerak *slewing* itu sendiri maka harus dilakukan perhitungan untuk mengetahui berapa momen tekan terhadap perputaran akibat gaya gesek.[1]

$$M = (Q + G_1 + G_g) \cdot K \cdot \frac{R_s}{R} \cdot \beta' \quad (1)$$

$$N = \frac{M \cdot n_{cr}}{71,620\eta} \quad (hp) \quad (2)$$

Gear box merupakan sebuah bagian mesin yang berfungsi untuk merekayasa putaran dan torsi motor untuk menghasilkan putaran dan torsi yang diperlukan oleh sistem mesin. Komponen-komponen elemen mesin pada *gear box* pada umumnya terdiri atas:

- *Gear* (roda gigi).

Jumlah minimum gigi pada pinion dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.[4]

$$T_p = \frac{2 A_w}{G \left[\sqrt{1 + \frac{1}{G} \left(\frac{1}{G} + 2 \right) \sin^2 \phi} - 1 \right]} \quad (3)$$

Besarnya beban lentur yang diizinkan per satuan lebar sisi[5]

$$F'_b = \sigma_{a1} \cdot m \cdot Y \cdot f_v \quad (4)$$

Besarnya beban permukaan yang diizinkan persatuan lebar gigi[5]

$$F'_H = f_v \cdot k_H \cdot d_{01} \cdot \frac{2z_2}{z_2 + z_1} \quad (5)$$

- Poros (*shaft*).

Poros (*shaft*) merupakan elemen mesin yang digunakan untuk mengirimkan daya dari satu tempat ke tempat lain. Daya dikirim ke poros oleh beberapa gaya tangensial dan torsi yang dihasilkan (atau momen puntir) yang diatur dalam poros memungkinkan daya untuk ditransfer ke berbagai mesin yang dihubungkan ke poros.[6]

- Poros dengan beban puntir. $d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \cdot K_t \cdot C_b \cdot T \right]^{1/3} \quad (6)$

- Poros dengan beban lentur murni.

$$\frac{M}{z} = \frac{\sigma_b}{y} \quad \text{dimana momenn inersia pada poros profil lingkaran } z = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 \quad (7)$$

- Poros dengan beban puntir dan lentur.

$$\text{Momen puntir maksimal pada senter } M = \frac{W \cdot L}{4} \quad (8)$$

$$\text{Untuk momen puntira yang setara } T_e = \sqrt{M^2 + T^2} \quad (9)$$

$$\text{Dimana } T_e = \frac{\pi}{16} \cdot \tau \cdot d^3 \quad (10)$$

- Bantalan gelinding.

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran dan gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan panjang umur. Nilai perkiraan (atau layanan) masa pakai bola atau bantalan rol didasarkan pada persamaan fundamental.[4]

$$L = \left(\frac{C}{W}\right)^k \cdot 10^6 \text{ dengan, } C = W \left(\frac{L}{10^6}\right)^{1/k} \quad (11)$$

Hubungan antara umur nominal dengan umur kerja dalam jam (L_H)

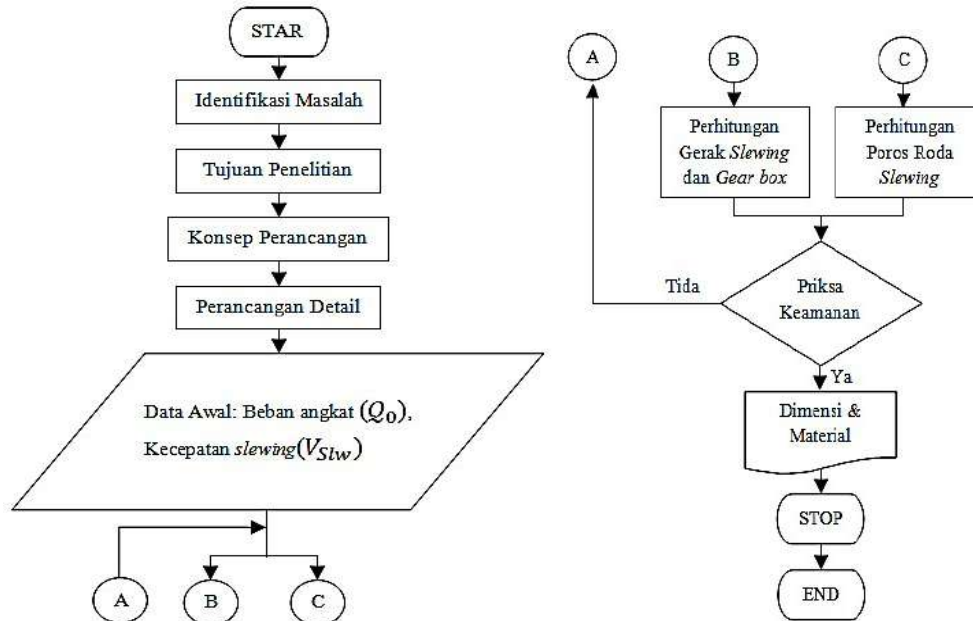
$$L = 60N \cdot L_H \quad (12)$$

Menurut Wiebull, hubungan antara umur bantalan dan kehandalan.[4]

$$\frac{L}{L_{90}} = \left[\frac{\log_e(1/R)}{\log_e(1/R_{90})} \right]^{\frac{1}{b}} \quad (13)$$

METODE PENELITIAN

Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart Penelitian

Mengumpulkan teori dan jurnal yang berhubungan dengan *jib crane*, demi memahami karakteristik komponen *jib crane* yang baik, agar kinerja *jib crane* dapat optimal. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini meliputi perancangan, dan menganalisa komponen pada *gear box jib crane*. Data awal dalam rangka perancangan *Jib Crane* guna perhitungan dan data yang diperlukan sehingga dapat digunakan sebagaimana mestinya. Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan-perhitungan. Hingga diperoleh dimensi dan jenis material yang aman untuk digunakan

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Data Perancangan

Kapasitas angkat (Q_0) = 3200 kg

Bobot untuk *Test load* (Q) = 125% · Q_0 = 125% · 32000 = 4000 kg

Bobot struktur yang di putar (G_1) = 2500 kg

Berat penyeimbang (G_g) = 0 kg

Kecepatan putar = 45s untuk 1 · putaran = 1,3 rpm

Gerak putar crane = 360°

b. Daya Motor Pada Slewing System

Momen tahanan terhadap perputaran akibat gaya gesek.

$$M = (Q + G_1 + G_g) \cdot K \cdot \frac{R_g}{R} \cdot \beta' = (4000 + 2500 + 0) \cdot 0,05 \cdot \frac{0,3208}{0,01} \cdot 1,3 = 13553,8 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Kemudian untuk daya motor penggerak yang dibutuhkan dapat diperoleh sebagai berikut:

$$N = \frac{M \cdot n_{cr}}{71,620\eta} = \frac{13553,8 \cdot 1,3}{71620 \cdot 0,85} = 0,2894 \text{ Hp} = 0,215806 \text{ Kw}$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dipilih motor *drive* Stahl dengan type SF 25228313 mempunyai *double speed* dengan daya 0,32 kW pada kecepatan 9,7 rpm dan 1,25 kW pada kecepatan 38,8 rpm.

c. Perancangan Gear Box

Perhitungan ini bertujuan untuk mengkalkulasi berapa reduksi yang diperlukan untuk mencapai kecepatan putar yang diinginkan yaitu $1,3 \text{ rpm}$ dimana diinginkan untuk satu kali putaran memerlukan waktu 45s.

Langkah perhitungan untuk mengetahui rasio yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Mengetahui jumlah putaran roda untuk satu kali mengelilingi pilar dengan cara perbandingan antara keliling bantalan lintasan dengan keliling diameter roda, perhitungannya adalah sebagai berikut:

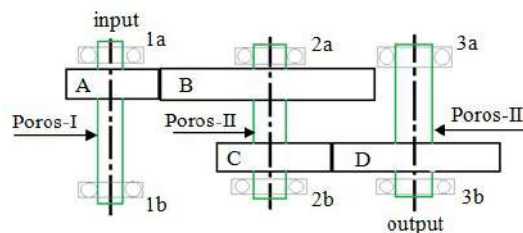
$$\frac{\text{keliling bantalan lintasan}}{\text{keliling diameter roda}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_b}{2 \cdot \pi \cdot r_r} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 320,8}{2 \cdot \pi \cdot 100} = 3,208 \text{ putaran roda}$$

- Mengetahui kecepatan roda untuk mencapai kecepatan *slewing* yang diinginkan, dimana telah diketahui bahwa untuk satu kali putaran *slewing* direncanakan menempuh waktu 45 s sehingga kecepatan yang harus dimiliki adalah $1,3 \text{ rpm}$. Selain itu telah diketahui bersama bahwa untuk satu kali putaran *slewing*, roda harus berputar sebanyak 3,208 putaran, maka kecepatan roda terhadap kecepatan *slewing* yang ingin dicapai adalah $3,208 \cdot 1,3 \text{ rpm} = 4,2773 \text{ rpm}$

- Untuk mengetahui rasio gear bok yang akan dirancang maka dapat diperoleh dengan perbandingan kecepatan roda terhadap kecepatan motor yang sudah. Gear bok akan dirancang hingga mampu bekerja dalam kecepatan cepatnya maka perbandingan rasionya adalah sebagai berikut:

$$\text{Rasio} = \frac{\text{kecepatan roda}}{\text{kecepatan motor}} = \frac{4,2773 \text{ rpm}}{38,8 \text{ rpm}} = \frac{1}{9,0711} = \frac{1}{9}$$

d. Perancangan komponen Gear Box



Gambar 3. Susunan roda gigi pada *gear box*

- Perancangan susuna roda gigi A-B
Dengan daya transmisi pinion (P) = 0,216 kW = 216 W. Kecepatan putar motor (N_p) = 38,8 rpm. Rasio roda gigi terhadap pinion (G) = 3. Jarak antar *center* (L) = 75 mm (direncanakan). Sudut tekan roda gigi (ϕ) = 20° (direncanakan).

Jumlah minimum gigi pada pinion

$$T_p = \frac{2 A_w}{G \left[\sqrt{1 + \frac{1}{G} \left(\frac{1}{G} + 2 \right) \sin^2 \phi} - 1 \right]} = \frac{2 \cdot 1}{3 \left[\sqrt{1 + \frac{1}{3} \left(\frac{1}{3} + 2 \right) (\sin 20^\circ)^2} - 1 \right]} = \frac{2}{0,1335} = 14,98 = 15$$

Diketahui bahwa $L = 75 = \frac{D_G}{2} + \frac{D_P}{2} = \frac{3D_P}{2} + \frac{D_P}{2} = 2D_P$. Maka $75 = 2D_P$ atau $D_P = \frac{75}{2} = 37,5$

kemudian dapat diketahui bahwa $m = D_p/T_p$. Dimana D_p adalah Diameter pinion rencana = 37,5 mm, sehingga $m = D_p/T_p = 37,5/15 = 2,5$, diambil $m = 2,5$.

Jumlah gigi untuk pinion $T_p = D_p/m = 37,5/2,5 = 15$ diambil 18 (menyesuaikan dimensi poros pada perhitungan selanjutnya).

Jumlah roda gigi besar $T_G = G \cdot T_p = 3 \cdot 18 = 54$.

Tebal gigi (b) = $10m = 10 \cdot 2,5 = 25 \text{ mm}$

Tabel 1. Ukuran susunan roda gigi A-B

Diameter lingkaran jarak bagi	$d_{b1} = z_1 \cdot m$ $d_{b2} = z_2 \cdot m$	$d_{b1} = 18 \cdot 2,5 = 45 \text{ mm}$ $d_{b2} = 54 \cdot 2,5 = 135 \text{ mm}$
Jarak sumbu poros	$a_0 = \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot m$	$a_0 = \frac{18+54}{2} \cdot 2,5 = 90 \text{ mm}$
Diameter lingkaran kepala	$d_{k1} = (z_1 + 2)m$ $d_{k2} = (z_2 + 2)m$	$d_{k1} = (18 + 2)2,5 = 50 \text{ mm}$ $d_{k2} = (54 + 2)2,5 = 140 \text{ mm}$
Diameter lingkaran dasar	$d_{g1} = z_1 m \cos \phi$ $d_{g2} = z_2 m \cos \phi$	$d_{g1} = 18 \cdot 2,5 \cos 20^\circ = 42,2861 \text{ mm}$ $d_{g2} = 54 \cdot 2,5 \cos 20^\circ = 126,8585 \text{ mm}$
Jarak bagi	$t_0 = \pi m$	$t_0 = \pi \cdot 2,5 = 7,8539 \text{ mm}$
Jarak bagi normal	$t_e = \pi m \cos \phi$	$t_e = \pi \cdot 2,5 \cos 20^\circ = 7,3803 \text{ mm}$
Tinggi gigi	$H = 2m + C_k (C_k = 0,25m)$	$H = 2 \cdot 2,5 + (0,25 \cdot 2,5) = 5,625 \text{ mm}$
Diameter kaki	$d_{f1} = (z_1 - 2)m - 2 \cdot C_k$ $d_{f2} = (z_2 - 2)m - 2 \cdot C_k$	$d_{f1} = (18 - 2)2,5 - 2 \cdot 0,25 = 39,5 \text{ mm}$ $d_{f2} = (54 - 2)2,5 - 2 \cdot 0,25 = 129,5 \text{ mm}$

Material pinion S35C dengan kekuatan tarik: $\sigma_{B1} = 52 \text{ kg/mm}^2$ dan tegangan lentur yang diizinkan, S35C: $\sigma_{a1} = 26 \text{ kg/mm}^2$. Material roda gigi besar FC30 dengan kekuatan tarik: $\sigma_{B2} = 30 \text{ kg/mm}^2$ dan tegangan lentur yang diizinkan, FC30: $\sigma_{a2} = 15 \text{ kg/mm}^2$. Faktor tegangan kontak diambil antara baja dengan kekerasan (200 H_B) dengan besi cor, maka $k_H = 0,079 \text{ kg/mm}^2$

Berdasarkan tabel faktor bentuk gigi $Y_1 = 0,308$ dan $Y_2 = \frac{(54-50)}{(60-50)} (0,421 - 0,408) + 0,408 = 0,413$

Kecepatan keliling $v_1 = \frac{\pi d_{b1} n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 45 \cdot 38,8}{60 \cdot 1000} = 0,0914 \text{ m/s}$ dan $v_2 = \frac{\pi d_{b2} n_2}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 135 \cdot 38,8}{60 \cdot 1000} = 0,2746 \text{ m/s}$

Faktor dinamis roda gigi untuk kategori kecepatan rendah ($< 0,5 \text{ m/s}$)

$$f_{v1} = \frac{3}{3+v_1} = \frac{3}{3+0,0914} = 0,9704 \text{ dan } f_{v2} = \frac{3}{3+v_2} = \frac{3}{3+0,2746} = 0,9161$$

Beban lentur yang diizinkan per satuan lebar

$$F'_{a1} = \sigma_{a1} \cdot m \cdot Y_1 \cdot f_{v1} = 26 \cdot 2,5 \cdot 0,308 \cdot 0,9704 = 19,4274 \text{ kg/mm}^2$$

$$F'_{a2} = \sigma_{a2} \cdot m \cdot Y_2 \cdot f_{v2} = 15 \cdot 2,5 \cdot 0,413 \cdot 0,9161 = 14,1880 \text{ kg/mm}^2$$

Beban permukaan yang diizinkan persatuan satuan lebar gigi

$$F'_{H1} = f_{v1} \cdot k_H \cdot d_{b1} \cdot \frac{2z_2}{z_2+z_1} = 0,9704 \cdot 0,079 \cdot 45 \cdot \frac{2 \cdot 54}{54+18} = 5,1746 \text{ kg/mm}^2$$

$$F'_{H2} = f_{v2} \cdot k_H \cdot d_{b2} \cdot \frac{2z_1}{z_2+z_1} = 0,9161 \cdot 0,079 \cdot 135 \cdot \frac{2 \cdot 18}{54+18} = 14,6553 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Torsi yang bekerja pada pinion } T = \frac{P \cdot 60}{2\pi N_p} = \frac{216 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 38,8} = 53,161 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\text{Beban tangensial yang terjadi } W_T = \frac{T}{D_p/2} = \frac{53,161}{0,045/2} = 2362,71 \text{ N}$$

$$\text{Beban normal pada roda gigi besar } W_N = \frac{W_T}{\cos \phi} = \frac{2362,71}{\cos 20^\circ} = 2514,3434 \text{ N}$$

$$\text{Beban pada bantalan roda gigi } W_R = W_N \cdot \sin \phi = 2514,3434 \cdot \sin 20^\circ = 859,9561 \text{ N} = 0,8599 \text{ kN}$$

$$\text{Pengecekan kesesuaian } \frac{b}{m} = \frac{25}{2,5} = 10 \text{ OK (6-10) dan } \frac{d}{b} = \frac{45}{25} = 1,8 > 1,5$$

- Perancangan poros untuk susunan roda gigi A-B

Material poros adalah S35C-D JIS G 3213 perlakuan panas tanpa dilunakan dengan Kekuatan tarik (σ_B) = 72 kg/mm^2 , Faktor keamanan (Sf_1) = 6 dan $Sf_2 = 2$, Tegangan lentur ijin (τ_a) = $72/(6 \times 2) = 6 \text{ kg/mm}^2$.

Momen puntir pada poros pinion

$$T_1 = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{P_d}{n_1} = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,216}{38,8} = 5422,268 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

Momen puntir pada poros roda gigi besar

$$T_2 = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{P_d}{n_2} = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,216}{38,8/3} = 16266,8041 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

Diameter minimum untuk poros pinion A

$$d_{s1} = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \cdot K_t \cdot C_b \cdot T_1 \right]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{5,1}{6} \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 5422,268 \right]^{\frac{1}{3}} = 24,0016 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

Diameter minimum untuk poros roda gigi besar B

$$d_{s2} = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \cdot K_t \cdot C_b \cdot T_2 \right]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{5,1}{6} \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 16266,8041 \right]^{\frac{1}{3}} = 34,6163 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$$

- Perancangan susunan roda gigi C-D

Daya transmisi pinion (P) = 0,216 kW = 216 W. Kecepatan putar (N_p) = 38,8/3 = 12,93 rpm. Rasio roda gigi terhadap pinion (G) = 3. Jarak antar center (L) = 80 mm (direncanakan). Sudut tekan roda gigi (ϕ) = 20° (direncanakan).

Jumlah minimum gigi pada pinion

$$T_p = \frac{2 A_w}{G \left[\sqrt{1 + \frac{2}{G} \left(\frac{2}{G} + 2 \right) \sin^2 \phi} - 1 \right]} = \frac{2 \cdot 1}{3 \left[\sqrt{1 + \frac{2}{3} \left(\frac{2}{3} + 2 \right) (\sin 20^\circ)^2} - 1 \right]} = \frac{2}{0,1335} = 14,98 = 15$$

Diketahui bahwa $L = 80 = \frac{D_G}{2} + \frac{D_P}{2} = \frac{3D_P}{2} + \frac{D_P}{2} = 2D_P$. Maka $80 = 2D_P$ atau $D_P = \frac{80}{2} = 40$

kemudian dapat diketahui bahwa $m = D_P/T_P$. Dimana D_P adalah Diameter pinion rencana = 40 mm, sehingga $m = D_P/T_P = 40/15 = 2,6$, diambil $m = 3$. Jumlah gigi untuk pinion $T_P = D_P/m = 40/3 = 13,3$ diambil 18 (menyesuaikan dimensi poros pada perhitungan selanjutnya). Jumlah roda gigi besar $T_G = G \cdot T_P = 3 \cdot 18 = 54$. Tebal gigi (b) = $6m = 6 \cdot 3 = 24 \text{ mm} = 25 \text{ mm}$

Tabel 2. Ukuran susunan roda gigi C-D

Diameter lingkaran jarak bagi	$d_{b1} = z_1 \cdot m$ $d_{b2} = z_2 \cdot m$	$d_{o1} = 18 \cdot 3 = 54 \text{ mm}$ $d_{o2} = 54 \cdot 3 = 162 \text{ mm}$
Jarak sumbu poros	$a_0 = \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot m$	$a_0 = \frac{18+54}{2} \cdot 3 = 108 \text{ mm}$
Diameter lingkaran kepala	$d_{k1} = (z_1 + 2)m$ $d_{k2} = (z_2 + 2)m$	$d_{k1} = (18 + 2)3 = 60 \text{ mm}$ $d_{k2} = (54 + 2)3 = 168 \text{ mm}$
Diameter lingkaran dasar	$d_{g1} = z_1 m \cos \phi$ $d_{g2} = z_2 m \cos \phi$	$d_{g1} = 18 \cdot 3 \cos 20^\circ = 50,7434 \text{ mm}$ $d_{g2} = 54 \cdot 3 \cos 20^\circ = 152,2302 \text{ mm}$
Jarak bagi	$t_0 = \pi m$	$t_0 = \pi \cdot 3 = 9,4247 \text{ mm}$
Jarak bagi normal	$t_g = \pi m \cos \phi$	$t_g = \pi \cdot 3 \cos 20^\circ = 8,8563 \text{ mm}$
Tinggi gigi	$H = 2m + C_k (C_k = 0,25m)$	$H = 2 \cdot 3 + (0,25 \cdot 3) = 6,75 \text{ mm}$
Diameter kaki	$d_{f1} = (z_1 - 2)m - 2 \cdot C_k$ $d_{f2} = (z_2 - 2)m - 2 \cdot C_k$	$d_{f1} = (18 - 2)3 - 2 \cdot 0,25 = 47,5 \text{ mm}$ $d_{f2} = (54 - 2)3 - 2 \cdot 0,25 = 155,5 \text{ mm}$

Material pinion S35C dengan kekuatan tarik: $\sigma_{B1} = 52 \text{ kg/mm}^2$ dan tegangan lentur yang diizinkan, S35C: $\sigma_{a1} = 26 \text{ kg/mm}^2$. Material roda gigi besar FC30 dengan kekuatan tarik: $\sigma_{B2} = 30 \text{ kg/mm}^2$ dan tegangan lentur yang diizinkan, FC30: $\sigma_{a2} = 15 \text{ kg/mm}^2$. Faktor tegangan kontak diambil antara baja dengan kekerasan (200 H_B) dengan besi cor, maka $k_H = 0,079 \text{ kg/mm}^2$

Berdasarkan tabel faktor bentuk gigi $Y_1 = 0,308$ dan $Y_2 = \frac{(54-50)}{(60-50)} (0,421 - 0,408) + 0,408 = 0,413$

Kecepatan keliling pinion-C $v_1 = \frac{\pi d_{b1} n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 54 \cdot 12,93}{60 \cdot 1000} = 0,0365 \text{ m/s}$

Kecepatan keliling roda gigi bear-D $v_2 = \frac{\pi d_{b2} n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 162 \cdot 12,93}{60 \cdot 1000} = 0,1096 \text{ m/s}$

Faktor dinamis roda gigi untuk kategori kecepatan rendah ($< 0,5 \text{ m/s}$)

$$f_{v1} = \frac{3}{3+v_1} = \frac{3}{3+0,0365} = 0,9879 \text{ dan } f_{v2} = \frac{3}{3+v_2} = \frac{3}{3+0,1096} = 0,9647$$

Beban lentur yang diizinkan per satuan lebar

$$F'_{b1} = \sigma_{a1} \cdot m \cdot Y_1 \cdot f_{v1} = 26 \cdot 3 \cdot 0,308 \cdot 0,9879 = 23,7333 \text{ kg/mm}^2$$

$$F'_{b2} = \sigma_{a2} \cdot m \cdot Y_2 \cdot f_{v2} = 15 \cdot 3 \cdot 0,413 \cdot 0,9647 = 17,9289 \text{ kg/mm}^2$$

Beban permukaan yang diizinkan persatuan satuan lebar gigi

$$F'_{H1} = f_{v1} \cdot k_H \cdot d_{b1} \cdot \frac{2z_2}{z_2+z_2} = 0,9704 \cdot 0,079 \cdot 45 \cdot \frac{2 \cdot 54}{54+18} = 5,1746 \text{ kg/mm}^2$$

$$F'_{H2} = f_{v2} \cdot k_H \cdot d_{b2} \cdot \frac{2z_2}{z_2+z_2} = 0,9161 \cdot 0,079 \cdot 135 \cdot \frac{2 \cdot 54}{54+18} = 14,6553 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Torsi yang bekerja pada pinion } T = \frac{P \cdot 60}{2\pi N_p} = \frac{216 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 12,93} = 159,5242 \text{ N} - \text{m}$$

$$\text{Beban tangensial yang terjadi } W_T = \frac{T}{D_p/2} = \frac{199,1837}{0,054/2} = 5908,3037 \text{ N}$$

$$\text{Beban normal pada roda gigi besar } W_N = \frac{W_T}{\cos \phi} = \frac{5908,3037}{\cos 20^\circ} = 6287,4854 \text{ N}$$

$$\text{Beban pada bantalan roda gigi } W_R = W_N \cdot \sin \phi = 6287,4854 \cdot \sin 22,5^\circ = 2150,4466 \text{ N} = 2,15 \text{ kN}$$

$$\text{Pengecekan kesesuaian } \frac{b}{m} = \frac{25}{3} = 8,3 \text{ OK (6-10) dan } \frac{d}{b} = \frac{54}{25} = 2,16 > 1,5$$

- Perancangan poros untuk susunan roda gigi C-D

Material poros adalah S35C-D JIS G 3213 perlakuan panas tanpa dilunakan dengan Kekuatan tarik (σ_B) = 72 kg/mm², Faktor keamanan (Sf_1) = 6 dan $Sf_2 = 2$, Tegangan lentur ijin (τ_a) = 72/(6 × 2) = 6 kg/mm².

Momen puntir pada poros pinion

$$T_1 = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{P_d}{n_1} = 9,74 \cdot 10^5 \times \frac{0,216}{38,8/3} = 16266,8081 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

Momen puntir pada poros roda gigi besar

$$T_2 = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{P_d}{n_2} = 9,74 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,216}{(38,8/3)/3} = 48800,4123 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

Diameter poros untuk pinion dan roda gigi besar

Dengan K_t = Faktor koreksi dikenakan secara halus = 1,5 dan C_b = Faktor perkiraan beban lentur = 2

Diameter minimum untuk poros pinion C

$$d_{s1} = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \cdot K_t \cdot C_b \cdot T_1 \right]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{5,1}{6} \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 16266,8041 \right]^{\frac{1}{3}} = 34,6163 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$$

Diameter minimum untuk poros roda gigi besar D

$$d_{s2} = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \cdot K_t \cdot C_b \cdot T_2 \right]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{5,1}{6} \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 48800,4123 \right]^{\frac{1}{3}} = 49,92 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$$

e. Perancangan bantalan gelinding poros roda gigi

Telah diketahui dimensi susunan roda gigi A-B dan susunan roda gigi C-D beserta porosnya. Kemudian sekarang adalah perhitungan untuk bantalan poros untuk susunan roda gigi tersebut. Berikut adalah perhitungannya:

- Bantalan gelinding untuk poros-I

Kecepatan poros (N) = 38,8 rpm

Beban radial roda gigi-A terhadap bantalan (W) = 0,8599 kN

Jarak roda gigi A ke bantalan 1a (a) = 42,5 mm (dirancang)

Jarak roda gigi A ke bantalan 1b (b) = 77,5 mm (dirancang)

Jarak bantalan 1a ke bantalan 1b (l) = 120 mm (dirancang)

Umur pakai (L_H) = 24000 hour (dirancang)

Reliability (kehandalan) (R_1) = 99% (dirancang)

Reliability (kehandalan) (R_2) = 90% (dirancang)

Pertimbangan penyesuaian masa pakai terhadap kondisi operasi dan material bernilai 0,9 dan 0,85

$$\text{Beban radial pada bantalan-1a } W_a = W \cdot \frac{b}{l} = 0,8599 \cdot \frac{77,5}{120} = 0,5553 \text{ kN}$$

$$\text{Beban radial pada bantalan-1b } W_b = W - W_a = 0,8599 - 0,5778 = 0,3046 \text{ kN}$$

$$\text{Umur bantalan untuk kehandalan 99\% } L_{99} = 60N \cdot L_H = 60 \cdot 38,8 \cdot 24000 = 55,872 \cdot 10^6 \text{ rev}$$

Mempertimbangkan faktor penyesuaian usia untuk kondisi operasi dan material masing-masing 0,9 dan 0,85 dengan nilai $b = 1,17$, dipertimbangkan sebagai berikut:

$$\frac{L_{99}}{L_{90}} = \left[\frac{\log_e(1/R)}{\log_e(1/R_{90})} \right]^{\frac{1}{b}} \cdot 0,9 \cdot 0,85 = \left[\frac{\log_e(1/0,99)}{\log_e(1/0,9)} \right]^{1,17} \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 0,1026$$

$$L_{90} = L_{99}/0,1026 = 55,872 \cdot 10^6 / 0,1026 = 544,5614 \cdot 10^6 \text{ rev}$$

$$\text{Dinamic load untuk bantalan gelinding 1a } C_a = W_a \left[\frac{L_{90}}{10^6} \right]^{1/k} = 0,5553 \left[\frac{544,5614 \cdot 10^6}{10^6} \right]^{1/3} = 4,5346 \text{ kN}$$

$$\text{Dinamic load untuk bantalan gelinding 1b } C_b = W_b \left[\frac{L_{90}}{10^6} \right]^{1/k} = 0,3046 \left[\frac{544,5614 \cdot 10^6}{10^6} \right]^{1/3} = 2,4873 \text{ kN}$$

Berdasarkan perhitungan maka diambil bearing untuk diameter poros-I 30 mm dengan tipe *sealed double row angular contact ball bearing* 3206 A-2RS1 dengan *Dinamic load* sebesar 30 kN. OK

- Bantalan gelinding untuk poros-II

$$\text{Kecepatan poros } (N) = 38,8 \cdot 18/54 = 12,93 \text{ rpm}$$

$$\text{Beban radial roda gigi-B terhadap bantalan } (W_1) = 0,8599 \text{ kN}$$

$$\text{Beban radial roda gigi-C terhadap bantalan } (W_2) = 2,15 \text{ kN}$$

$$\text{Jarak roda gigi B ke bantalan 2a } (a_1) = 42,5 \text{ mm (dirancang)}$$

$$\text{Jarak roda gigi C ke bantalan 2a } (a_2) = 77,5 \text{ mm (dirancang)}$$

$$\text{Jarak roda gigi B ke bantalan 2b } (b_1) = 77,5 \text{ mm (dirancang)}$$

$$\text{Jarak roda gigi C ke bantalan 2b } (b_2) = 42,5 \text{ mm (dirancang)}$$

$$\text{Jarak bantalan 2a ke bantalan 2b } (l) = 120 \text{ mm (dirancang)}$$

$$\text{Umur pakai } (L_H) = 24000 \text{ hour (dirancang)}$$

Reliability (kehandalan) (R_1) = 99% (dirancang)

Reliability (kehandalan) (R_2) = 90% (dirancang)

Pertimbangan penyesuaian masa pakai terhadap kondisi operasi dan material bernilai 0,9 dan 0,85

Beban radial pada bantalan-2a

$$W_a = \left(W_1 \cdot \frac{b_1}{l} \right) + \left(W_2 \cdot \frac{b_2}{l} \right) = \left(0,8599 \cdot \frac{77,5}{120} \right) + \left(2,15 \cdot \frac{42,5}{120} \right) = 1,3168 \text{ kN}$$

$$\text{Beban radial pada bantalan-2b } W_b = (W_1 + W_2) - W_a = (0,8599 + 2,15) - 1,3168 = 1,6931 \text{ kN}$$

$$\text{Umur bantalan untuk kehandalan 99\% } L_{99} = 60N \cdot L_H = 60 \cdot 12,93 \cdot 24000 = 18,6192 \times 10^6 \text{ rev}$$

Mempertimbangkan faktor penyesuaian usia untuk kondisi operasi dan material masing-masing 0,9 dan 0,85 dengan nilai $b = 1,17$, dipertimbangkan sebagai berikut:

$$\frac{L_{99}}{L_{90}} = \left[\frac{\log_e(1/R)}{\log_e(1/R_{90})} \right]^{\frac{1}{b}} \cdot 0,9 \cdot 0,85 = \left[\frac{\log_e(1/0,99)}{\log_e(1/0,9)} \right]^{1,17} \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 0,1026$$

$$L_{90} = L_{99}/0,1026 = 18,6192 \cdot 10^6 / 0,1026 = 181,4736 \cdot 10^6 \text{ rev}$$

$$\text{Dinamic load untuk bantalan gelinding-2a } C_a = W_a \left[\frac{L_{90}}{10^6} \right]^{1/k} = 1,3168 \left[\frac{181,4736 \cdot 10^6}{10^6} \right]^{1/3} = 7,4551 \text{ kN}$$

$$\text{Dinamic load untuk bantalan gelinding-2b } C_b = W_b \left[\frac{L_{90}}{10^6} \right]^{1/k} = 1,6931 \left[\frac{181,4736 \cdot 10^6}{10^6} \right]^{1/3} = 9,5856 \text{ kN}$$

Berdasarkan perhitungan maka diambil bearing untuk diameter poros 35 mm dengan tipe *sealed double row angular contact ball bearing* 3207 A-2RS1 dengan *Dinamic load* sebesar 40 kN. OK

- Bantalan gelinding untuk poros-III

$$\text{Kecepatan poros } (N) = 38,8 \cdot 18/54 \cdot 18/54 = 4,31 \text{ rpm}$$

Beban radial roda gigi-A terhadap bantalan (W) = 2,15 kN

Jarak roda gigi D ke bantalan 3a (a) = 77,5 mm (dirancang)

Jarak roda gigi D ke bantalan 3b (b) = 42,5 mm (dirancang)

Jarak bantalan 3a ke bantalan 3b (l) = 120 mm (dirancang)

Umur pakai (L_H) = 24000 hour (dirancang)

Reliability (kehandalan) (R_1) = 99% (dirancang)

Reliability (kehandalan) (R_2) = 90% (dirancang)

Pertimbangan penyesuaian masa pakai terhadap kondisi operasi dan material bernilai 0,9 dan 0,85

Beban radial pada bantalan-3a $W_a = W \cdot \frac{b}{l} = 2,15 \cdot \frac{42,5}{120} = 0,7614$ kN

Beban radial pada bantalan-3b $W_b = W - W_a = 2,6851 - 0,7614 = 1,3886$ kN

Umur bantalan untuk kehandalan 99% $L_{99} = 60 \cdot 4,31 \cdot 24000 = 6,2064 \times 10^6$ rev

Mempertimbangkan faktor penyesuaian usia untuk kondisi operasi dan material masing-masing 0,9 dan 0,85 dengan nilai $b = 1,17$, dipertimbangkan sebagai berikut:

$$\frac{L_{99}}{L_{90}} = \left[\frac{\log_e(1/R)}{\log_e(1/R_{90})} \right]^{\frac{1}{b}} \cdot 0,9 \cdot 0,85 = \left[\frac{\log_e(1/0,99)}{\log_e(1/0,9)} \right]^{1,17} \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 0,1026$$

$$L_{90} = L_{99}/0,1026 = 6,2064 \cdot 10^6 / 0,1026 = 60,4912 \cdot 10^6 \text{ rev}$$

$$\text{Dinamic load untuk bantalan gelinding-3a } C_a = W_a \left[\frac{L_{90}}{10^6} \right]^{1/k} = 0,7614 \left[\frac{60,4912 \cdot 10^6}{10^6} \right]^{1/3} = 2,9888 \text{ kN}$$

$$\text{Dinamic load untuk bantalan gelinding-3b } C_b = W_b \left[\frac{L_{90}}{10^6} \right]^{1/k} = 1,3886 \left[\frac{60,4912 \cdot 10^6}{10^6} \right]^{1/3} = 5,4509 \text{ kN}$$

Berdasarkan perhitungan maka diambil bearing untuk diameter poros 50 mm dengan tipe *sealed double row angular contact ball bearing* 3210 A-2RS1 dengan *Dinamic load* sebesar 51 kN. OK

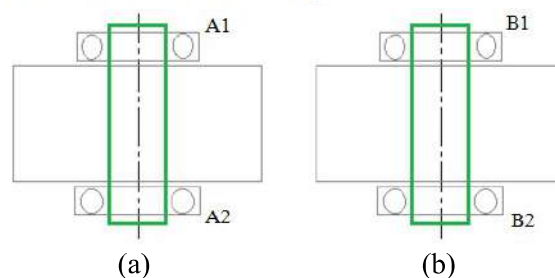
f. Perancangan Poros Roda Dan Bantalan Poros Roda

Pada perancangan ini, *jib crane* akan memiliki dua roda dimana masing-masing poros roda akan menerima beban lentur sama rata namun untuk roda yang berhubungan langsung dengan sistem slewing akan menerima beban puntur.

Bobot muatan (Q) = 4000 kg

Bobot struktur yang di putar (G_1) = 330 + 974,856 = 1304,856 = 1350 kg

Maka $W = (Q + G_1)/2 = (4000 + 1350)/2 = 2675$ kg



Gambar 4. (a) Poros roda pengikut; (b) Poros roda pejalan

- Poros roda pengikut

Pada roda 1 dirancang hanya menerima beban lentur murni dengan jarak bantalan radial (j) = 150 mm dengan material S45C memiliki $\sigma_B = 58$ kg/mm². Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Section modulud } Z = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = 0,0982d^3$$

$$\text{Momen bending yang terjadi } M = \frac{W \cdot j}{4} = \frac{2675 \cdot 150}{4} = 100312,5 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

$$\text{Tegangan bending yang terjadi } 58 = \frac{M}{Z} = \frac{100312,5}{0,0982d^3} = 1241089,613d^3$$

$$\text{Maka } d = \sqrt[3]{\frac{1021512,22}{58}} = 26,0178 \text{ mm} = 30 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$$

- Bantalan poros roda pengikut

$$\text{Kecepatan poros } (N) = 38,8 \cdot 18/54 \cdot 18/54 = 4,31 \text{ rpm}$$

$$\text{Beban radial roda terhadap bantalan } (W) = 2675 \text{ kg} = 26,2328 \text{ kN}$$

$$\text{Jarak roda ke bantalan A1 } (a) = 75 \text{ mm (dirancang)}$$

$$\text{Jarak roda ke bantalan A2 } (b) = 75 \text{ mm (dirancang)}$$

$$\text{Jarak bantalan A1 ke bantalan A2 } (l) = 150 \text{ mm (dirancang)}$$

$$\text{Umur pakai } (L_H) = 24000 \text{ hour (dirancang)}$$

$$\text{Reliability (kehandalan) } (R_1) = 99\% \text{ (dirancang)}$$

$$\text{Reliability (kehandalan) } (R_2) = 90\% \text{ (dirancang)}$$

Pertimbangan penyesuaian masa pakai terhadap kondisi operasi dan material bernilai 0,9 dan 0,85

$$\text{Beban radial pada bantalan-A1 dan A2 } W_a = W_b = W \cdot \frac{b}{l} = 26,2328 \times \frac{75}{150} = 13,1164 \text{ kN}$$

$$\text{Umur bantalan untuk kehandalan 99\% } L_{99} = 60 \cdot 4,31 \cdot 24000 = 6,2064 \times 10^6 \text{ rev}$$

Mempertimbangkan faktor penyesuaian usia untuk kondisi operasi dan material masing-masing 0,9 dan 0,85 dengan nilai $b = 1,17$, dipertimbangkan sebagai berikut:

$$\frac{L_{99}}{L_{90}} = \left[\frac{\log_e(1/R)}{\log_e(1/R_{90})} \right]^{\frac{1}{b}} \cdot 0,9 \cdot 0,85 = \left[\frac{\log_e(1/0,99)}{\log_e(1/0,9)} \right]^{1,17} \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 0,1026$$

$$L_{90} = L_{99} / 0,1026 = 6,2064 \cdot 10^6 / 0,1026 = 60,4912 \cdot 10^6 \text{ rev}$$

Dinamic load untuk bantalan gelinding-A1 dan A2

$$C_a = W_a \left[\frac{L_{90}}{10^6} \right]^{1/k} = 13,1164 \left[\frac{60,4912 \cdot 10^6}{10^6} \right]^{1/3} = 51,4887 \text{ kN}$$

Berdasarkan perhitungan untuk bearing tipe *sealed double row angular contact ball bearing* dengan minimum *Dinamic load* 51,4887 kN terdapat bada bearing dengan diameter *iner* 40 mm maka dari perhitungan sebelumnya diameter poros 30 mm harus menyesuaikan diameter *iner* bearing sehingga diambil untuk diameter poros 30 mm menjadi 40 mm dengan tipe *sealed double row angular contact ball bearing* 3308 A-2RS1 dengan *Dinamic load* sebesar 64 kN. OK

- Poros roda pejalan

Pada roda pejalan dirancang hanya menerima beban lentur dan beban puntir dikarenakan pada poros roda tersebut akan dipasang sistem penggerak putar sehingga poros roda juga menerima beban puntir dengan jarak bantalan radial (j) = 150 mm dengan material S45C memiliki $\sigma_B = 58 \text{ kg/mm}^2$, Kekuatan tarik ijin (σ_a) = $\frac{\sigma_B}{sf} = \frac{58}{6} = 9,6 \text{ kg/mm}^2$, Tegangan geser ijin (τ_a) diambil sebesar

$$(0,5 - 0,75)\sigma_a = 0,5 \cdot 9,6 = 4,83 \text{ kg/mm}^2. \text{ Daya yang ditranmisi } (P) = 0,216 \text{ kW. Putaran input } (n_1) = 4,31 \text{ rpm. Diameter roda } (D) = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$$

Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Momen puntir pada poros tranmisi } T = \frac{P \cdot 60}{2\pi N} = \frac{0,216 \cdot 60}{2\pi \cdot 4,31} = 0,4785 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Momen puntir maksimal pada senter roda } M = \frac{W \cdot L}{4} = \frac{2675 \cdot 0,15}{4} = 100,3125 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Momen puntira yang setara

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2} = \sqrt{121,875^2 + 0,4785^2} = 121,8759 \text{ kg} \cdot \text{m} = 121,8759 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

$$\text{Diketahui juga bahwa } T_e = \frac{\pi}{16} \cdot \tau \cdot d^3 \quad (5)$$

$$\text{Maka } 121,8764 \cdot 10^3 = \frac{\pi}{16} \cdot 4,83 \cdot d^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{121,8759 \cdot 10^3}{\frac{\pi}{16} \cdot 4,83}} = 50,4638 \text{ mm} = 55 \text{ mm}$$

- Bantalan poros roda pejalan

$$\text{Kecepatan poros } (N) = 38,8 \cdot 18/54 \cdot 18/54 = 4,31 \text{ rpm}$$

Beban radial roda terhadap bantalan (W) = 2675 kg = 26,2328 kN

Jarak roda ke bantalan B1 (a) = 75 mm (dirancang)

Jarak roda ke bantalan B2 (b) = 75 mm (dirancang)

Jarak bantalan B1 ke bantalan B2 (l) = 150 mm (dirancang)

Umur pakai (L_H) = 24000 hour (dirancang)

Reliability (kehandalan) (R_1) = 99% (dirancang)

Reliability (kehandalan) (R_2) = 90% (dirancang)

Pertimbangan penyesuaian masa pakai terhadap kondisi operasi dan material bernilai 0,9 dan 0,85

Beban radial pada bantalan-B1 dan B2 $W_a = W_b = W \cdot \frac{b}{l} = 26,2328 \cdot \frac{75}{150} = 13,1164 \text{ kN}$

Umur bantalan untuk kehandalan 99% $L_{99} = 60 \cdot 4,31 \cdot 24000 = 6,2064 \times 10^6 \text{ rev}$

Mempertimbangkan faktor penyesuaian usia untuk kondisi operasi dan material masing-masing 0,9 dan 0,85 dengan nilai $b = 1,17$, dipertimbangkan sebagai berikut:

$$\frac{L_{99}}{L_{90}} = \left[\frac{\log_e(1/R)}{\log_e(1/R_{90})} \right]^{\frac{1}{b}} \cdot 0,9 \cdot 0,85 = \left[\frac{\log_e(1/0,99)}{\log_e(1/0,9)} \right]^{1,17} \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 0,1026$$

$$L_{90} = L_{99} / 0,1026 = 6,2064 \cdot 10^6 / 0,1026 = 60,4912 \cdot 10^6 \text{ rev}$$

Dinamic load untuk bantalan gelinding-B1 dan B2

$$C_a = W_a \left[\frac{L_{90}}{10^6} \right]^{1/k} = 13,1164 \left[\frac{60,4912 \cdot 10^6}{10^6} \right]^{1/3} = 51,4887 \text{ kN}$$

Berdasarkan perhitungan untuk bearing maka diambil bearing untuk diameter poros 55 mm dengan tipe *sealed double row angular contact ball bearing* 3311 A-2RS1 dengan *Dinamic load* sebesar 112 kN. OK

g. Pembahasan

Pada perancangan ini diawali dengan adanya permasalahan spesifikasi motor dan kecepatan gerak *slewing* yang tidak sesuai. Kemudian dilakukan langkah *Redesain* untuk *slewing system* dengan langkah perhitungan daya yang dibutuhkan dan penambahan komponen *gear box* pada *slewing system*. Berdasarkan data perancangan yang sudah diperoleh, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan-perhitungan yang diawali dengan perhitungan daya motor yang diperlukan untuk memutar unit. Dari perhitungan diperoleh daya yang diperlukan sebesar **0,215806 Kw** sehingga dipilih motor *drive* Stahl dengan tipe SF 25228313 mempunyai *double speed* dengan daya 0,32 kW pada kecepatan 9,7 rpm dan 1,25 kW pada kecepatan 38,8 rpm.

Setelah diketahui spesifikasi motor yang digunakan selanjutnya dilakukan perhitungan untuk merencanakan *gear box*. *Gear box* akan mereduksi kecepatan putaran dan torsi motor sebagai *input gear box* sehingga menghasilkan kecepatan putaran dan torsi *output gear box* yang diperlukan sistem. Dirancang *gear box* terdiri atas komponen utama yang terdiri dari pinion, roda gigi besar, poros dan bantalan gelinding. Dari perhitungan diperoleh reduksi *gear box* memiliki rasio 1:9. Rekanan susunan roda gigi berturut-turut 18:54 dan 18:54 yang dapat menghasilkan putaran *output* 4,2773 rpm. S35C digunakan sebagai material pinion dan poros-poros roda gigi dan material FC-30 digunakan untuk roda gigi besar. Dari perhitungan susunan roda gigi didapat beban pada bantalan roda gigi sebagai acuan perhitungan untuk menentukan spesifikasi bantalan gelinding yang akan digunakan.

Kemudian setelah diperoleh kecepatan dan torsi *output* dari *gear box* selanjutnya dapat dihitung untuk menentukan dimensi dan material poros roda. Poros roda penggerak didesain dapat menerima beban lentur dan beban puntir, sementara untuk poros roda pengikut dirancang hanya dapat menerima beban lentur. Diperoleh material poros roda penggerak dengan diameter 55 mm dan poros roda pengikut berdiameter 40 mm menggunakan material S45C.

KESIMPULAN

- Pada *slewing system* membutuhkan daya motor sebesar **0,215806 Kw**. Maka pada perancangan ini dipilih motor *drive* Stahl dengan tipe SF 25228313 mempunyai *double speed* dengan daya 0,32 kW pada kecepatan 9,7 rpm dan 1,25 kW pada kecepatan 38,8 rpm.

- b) *Gear box* memiliki rasio 1:9 dengan rekayasa susunan roda gigi berturut-turut 18:54 dan 18:54 yang dapat menghasilkan putaran roda 4,2773 rpm. Diameter poros roda gigi A, B, C dan D berturut-turut adalah 30 mm, 35 mm, 35 mm dan 50 mm. S35C digunakan sebagai material pinion dan poros-poros roda gigi dan material FC-30 digunakan untuk roda gigi besar. Bantalan gelinding yang digunakan adalah tipe *sealed double row angular contact ball bearing* 3206 A-2RS1, 3207 A-2RS1, 3210 A-2RS1 dengan umur pakai direncanakan 24000 *hour* dan kehandalan 90%.
- c) Poros roda pengikut memiliki diameter 40 mm, material yang digunakan S45C yang menumpu pada bantalan gelinding tipe *sealed double row angular contact ball bearing* 3308 A-2RS1. Poros roda pejalan memiliki diameter 55 mm, material yang digunakan S45C yang menumpu pada bantalan gelinding tipe *sealed double row angular contact ball bearing* 3311 A-2RS1 dengan umur pakai direncanakan 24000 *hour* dan kehandalan 90%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Rudenko, *Mesin Pengangkat*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1996.
- [2] M. A. Syamsir, *Pesawat-Pesawat Pengangkat*. Jakarta: CV. Rajawali Pers, 1990.
- [3] M. Dhanoosha and V. G. Reddy, "Detail Design and Analysis of A Free Standing I Beam Jib Crane," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 12, pp. 193–203, 2016.
- [4] J. K. Gupta and R. S. Khurmi, *Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House, 2005.
- [5] W. P. Marsis and D. Agung, "Analisa Perancangan Roda Gigi Lurus Menggunakan Mesin Konvensional," *J. MESIN Teknol.*, vol. 7, no. 2, pp. 056–067, Dec. 2013.
- [6] Sularso dan K. Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Masin*. Jakarta: Pradnya Paramita, 2004.

ANALISIS UJI GETARAN PUTARAN POROS *CHILLER WATER PUMP* UNTUK PENENTUAN WAKTU PENGGANTIAN KOMPONEN KARET KOPLING

Aidil Fitriyah¹, Agus Riyanto², Hasan Hariri³

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK. Dalam dunia industri sendiri banyak yang menggunakan mesin pompa motor untuk membantu jalannya proses produksi yang beroperasi secara terus menerus. Kerusakan motor yang tidak terdeteksi dapat mengakibatkan *shutdown* dari proses produksi yang pastinya menyebabkan hilangnya waktu produktif akibat perbaikan mesin yang cukup lama, biaya pemeliharaan yang besar akibat banyaknya komponen yang diganti, dan kerugian bahan baku produksi yang seharusnya bisa diolah tetapi harus terbuang karena mesin berhenti beroperasi. Kerusakan umum yang terjadi pada motor dan pompa adalah ketidaksumbuan poros antara penggerak (*driver*) dengan yang digerakkan (*driven*) atau yang lebih dikenal dengan *misalignment*. Perawatan terhadap mesin pada suatu perusahaan harus dilakukan agar kinerja mesin tersebut berjalan dengan maksimal. Perawatan (*Maintenance*) sebagai konsep dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas fasilitas, mesin dan peralatan agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi awalnya. Perawatan dilakukan untuk perbaikan yang bersifat kualitas, meningkatkan suatu kondisi agar performa menjadi lebih baik. Maka dari itu tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis adanya *misalignment shaft* pada mesin pompa motor dengan mengukur getaran pada mesin pompa motor menggunakan *vibration tester* agar nantinya dapat dilakukan pencegahan sebelum terjadinya *breakdown* pada mesin pompa motor tersebut dengan penggantian karet kopling secara terjadwal, memberi pengetahuan tentang karakteristik data getaran dari mesin motor pompa kondisi *misalignment shaft* karena karet kopling kondisi buruk dengan data getaran dari mesin motor pompa kondisi *alignment* karena karet kopling kondisi baik, dan memberikan perbandingan anggaran biaya yang dikeluarkan jika dilakukan perawatan sebelum *breakdown* pada mesin pompa motor dengan biaya yang dikeluarkan perawatan sesudah *breakdown* pada mesin pompa motor. Lokasi objek penelitian berada di ruang chiller PT. Aplikasi Lintasarta. Metode penelitian dilakukan dengan cara melakukan pengukuran objek yang diteliti dari waktu ke waktu kemudian ditarik kesimpulan dari karakteristik getaran dengan membandingkannya dengan standar ISO 10816-3 sehingga didapatkan waktu perawatan penggantian komponen karet kopling secara berkala. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis sinyal getaran pada motor pompa air untuk merencanakan waktu penggantian karet kopling sebelum terjadi *misalignment* dengan pengambilan data getarannya. Dari data getaran tersebut dianalisis jangka waktu terjadinya keausan karet kopling, sehingga dapat dirancang waktu untuk *preventive maintenance* untuk pencegahan terjadinya keausan karet kopling yang dapat menyebabkan *misalignment* tersebut.

Kata Kunci—*perawatan; misalignment shaft; mesin pompa motor; getaran.*

PENDAHULUAN

Revolusi industri yang dimulai pada akhir abad ke-18 berpengaruh sekali dalam perkembangan di dunia industri. Namun perkembangan itu harus diimbangi juga dengan teknik perawatannya. Teknik perawatan yang berbasis waktu (*time base preventive maintenance*) merupakan teknik perawatan yang umum digunakan. Karena perawatan ini dianggap tidak terlalu baik maka dilakukanlah pengembangan teknik perawatan yang lebih baik lagi agar mengusahakan mesin/peralatan berfungsi dengan baik, ekonomis, dan efisien.

Berdasarkan buku “Sistem Perawatan Terpadu” karya M. I. Ansori & Mustajib, kebutuhan perawatan terhadap mesin harus dilakukan dalam suatu perusahaan agar kinerja mesin tersebut berjalan dengan maksimal [1]. Dalam sistem pendinginan, mesin motor pompa air menjadi salah satu poin penting yang harus diperhatikan. Kerusakan motor yang tidak terdeteksi dapat mengakibatkan *shutdown* dari proses produksi yang pastinya menyebabkan hilangnya waktu produktif akibat perbaikan mesin yang cukup lama, biaya

pemeliharaan yang besar akibat banyaknya komponen yang diganti, dan kerugian bahan baku produksi yang seharusnya bisa diolah tetapi harus terbuang karena mesin berhenti beroperasi [2].

Kerusakan umum yang terjadi pada motor dan pompa adalah ketidaksumbuan poros antara penggerak (*driver*) dengan yang digerakkan (*driven*) atau yang lebih dikenal dengan *misalignment*. Adanya kerusakan ini menyebabkan getaran yang berlebihan sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada komponen-komponen mesin dan selanjutnya memperpendek umur mesin tersebut.

Kopling adalah suatu alat yang mempunyai fungsi untuk menghubungkan dua buah poros guna menyalurkan suatu gerak putaran (*torsi*) [3]. Cara kerja kopling adalah saat poros penggerak mulai bekerja (berputar) maka ujung kedua poros disambungkan pada kopling. Terjadi hentakan di kopling, maka dari itu digunakanlah komponen peredam pada kopling yang terbuat dari bahan karet atau plastik untuk meredam hentakan ini.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis sinyal getaran pada motor pompa air untuk merencanakan waktu penggantian karet kopling sebelum terjadi *misalignment* dengan pengambilan data getarannya. Dari data getaran tersebut dianalisis jangka waktu terjadinya keausan, sehingga dapat dirancang waktu untuk *preventive maintenance* untuk pencegahan terjadinya *misalignment* tersebut. Penelitian ini mengambil referensi dari beberapa penelitian seperti “Pengukuran Getaran Torsional pada Poros Berputar dengan Metode Digital Image Processing”, “Analisis Getaran Struktur Mekanik pada Mesin Berputar untuk Memprediksi Kerusakan Akibat Kondisi *Unbalance* Sistem Poros *Rotor*”, “Deteksi Kerusakan Bantalan Gelinding pada Pompa Sentrifugal dengan Analisis Sinyal Getaran”, “Diagnosa Kerusakan Motor Induksi dengan Sinyal Getaran”, dan “Optimalisasi Analisa Vibrasi untuk Mendeteksi Gejala *Misalignment* pada Mesin Berputar”.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeteksi timbulnya keausan pada karet kopling dengan menganalisis sinyal getaran yang dihasilkan oleh pompa tersebut ketika sedang beroperasi, dapat membuat rencana waktu penggantian karet kopling pada motor pompa, menyiapkan anggaran yang harus dikeluarkan selama perawatan mesin tersebut.

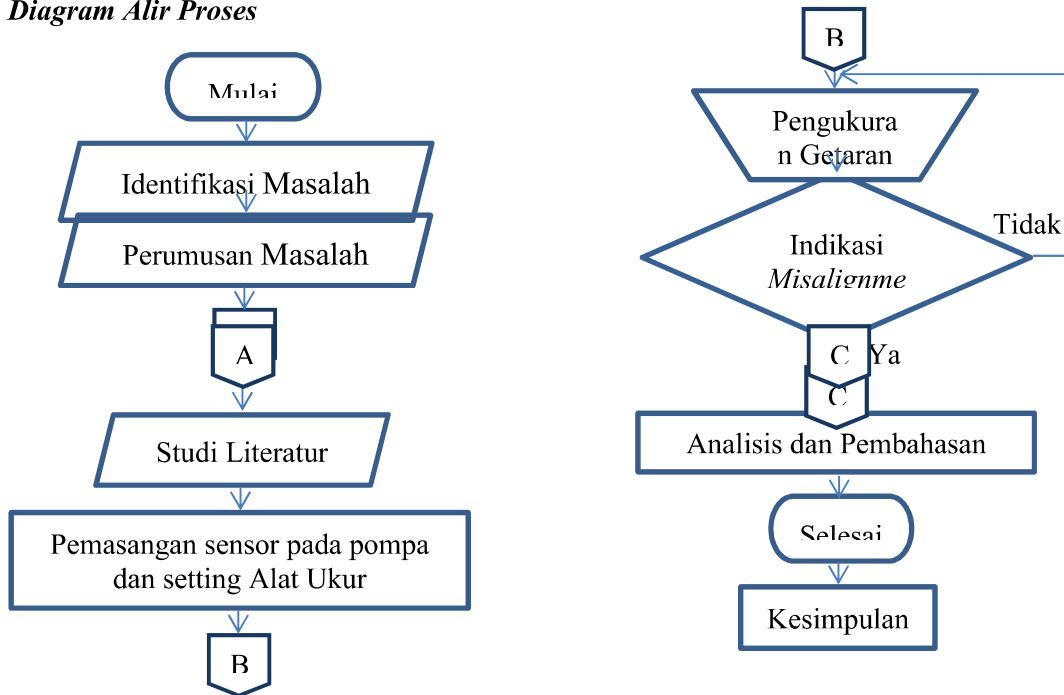
Cakupan penelitian dilakukan pada mesin motor pompa yang ada di Ruang Chiller PT. Aplikanusa Lintasarta dan waktu pelaksanaannya dilakukan pada bulan Maret 2019 – selesai.

METODE

Metode penelitian merupakan gambaran mengenai langkah yang sesuai, sehingga akan memudahkan dalam melakukan penelitian. Kerangka penelitian ini merupakan proses yang terdiri dari tahap yang saling terkait antara satu tahap dalam melakukan penelitian dimulai dari awal yaitu mengangkat permasalahan hingga penarikan kesimpulan.

- 1) *Lokasi dan waktu penelitian*. Penelitian di laksanakan di Ruang Chiller PT. Aplikanusa Lintasarta yang dilakukan pada bulan Maret 2019 – selesai.
- 2) *Jenis penelitian*. Jenis penelitian yaitu tentang analisa getaran dan waktu terjadinya keausan karet kopling.
- 3) *Pengumpulan data*. Pengumpulan data dari pengukuran getaran pada putaran poros *chiller water pump*.

a. Diagram Alir Proses



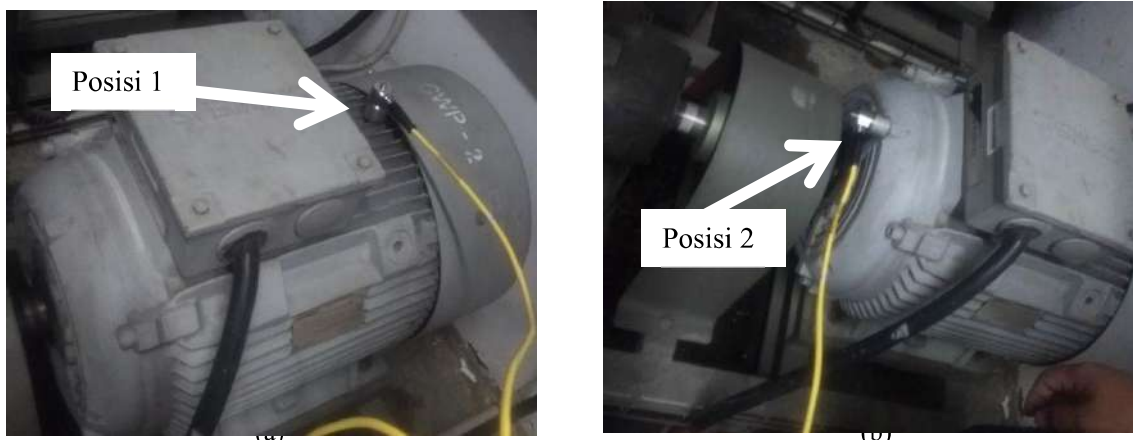
Gambar 1 Diagram alir proses

Langkah-langkah penelitian diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

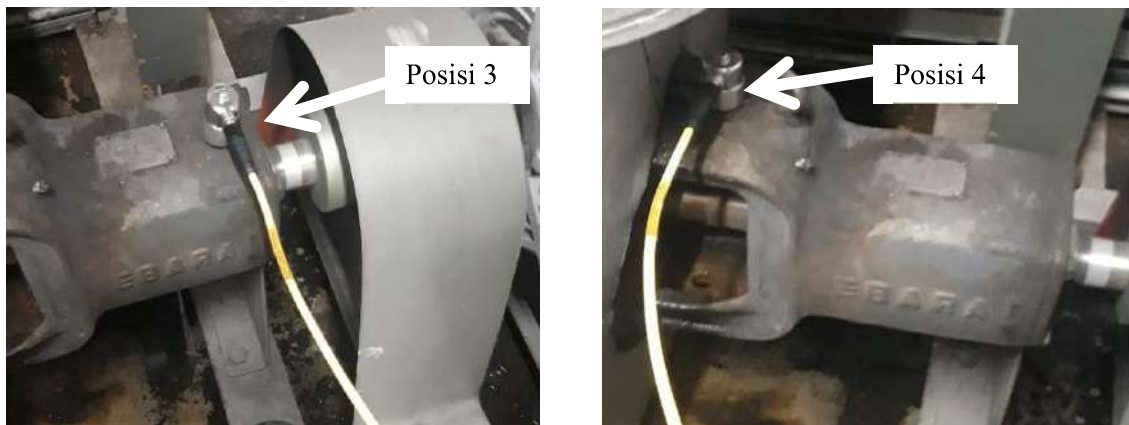
- 1) *Identifikasi Masalah*. Dalam hal ini saya melakukan observasi atau identifikasi masalah yang ada di perusahaan yang bertujuan untuk menentukan judul penelitian, identifikasi masalah dilakukan saat melakukan pengambilan data. Hasil dari identifikasi masalah yang ada nantinya akan dibuat rencana jadwal penggantian suatu komponen.
- 2) *Perumusan Masalah*. Pada tahap perumusan masalah ini saya mulai memperdalam masalah yang ada menjadi lebih spesifik agar mempermudah menentukan hasil dan kesimpulan dalam membuat penelitian ini.
- 3) *Studi Literatur*. Ide yang saya ajukan akan lebih kuat bila didukung dengan literatur, maka saya melakukan studi literatur yang sesuai dengan topik penelitian yang sedang saya buat. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini :
 - Jurnal ilmiah online dan karya tulis ilmiah.
 - Buku-buku yang berhubungan dengan bahasan.
 - Diskusi dengan dosen terkait.
- 4) *Pemasangan sensor pada pompa dan setting alat ukur*. Sebelum pengukuran getaran menggunakan alat ukur *Vibration Tester* yang pertama dilakukan adalah pemasangan *Reflective Tape* pada poros pompa motor yang bertujuan agar nantinya sensor pada Tachometer dapat membaca berapa *Rotation per Minutes* (rpm) dari pompa motor.
- 5) *Pengukuran Getaran*. Pada tahap ini saya melakukan pengukuran getaran pada pompa motor dengan menggunakan alat Fluke 810 *Vibration Tester* untuk mengambil data getaran yang selanjutnya akan dianalisa sampai terjadinya *missaligment*.

b. Tahapan Pengukuran

- 1) *Setting Alat Ukur*. Pada tahap ini dilakukan pengaturan tanggal dan waktu pada alat ukur, kemudian memberikan nama mesin yang akan dilakukan pengukuran.
- 2) *Mematikan Motor Pompa*. Mematikan motor pompa dilakukan dengan cara mematakannya melalui panel kontrol.
- 3) *Pemasangan Reflective Tape*. Pemasangan *Reflective Tape* dilakukan pada poros motor pompa, agar terbaca ketika mengukur putaran motor menggunakan Tachometer.
- 4) *Menyalakan Motor Pompa*. Setelah pemasangan *Reflective Tape* sudah selesai, motor pompa kembali dinyalakan dengan cara menyalakannya melalui panel kontrol.
- 5) *Pengukuran Putaran Poros Motor*. Pengukuran dilakukan dengan cara mengarahkan laser alat ukur tachometer tersebut ke arah poros yang sudah dipasang *Reflective Tape*.
- 6) *Peletakan sensor accelerometer di posisi 1, posisi 2, posisi 3, dan posisi 4*.



Gambar 2 Posisi sensor accelerometer: (a) posisi 1; (b) posisi 2.



Gambar 3 Posisi sensor accelerometer: (a) posisi 3; (b) posisi 4

c. Alat Pengujian yang Digunakan

Untuk mendapatkan data sesuai yang diinginkan pada penelitian, maka alat uji yang digunakan yaitu :
Fluke 810 *Vibration Tester*



Gambar 4 Alat ukur *vibration tester*

Komponen-komponen yang terdapat pada alat *Vibration Tester* sebagai berikut :

- 1) *Tachometer*. Untuk mengukur putaran kerja mesin pompa motor digunakan alat tachometer.



- 2) *Piezo Accelerometer Sensor*. Sensor Accelerometer berfungsi untuk mengubah sinyal getaran menjadi sinyal tegangan listrik.



3) *Display*. Untuk menampilkan data hasil pengukuran.



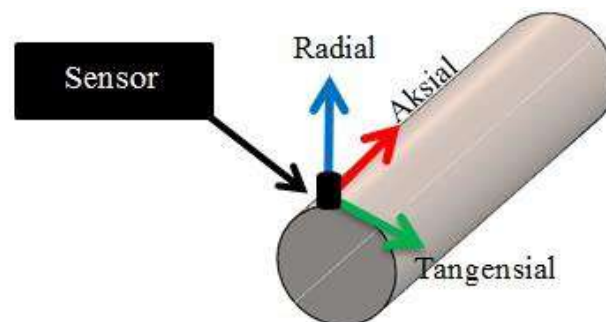
Gambar 7 Display

4) *Fluke Viewer Software 2.0*. Untuk mengolah data yang telah diukur menggunakan alat Vibration Test.



Gambar 8 Software fluke viewer

HASIL

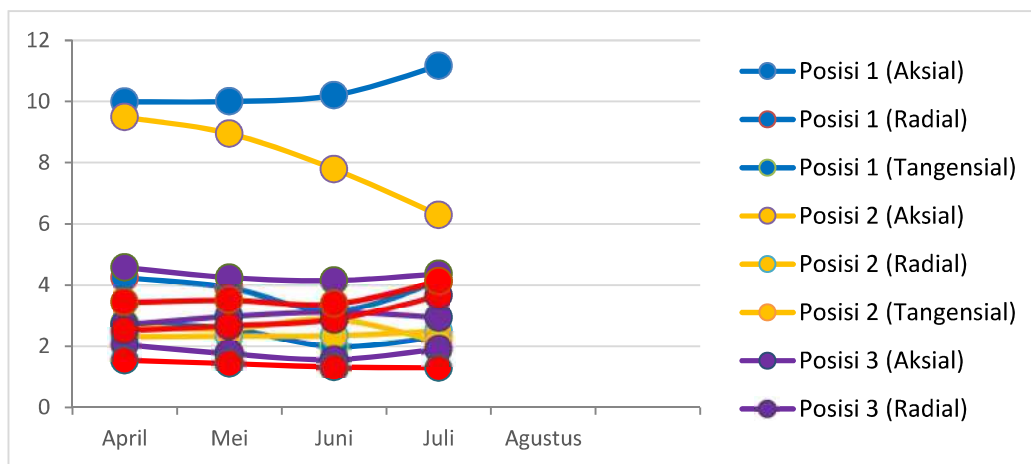


Arah getaran yang terbaca oleh alat ukur ada tiga, yaitu:

- Aksial adalah arah getaran yang sejajar dengan sumbu poros berdasarkan letak sensornya.
- Radial adalah arah getaran yang tegak lurus dengan sumbu poros berdasarkan letak sensornya.
- Tangensial adalah arah getaran yang tegak lurus dengan arah radial berdasarkan letak sensornya.

Tabel 1 Hasil pengukuran getaran menggunakan *vibration tester*

Bulan	Posisi 1 (mm/s)			Posisi 2 (mm/s)			Posisi 3 (mm/s)			Posisi 4 (mm/s)		
	Aksial	Radial	Tangensial	Aksial	Radial	Tangensial	Aksial	Radial	Tangensial	Aksial	Radial	Tangensial
Maret	8,87	2,84	2,46	11,02	2,03	3,86	3,02	1,82	4,51	1,82	3,64	2,01
April	9,99	4,24	2,76	9,49	2,31	2,65	2,7	2,05	4,57	2,51	1,54	3,44
Mei	10	3,91	2,58	8,95	2,34	2,57	2,97	1,75	4,24	2,67	1,43	3,51
Juni	10,2	3,16	1,99	7,79	2,35	2,88	3,11	1,56	4,14	2,88	1,32	3,39
Juli	11,17	4,12	2,31	6,29	2,5	2,14	2,94	1,91	4,36	3,66	1,29	4,12
Agustus												

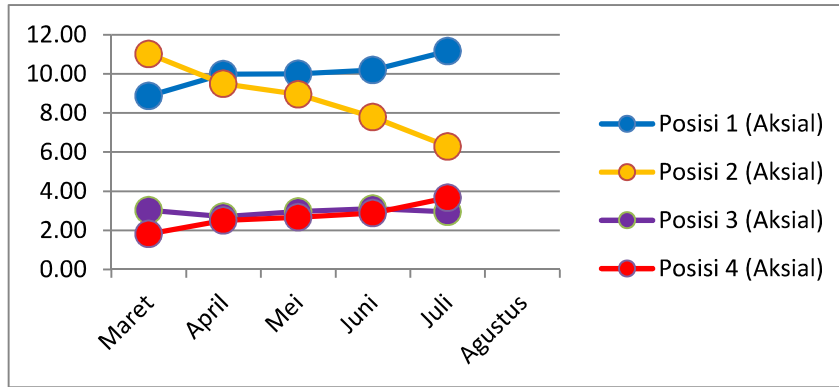


Gambar 10 Diagram garis data hasil pengukuran getaran

Dari tabel dan grafik diatas menunjukkan nilai dari pengukuran getaran menggunakan *vibration tester* pada posisi 1, posisi 2, posisi 3, dan posisi 4 dengan arah Aksial, Radial dan Tangensial secara keseluruhan.

Tabel 2 Data hasil getaran posisi aksial

Bulan	Posisi 1 (Aksial)	Posisi 2 (Aksial)	Posisi 3 (Aksial)	Posisi 4 (Aksial)
Maret	8,87 mm/s	11,02 mm/s	3,02 mm/s	1,82 mm/s
April	9,99 mm/s	9,49 mm/s	2,7 mm/s	2,51 mm/s
Mei	10 mm/s	8,95 mm/s	2,97 mm/s	2,67 mm/s
Juni	10,2 mm/s	7,79 mm/s	3,11 mm/s	2,88 mm/s
Juli	11,17 mm/s	6,29 mm/s	2,94 mm/s	3,66 mm/s
Agustus				

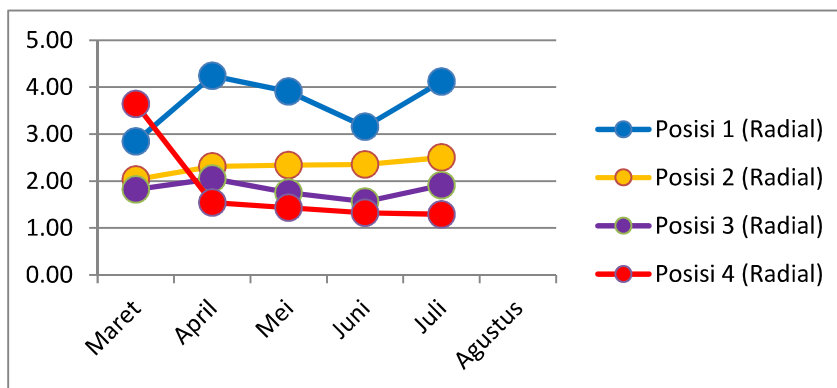


Gambar 11 Diagram garis data hasil getaran posisi aksial

Pada tabel dan grafik diatas menunjukkan nilai dari pengukuran getaran menggunakan *vibration tester* pada posisi 1, posisi 2, posisi 3, dan posisi 4 dengan arah Aksial. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada posisi 4 mengalami kenaikan nilai getaran yang seimbang di setiap bulannya.

Tabel 3 Data hasil getaran posisi radial

Bulan	Posisi 1 (Radial)	Posisi 2 (Radial)	Posisi 3 (Radial)	Posisi 4 (Radial)
Maret	2,84 mm/s	2,03 mm/s	1,82 mm/s	3,64 mm/s
April	4,24 mm/s	2,31 mm/s	2,05 mm/s	1,54 mm/s
Mei	3,91 mm/s	2,34 mm/s	1,75 mm/s	1,43 mm/s
Juni	3,16 mm/s	2,35 mm/s	1,56 mm/s	1,32 mm/s
Juli	4,12 mm/s	2,5 mm/s	1,91 mm/s	1,29 mm/s
Agustus				

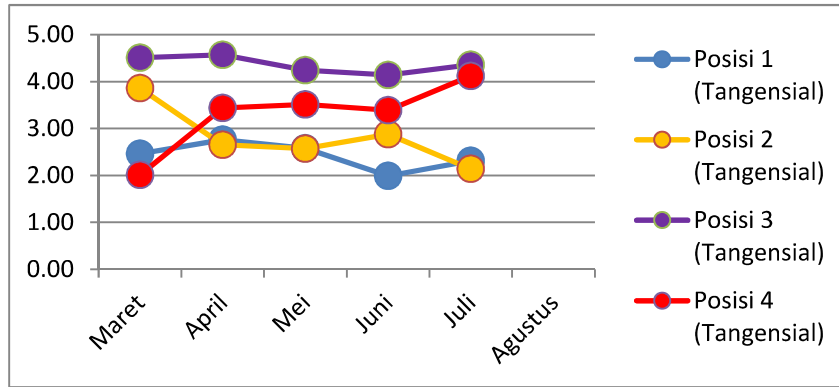


Gambar 12 Diagram garis data hasil getaran posisi radial

Pada tabel dan grafik diatas menunjukkan nilai dari pengukuran getaran menggunakan *vibration tester* pada posisi 1, posisi 2, posisi 3, dan posisi 4 dengan arah Radial.

Tabel 4 Data hasil getaran posisi tangensial

Bulan	Posisi 1 (Tangensial)	Posisi 2 (Tangensial)	Posisi 3 (Tangensial)	Posisi 4 (Tangensial)
Maret	2,46 mm/s	3,86 mm/s	4,51 mm/s	2,01 mm/s
April	2,76 mm/s	2,65 mm/s	4,57 mm/s	3,44 mm/s
Mei	2,58 mm/s	2,57 mm/s	4,24 mm/s	3,51 mm/s
Juni	1,99 mm/s	2,88 mm/s	4,14 mm/s	3,39 mm/s
Juli	2,31 mm/s	2,14 mm/s	4,36 mm/s	4,12 mm/s
Agustus				



Gambar 13 Diagram garis data hasil getaran posisi tangensial

Pada tabel dan grafik diatas menunjukkan nilai dari pengukuran getaran menggunakan *vibration tester* pada posisi 1, posisi 2, posisi 3, dan posisi 4 dengan arah Tangensial.

Tabel 5 Hasil pengukuran ketika mengalami kerusakan komponen karet kopling

Bulan	Posisi 1			Posisi 2			Posisi 3			Posisi 4		
	Aksial	Radial	Tangensial	Aksial	Radial	Tangensial	Aksial	Radial	Tangensial	Aksial	Radial	Tangensial
Maret	29,13	16,07	6,02	22,77	7,05	14,26	11,63	2,26	19,61	10,42	1,64	15,41

Dari teori *misalignment* diketahui bahwa *Parallel Misalignment* dan *Angular Misalignment* terjadi pada bidang Horizontal (Aksial) dan Vertical (Radial) [3]. Maka yang menjadi dasar untuk penentuan jadwal penggantian keausan komponen karet kopling adalah dari hasil data pengukuran getaran posisi 4 aksial karena mengalami kenaikan nilai getaran yang seimbang.

Tabel 6 Hasil kenaikan nilai getaran posisi aksial

Bulan	Posisi 1 (Aksial)	Posisi 2 (Aksial)	Posisi 3 (Aksial)	Posisi 4 (Aksial)
Maret - April	1,12	-1,53	-0,32	0,69
April - Mei	0,01	0,54	0,27	0,16
Mei - Juni	0,2	-1,16	0,14	0,21
Juni - Juli	0,97	1,5	-0,17	0,78

Kenaikan rata-rata nilai getaran posisi 4 (aksial) sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{kenaikan 1} + \text{kenaikan 2} + \text{kenaikan 3} + \text{kenaikan 4}}{\text{Periode waktu (bulan)}}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{0,69 + 0,16 + 0,21 + 0,78}{4}$$

$$\text{Rata - rata} = 0,46 \text{ mm/s}$$

Periode waktu (bulan) keausan karet kopling selanjutnya dapat diketahui melalui perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Periode waktu} = \frac{\text{Getaran Tertinggi} - \text{Getaran Rendah}}{\text{Kenaikan rata - rata}}$$

$$\text{Periode waktu} = \frac{10,42 \left[\frac{\text{mm}}{\text{s}} \right] - 3,66 \left[\frac{\text{mm}}{\text{s}} \right]}{0,46}$$

Periode waktu = 14,69 ~ 15 bulan

Total periode waktu = 15 + 5 = 20 bulan

Biaya Perbaikan:

$$\text{Total biaya perbaikan} = \frac{(\text{Biaya TK} \times \text{Waktu Kerja} \times \text{Jumlah Tk}) + (\text{Biaya Komponen})}{\text{Periode waktu}}$$

Dimana biaya tenaga kerja diabaikan karena gaji karyawan dibayarkan setiap bulan sehingga biaya penggantian adalah biaya komponen yang diganti, sehingga diperoleh:

Tabel 7 Biaya komponen

No	Komponen	Harga (Rp)
1.	Karet Kopling	10.000
2.	Kain dan Bahan Pelumas (<i>Grease</i>)	200.000

$$\text{Total biaya perbaikan} = \frac{(\text{Biaya komponen})}{\text{Periode waktu}}$$

$$\text{Total biaya perbaikan} = \frac{(8 \times 10.000) + 200.000}{20}$$

Total biaya perbaikan = Rp 280.000 per 20 bulan

Biaya perbaikan setelah terjadi *breakdown* pada mesin motor pompa:

$$\text{Total biaya perbaikan} = \frac{(\text{Biaya TK} \times \text{Waktu Kerja} \times \text{Jumlah Tk}) + (\text{Biaya Komponen})}{\text{Periode waktu}}$$

Dimana biaya tenaga kerja diabaikan karena gaji karyawan dibayarkan setiap bulan sehingga biaya penggantian adalah biaya komponen yang diganti, biaya komponen didapat dari dampak negatif *misalignment* dan periode waktu di asumsikan selama 4 tahun, sehingga diperoleh:

Tabel 8 Biaya komponen

No	Komponen	Harga (Rp)
1.	Motor Listrik Siemens 3 Phase 4 pole	18.151.000
2.	Pompa Ebara 200x150 FS4JA	33.264.000
3.	Kopling Tetap FCL 200	640.000
4.	Kain dan Bahan Pelumas (<i>Grease</i>)	200.000

$$\text{Total biaya perbaikan} = \frac{(\text{Biaya komponen})}{\text{Periode waktu}}$$

$$\text{Total biaya perbaikan} = \frac{18.151.000 + 33.264.000 + 640.000 + 200.000}{48}$$

Total biaya perbaikan = Rp 52.255.000 per 48 bulan

KESIMPULAN



Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan data, penulis mendapatkan kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian mengenai Analisis Uji Getaran Putaran Poros *Chiller Water Pump* Untuk Penentuan Jadwal Penggantian Komponen Karet Kopling sebagai berikut:

1. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa keausan pada karet kopling dapat di deteksi dengan menggunakan hasil data pengukuran getaran posisi 4 aksial karena mengalami kenaikan nilai getaran yang seimbang dengan kenaikan pada bulan Maret – April sebesar 0,69 , pada bulan April – Mei sebesar 0,16 , pada bulan Mei – Juni sebesar 0,21 , pada bulan Juni – Juli sebesar 0,78 yang selanjutnya dapat ditentukan periode waktunya.
2. Waktu yang dibutuhkan untuk komponen karet kopling mengalami keausan adalah selama 20 bulan yang dapat mengakibatkan *Parallel Misalignment* dan *Angular Misalignment*, dimana jika dibiarkan akan membuat komponen lainnya rusak bahkan harus dilakukan penggantian (*replace*) mesin motor pompa.
3. Perbandingan biaya yang sangat jauh untuk anggaran biaya maintenance jika dilakukan *Preventive Maintenance* dengan penggantian karet kopling dan jika perbaikan setelah terjadi *breakdown* pada mesin motor.

DAFTAR PUSTAKA

1. M. I. Ansori, Nachrul & Mustajib, *Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System)*. Yogyakarta: Graha Ilmu, (2013).
2. R. Rosyadi, J. Tek. Mesin S-1, Diagnosa kerusakan motor induksi dengan sinyal getaran 1, vol. 2, no. 4, pp. 405–412, (2014).
3. Sularso, *Pompa dan kompresor: pemilihan, pemakaian dan pemeliharaan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2000.
4. T. Rahayu and A. Multi, J. umj semnastek, *Pengaruh missaligment terhadap arus dan getaran pada motor induksi*, pp. 1–2, (2017).

ANALISIS HUBUNGAN ANTARA INDEKS KOMPLEKSITAS PRODUK DENGAN EFISIENSI PERAKITAN PRODUK STUDI KASUS : *SLIDER (RETSLETING)*

Muthia Khansa^{1*}, Hasan Hariri², Wina Libyawati³

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK

Peningkatan kompleksitas produk terus menjadi salah satu tantangan terbesar yang dihadapi oleh industri manufaktur saat ini. Produk modern yang kompleks mungkin memiliki ribuan komponen yang diproduksi oleh ratusan proses manufaktur dan perakitan. Kompleksitas akan semakin meningkat jika jumlah dan keanekaragaman fitur yang akan diproduksi juga meningkat. Pengukuran indeks kompleksitas dilakukan pada produk *slider* atau lebih dikenal dengan sebutan *retsleting*. *Slider* memiliki tingkat kerumitan khusus pada proses perakitannya dikarenakan jumlah komponen yang banyak dan dimensi komponen yang relatif kecil. Pengukuran indeks kompleksitas produk dilakukan menggunakan metode yang telah dikenalkan oleh ElMaraghy dan Urbanic melalui jurnalnya yang berdasarkan pada jumlah informasi, keragaman informasi, dan konten informasi produk. Kemudian indeks kompleksitas akan dihubungkan dengan efisiensi perakitan produk menggunakan metode regresi linier untuk mengetahui korelasi antar keduanya. Pengukuran efisiensi perakitan produk dilakukan berdasarkan DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*). Varian yang akan digunakan ada 5 varian model, yaitu *slider non-lock*, *slider semi-automatic lock*, *slider reversible automatic lock*, *slider automatic lock (leaf spring)*, dan *slider automatic lock (wire spring)*. Dengan menganalisa efisiensi perakitan serta memperbaiki proses dan operasi manufaktur, dapat mengurangi indeks kompleksitas produk sehingga akan membuat proses manufaktur menjadi lebih produktif dan efisien. Oleh karena itu, menganalisa hubungan antara keduanya diharapkan dapat memengaruhi *productivity* produk yang dihasilkan pada industri manufaktur.

Kata kunci : Indeks kompleksitas, *slider*, efisiensi perakitan produk

PENDAHULUAN

Proses manufaktur merupakan suatu proses yang mengubah bahan mentah menjadi barang jadi atau setengah jadi (produk) yang memiliki nilai tambah dan standar spesifikasi sendiri baik di proses menggunakan mesin (mekanis) maupun tanpa menggunakan mesin (manual). Proses manufaktur terdiri dari desain produk, pemilihan material, *planning*, *manufacturing production*, *quality assurance*, manajemen serta pemasaran produk dari proses manufaktur. Proses manufaktur memproduksi produk secara massal.

Penelitian ini akan membahas mengenai hubungan antara indeks kompleksitas produk terhadap efisiensi perakitan produk yang akan dihubungkan menggunakan regresi linier. Perhitungan indeks kompleksitas menggunakan metode ElMaraghy dan Urbanic sedangkan perhitungan efisiensi perakitan produk menggunakan metode dari buku DFMA (*Design for Manufacturing Assembly*). Produk yang digunakan ialah *slider* atau yang lebih dikenal *retsleting*. *Slider* merupakan suatu benda kecil yang dapat menyambungkan dan memisahkan dua kain yang memiliki puluhan bahkan ratusan gigi berbahan metal atau plastik (*zipper*). *Slider* memiliki tingkat kerumitan khusus pada proses perakitannya dikarenakan dimensi komponen yang relatif kecil. Oleh karena itu, perlu diadakannya analisa pengukuran indeks kompleksitas terhadap efisiensi perakitan produk *slider (retsleting)*.

Romiyadi dan Henky Suskito Nugroho [1] menggunakan metode ElMaraghy dan Urbanic untuk Pengukuran Indeks Kompleksitas Produk terhadap Produk *Pressed Part: Bracket Air Box Component*. Produk didesain ulang dengan mengurangi jumlah lubang menjadi 4 dengan dimensi yang sama dengan desain sebelumnya serta mengabaikan *variable general surface finish*. Perubahan desain tersebut memengaruhi nilai indeks kompleksitas produk dari 7,96 menjadi 6,98. Hal tersebut dikarenakan berubahnya jumlah informasi akibat perubahan desain produk.

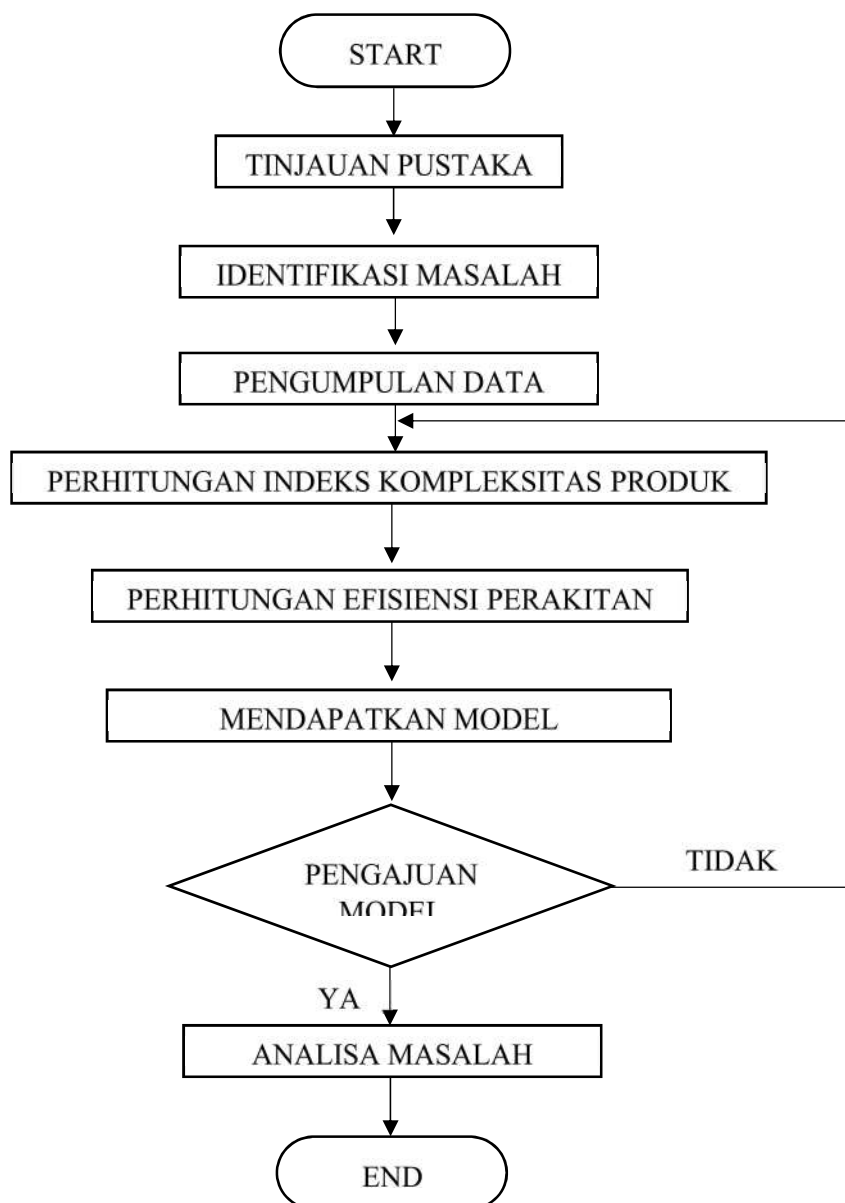
*Corresponding author: khansa.muthia0201@gmail.com

Romiyadi dan Emon Azriadi [2] menggunakan metode ElMaraghy dan Urbanic untuk Kompleksitas Produk Manufaktur Berbasis Informasi Produk terhadap Produk Proses Bubut. Produk yang digunakan adalah *External Thread Bearing Housing*. Produk didesain ulang dengan menambahkan proses *polishing* dan *hardening* pada proses *finishing* produk bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk, sehingga nilai indeks kompleksitas pun meningkat dari 6,28 menjadi 8,96 dan 19 proses perakitan. Setelah dilakukan perbaikan dan eliminasi pada desain produk, hasil rancangan berubah menjadi lebih mudah dan cepat dengan 16 komponen penyusun, 64 proses pembuatan komponen, dan 15 proses perakitan.

Dari penelitian-penelitian diatas telah membahas Indeks Kompleksitas dan *Design For Assembly*. Dari keseluruhan penelitian diatas, belum banyak membahas mengenai analisa hubungan indeks kompleksitas produk terhadap efisiensi perakitan produk pada studi kasus *slider (retsleting)* yang akan dideskripsikan menggunakan metode regresi linier. Dengan menganalisa efisiensi perakitan serta memperbaiki proses dan operasi manufaktur, dapat mengurangi indeks kompleksitas produk sehingga akan membuat proses manufaktur menjadi lebih produktif dan efisien. Oleh karena itu, menganalisa hubungan antara keduanya diharapkan dapat memengaruhi *productivity* produk yang dihasilkan pada industri manufaktur.

METODE

Tahapan penelitian terangkum seperti pada diagram alir di bawah ini:

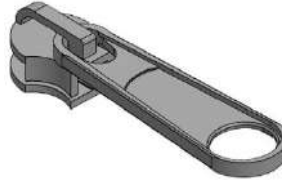


Gambar 1. Diagram Alir

(1) Identifikasi Masalah

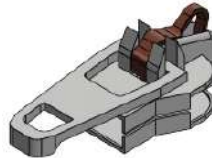
Dalam penelitian ini, produk yaitu *slider (retsleting)* memiliki 5 varian model dengan metode perakitan secara manual. Varian model yang akan diteliti, sebagai berikut:

(2) *Slider Non-Lock*



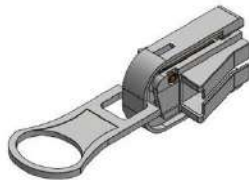
7) *Gambar 2. Non-lock Slider*

(3) *Slider Semi Automatic Lock*



8) *Gambar 3. Semi Automatic Lock Slider*

(4) *Slider Reversible Automatic Lock*



9) *Gambar 4. Reversible Automatic Lock Slider*

(5) *Slider Automatic Lock (Leaf Spring)*



10) *Gambar 5. Automatic Lock Slider: Leaf Spring*

(6) *Slider Automatic Lock (Wire Spring)*



11) *Gambar 6. Automatic Lock Slider: Wire Spring*

(7) Pengumpulan Data

Menurut ElMaraghy dan Urbanic pada jurnalnya yang berjudul “*Modelling of Manufacturing System Complexity*”, langkah-langkah menghitung indeks kompleksitas sebagai berikut: [4]

- (1) Menentukan tingkat kerumitan pembuatan *slider* menggunakan metode *ranking* dengan membagi aktivitas ke dalam 3 kelompok: 0 (*low*), 0.5 (*medium*), dan 1 (*high*) berdasarkan komponen yang digunakan.
- (2) Menentukan total jumlah informasi yang berhubungan dengan *slider* (N).
- (3) Menghitung entropi berdasarkan jumlah informasi *slider*.

$$H = \log_2 (N+1) \quad (1)$$

Dimana:

H : Entropi dari informasi produk

N : Total jumlah informasi produk

- (4) Menentukan jumlah variasi *slider* yang dipandang unik (n).
- (5) Menghitung rasio variasi informasi berdasarkan jumlah variasi *slider* terhadap total jumlah informasi *slider*.

$$D_R = \frac{n}{N} \quad (2)$$

Dimana:

D_R : Rasio variasi informasi produk

n : Jumlah variasi produk yang dipandang unik

- (6) Menentukan masing-masing jumlah dan jenis aspek yang memengaruhi fitur (J) dan spesifikasi (K).
- (7) Membuat masing-masing matriks hubungan antara komponen dan fitur (J), begitu juga komponen dan spesifikasi (K) dengan menerapkan sistem peringkat seperti pada langkah 1.
- (8) Pembobotan rata-rata yang terkait dengan kompleksitas relatif dari berbagai aspek fitur dan spesifikasi pada tiap komponen *slider*.

$$C_{f, feature} = \frac{F_N \times F_{CF} + S_N \times S_{CF}}{F_N + S_N} \quad (3)$$

Dimana:

$C_{f, feature}$: Koefisien kompleksitas fitur relatif

F_N : Jumlah fitur

F_{CF} : Faktor kompleksitas fitur

S_N : Jumlah spesifikasi

S_{CF} : Faktor kompleksitas spesifikasi

Dengan

$$F_{CF} = \frac{\sum_{j=1}^J \text{Faktor tingkat ke } j}{I} \quad (4)$$

Dimana:

J : Jumlah aspek yang memengaruhi fitur

Faktor tingkat ke j : Faktor untuk kategori ke j yang sekian (j^{th})

Dan dengan

$$S_{CF} = \frac{\sum_{k=1}^K \text{Faktor tingkat ke } k}{K} \quad (5)$$

Dimana:

K : Jumlah aspek yang memengaruhi spesifikasi

Faktor tingkat ke k : Faktor untuk kategori ke k yang sekian (k^{th})

$$C_{j, \text{produk}} = \sum_{f=1}^F x_f \times C_{f, \text{feature}} \quad (6)$$

Dimana:

$C_{j, \text{produk}}$: Koefisien kompleksitas relatif

x_f : Persentase bentuk kesekian x^{th} yang tidak sama

(9) Menghitung indeks kompleksitas

$$CI_{\text{produk}} = (D_{R \text{ produk}} + C_{j, \text{produk}}) \times H_{\text{produk}} \quad (7)$$

Dimana:

CI_{produk} : Indeks kompleksitas produk

Perhitungan efisiensi perakitan produk berdasarkan DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*) pada buku Boothroyd. Efisiensi perakitan akan dihitung dan dibandingkan antara perhitungan efisiensi perakitan manual secara ideal dan manufaktur.

Untuk perhitungan efisiensi perakitan manual ideal menggunakan persamaan berikut: [5]

$$E_{\text{ma}} = \frac{N_{\text{min}} \times t_a}{t_{\text{ma}}} \quad (8)$$

Dimana:

E_{ma} : Efisiensi perakitan [%]

N_{min} : Jumlah komponen minimum secara teoritis

t_a : Waktu perakitan dasar untuk satu komponen [s]

t_{ma} : Estimasi waktu untuk menyelesaikan perakitan produk [s]

Sedangkan untuk perhitungan perakitan manual secara manufaktur menggunakan persamaan berikut:

$$HP_1 = \frac{WH}{c}$$

Dimana:

HP_1 : Hasil produksi ideal [pcs]

WH : Waktu kerja Operator (50.400 [s/hari])

c : *Cycle time* [s/pcs]

(10) Pembuatan Model Matematik

Untuk menghubungkan indeks kompleksitas dengan efisiensi perakitan menggunakan metode regresi linier agar dapat melihat nilai hubungan antar keduanya [6].

$$Y = a + bx \tag{9}$$

Dimana:

Y : Subyek dalam variabel dependen yang diprediksikan

x : Subyek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu

a : Parameter *intercept*

b : Parameter koefisien regresi variabel bebas

HASIL

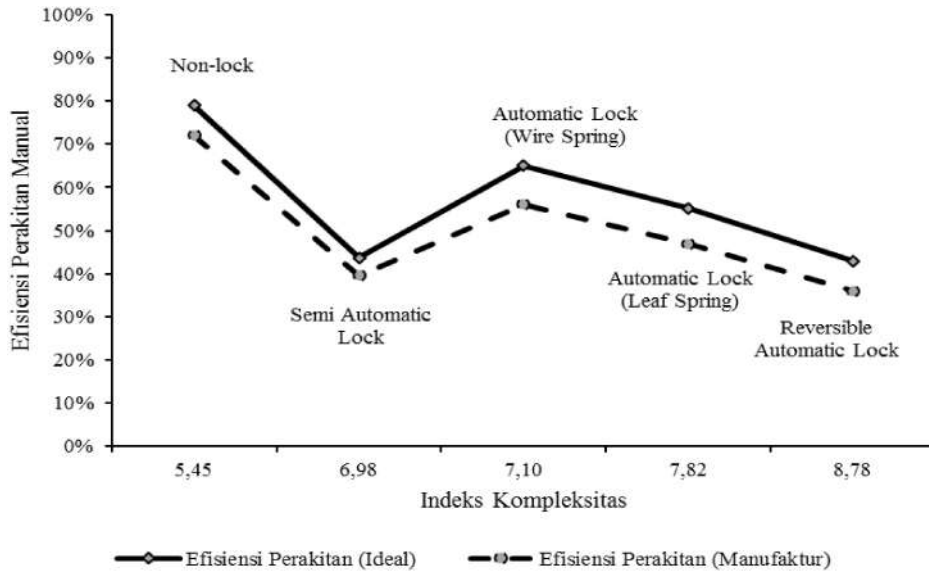
Pemodelan matematik dibuat berdasarkan tipe *slider* (varian) yang diteliti, yaitu *slider non-lock*, *semi-automatic lock*, *reversible automatic lock*, *automatic lock (leaf spring)*, dan *automatic lock (wire spring)*.

12) Tabel 1. Variabel Pemodelan Matematik

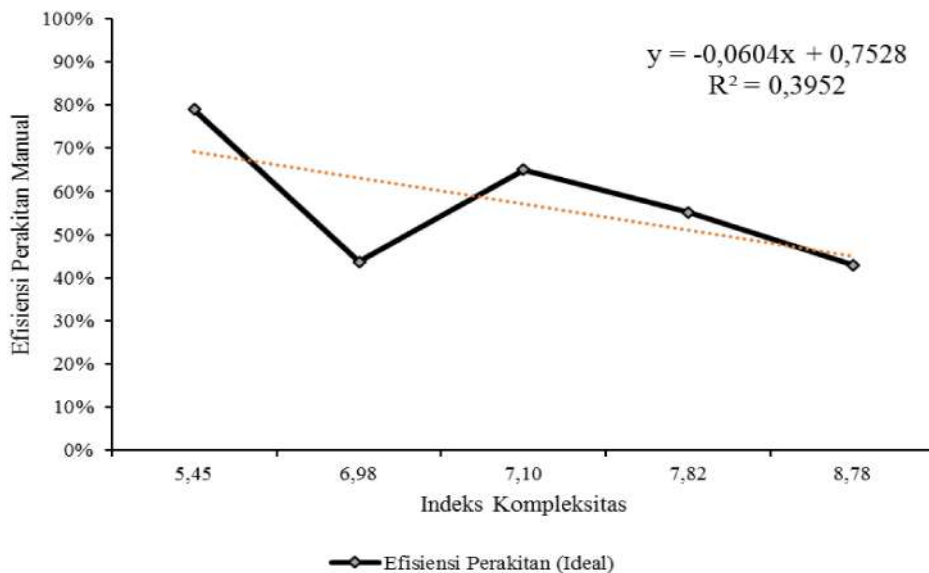
No.	Tipe Slider (Varian)	Jumlah Komponen	Indeks Kompleksitas Produk	Efisiensi Perakitan (Ideal)	Efisiensi Perakitan (Manufaktur)
1	<i>Non-Lock</i>	2	5,45	79%	72%
2	<i>Semi Automatic Lock</i>	3	6,98	44%	40%
3	<i>Reversible Automatic Lock</i>	6	8,78	43%	36%
4	<i>Automatic Lock (Leaf Spring)</i>	4	7,82	55%	47%
5	<i>Automatic Lock (Wire Spring)</i>	3	7,10	65%	56%

Tabel 1. menunjukkan nilai indeks kompleksitas produk, efisiensi perakitan manual secara ideal, dan efisiensi perakitan manual secara manufaktur. Berdasarkan tabel tersebut, nilai indeks kompleksitas berbanding lurus dengan jumlah komponen. Semakin sedikit jumlah komponen, maka semakin kecil nilai indeks kompleksitasnya. Nilai indeks kompleksitas tertinggi ada pada tipe *slider reversible automatic lock* sebesar 8,78 dan nilai terendah ada pada tipe *slider non-lock* sebesar 5,45.

Perbandingan antara efisiensi perakitan manual ideal dengan manufaktur juga dapat terlihat pada tabel 1. *Slider non lock* memiliki efisiensi paling besar dikarenakan jumlah komponennya yang sedikit dan mudah saat di rakit. Komponen mudah dilakukan saat proses *handling* dan *insertion*. Sedangkan efisiensi yang paling kecil yaitu *slider reversible automatic lock*. Hal ini dikarenakan proses perakitannya lebih lama akibat dari bentuk komponen yang sulit sehingga menghambat proses *handling* dan pandangan juga terhalang pada saat proses *insertion* komponen yang dimensinya kecil. Jumlah komponen *slider semi automatic lock* dengan *slider automatic lock* menggunakan *wire spring* sama yaitu 3 komponen, namun efisiensi perakitan *slider semi automatic lock* lebih kecil dikarenakan waktu perakitannya yang lebih lama 20,6 detik dibanding *slider automatic lock* menggunakan *wire spring* 13,9 detik.

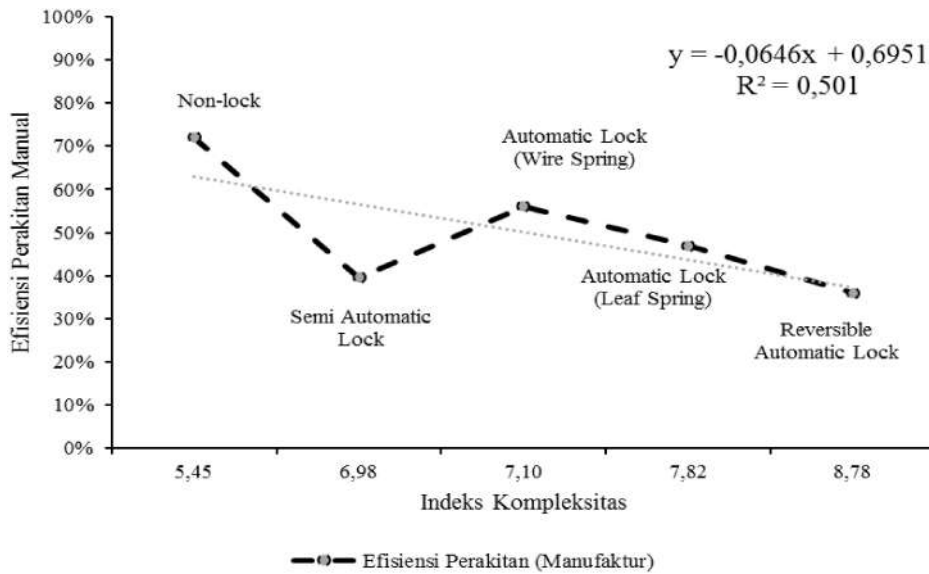


13) Gambar 7. Perbandingan Efisiensi Perakitan Manual dengan Indeks Kompleksitas



14) Gambar 8. Perbandingan Efisiensi Perakitan Manual Ideal dengan Indeks Kompleksitas

Pada gambar 8. menunjukkan hubungan indeks kompleksitas produk dengan efisiensi perakitan manual secara ideal dari 5 tipe *slider* (varian). Dari hubungan tersebut, didapatkan *trendline* dengan nilai persamaan $y = -0,0604x + 0,7528$ dengan nilai $R^2 = 0,3952$. Jika dilihat *trendline*-nya, grafik mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini dipicu akibat semakin kompleks suatu produk, maka efisiensi cenderung turun. R tertinggi mempunyai koefisien korelasi sebesar 0,63. Dengan begitu indeks kompleksitas mempunyai pengaruh terhadap efisiensi perakitan manual ideal sebesar 63% untuk ke-5 tipe *slider* (varian).



15) Gambar 9. Perbandingan Efisiensi Perakitan Manual Manufaktur dengan Indeks Kompleksitas

Pada gambar 9. menunjukkan hubungan indeks kompleksitas produk dengan efisiensi perakitan manual secara manufaktur dari 5 tipe *slider* (varian). Dari hubungan tersebut, didapatkan *trendline* dengan nilai persamaan $y = -0,0646x + 0,6951$ dengan nilai $R^2 = 0,501$. Jika dilihat *trendline*-nya, grafik mengalami penurunan seperti efisiensi perakitan manual secara ideal. R tertinggi mempunyai koefisien korelasi sebesar 0,71. Dengan begitu indeks kompleksitas mempunyai pengaruh terhadap efisiensi perakitan manual ideal sebesar 71% untuk ke-5 tipe *slider* (varian).

KESIMPULAN

Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa hubungan antara indeks kompleksitas dengan efisiensi perakitan produk dari ke-5 tipe *slider* (varian), maka dapat disimpulkan:

- (1) Jumlah komponen pada *slider* memengaruhi nilai indeks kompleksitas. Semakin sedikit jumlah komponennya maka semakin rendah nilai indeks kompleksitasnya. Begitu juga sebaliknya, semakin banyak jumlah komponennya maka semakin tinggi nilai indeks kompleksitasnya.
- (2) Dapat disimpulkan dari analisa hubungan antara indeks kompleksitas produk dengan efisiensi perakitan manual secara ideal bahwa indeks kompleksitas mempunyai pengaruh terhadap efisiensi perakitan manual ideal sebesar 63% untuk ke-5 tipe *slider* (varian).
- (3) Untuk analisa hubungan antara indeks kompleksitas produk dengan efisiensi perakitan manual secara manufaktur, indeks kompleksitas mempunyai pengaruh terhadap efisiensi perakitan manual ideal sebesar 71% untuk ke-5 tipe *slider* (varian).
- (4) Indeks kompleksitas memberikan pengaruh terhadap efisiensi perakitan. Untuk studi kasus *slider* semakin tinggi nilai indeks kompleksitas, semakin rendah nilai efisiensi perakitannya.

Saran

Jika akan menganalisa indeks kompleksitas maka harus memiliki data yang valid dan menggunakan perhitungan yang benar dan tepat agar nilai indeks kompleksitas yang muncul sesuai dengan kondisi sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Teknobiologi, P. Kampar, D. T. Mesin, and U. Indonesia, “Pengukuran Indeks Kompleksitas Produk terhadap Produk Pressed Part Berbasis Informasi Produk (Case Study: Bracket Air Box Component),” 2013.
- [2] Romiyadi; Emon Azriadi, “Estimation of the Manufacturing Product Complexity Based on the Product Information on Turning Process Product,” *Int. J. Eng. High-End Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–16, 2016.
- [3] I. Priadythama, S. Susmartini, and A. W. Nugroho, “Penerapan DFMA untuk Low Cost High Customization Product,” *PERFORMA Media Ilm. Tek. Ind.*, vol. 16, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [4] W. H. ElMaraghy and R. J. Urbanic, “Modelling of Manufacturing Systems Complexity,” *CIRP Ann.*, vol. 52, no. 1, pp. 363–366, Jan. 2003.
- [5] G. Boothroyd, P. Dewhurst, and W. Knight, *Product Deisgn for Manucture and assembly*.
- [6] D. Kurniawan, “Regresi Linier,” *Statistic*, 2008.

DESIGN CHUCK ROBOT PADA PROSES INJECTION UNTUK MENGURANGI DEFECT RATIO PART PADA PT XYZ

Muhammad Faisol Fahmi¹ , Agus Riyanto²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK. Perkembangan teknologi industri *manufactur* yang semakin meningkat pesat. Memberikan banyak dampak yang cukup berpengaruh terhadap produktifitas sebuah perusahaan. Untuk memenuhi permintaan customer yang meningkat maka penulis melakukan *improvement design* terhadap *chuck robot* untuk menjaga kualitas customer yaitu dengan cara mengatasi masalah kualitas dalam sebuah proses. Chuck robot adalah alat bantu pengambilan part hasil injection yang keluar dari cetakan (*Molding*). Diperlukan design yang dapat dalam proses *improvement chuck robot* untuk dapat menjaga kualitas, *reduce cycle time*, dan *reduce manpower*. Sehingga dapat dihasilkan design yang berpengaruh terhadap *defect ratio* dengan target menjadi 98% kondisi ok. *Reduce cycle time* yang awalnya 72 *second* menjadi 52 *second*, dan dapat mengurangi 1 *manpower* untuk proses lanjut.

Kata Kunci— *Design improvement, Chuck robot, Injection Molding.*

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sangatlah berpengaruh terhadap kemajuan suatu bangsa ataupun dalam lingkup kecil sebuah perusahaan. Terkait perkembangan teknologi tersebut dalam sebuah perusahaan mempunyai sebuah tujuan perkembangan teknologi untuk memudahkan suatu pekerjaan. Disisi lain perusahaan mempunyai target produksi yang berkualitas tinggi, sangat mudah didapatkan, dan tingkat efisien dalam penggunaannya. Terkait adanya kebutuhan tersebut, maka mahasiswa lulusan Universitas Pancasila dituntut agar terampil di bidangnya sesuai dengan tuntutan industri.

Dalam hal ini penyusun mengoptimalkan suatu pekerjaan yang ada dalam sebuah industri. PT. XYZ adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam *industry Manufacturing of Lamp*. Produk yang dihasilkan adalah komponen kendaraan berbahan dasar *plastic* yang telah dipasarkan keberbagai *customer* sebuah perusahaan otomotif di Indonesia. Salah satunya adalah komponen kendaraan bermotor roda empat. Untuk memenuhi permintaan customer yang meningkat maka PT. XYZ melakukan *improvement* untuk menjaga kualitas *customer* yaitu dengan cara mengatasi masalah kualitas dalam sebuah proses. Oleh sebab itu, maka Penulis mencoba melakukan penelitian untuk mengoptimalkan sebuah proses pada *chuck robot injection* untuk mengurangi *defect ratio part* yang nantinya diharapkan dapat meningkatkan produktifitas dan kualitas produksi.

Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengembangkan produk yang sudah ada untuk memperkecil resiko *defect* dan penekanan biaya dan Mengoptimalkan *design* supaya proses dapat dilakukan dengan proses otomatis tanpa adanya *manpower* pendukung.

Rumuskan permasalahannya adalah menganalisa bahwa kualitas produk dari *injection molding* terpengaruh oleh proses yang terjadi karena kondisi *chuck robot* yang kurang optimal dikarenakan adanya *secondary* proses yang didalamnya ada proses *handling* yang berpengaruh terhadap *ratio defect* yang targetnya 98 % kondisi OK aktualnya 78 % kondisi OK. Oleh sebab itu, dibutuhkan *improvement design* terhadap jig chuck robot tersebut. Yang juga berpengaruh terhadap *reduce manpower* . mengurangi 1 *manpower* dan *reduce cycle time* yang awalnya 70,92 detik diturunkan semaksimal mungkin

Untuk mendapatkan data primer dengan cara mengamati langsung objek datanya. Dengan pengamatan langsung di PT XYZ, penulis mengadakan analisis langsung untuk mengetahui proses *trial injection molding* pada lens. Sehingga penulis dapat menganalisis optimalisasi *design* yang sesuai untuk kebutuhan dan dapat mengurangi *defect ratio*.

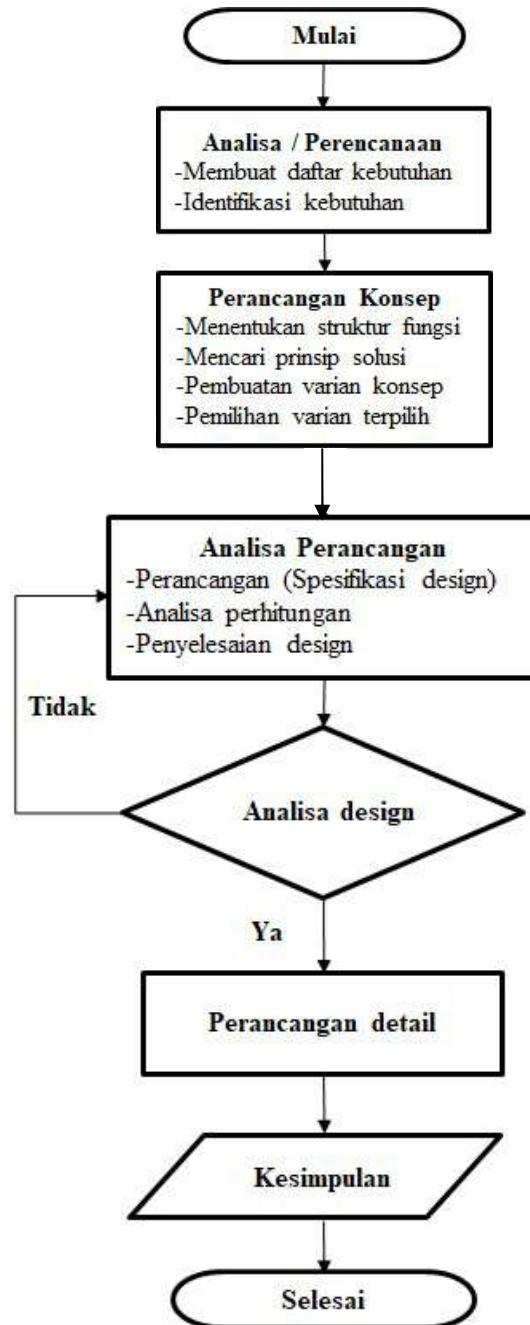
METODE PENELITIAN

Metode penelitian, suatu bentuk atau cara untuk mewujudkan sebuah alat atau produk yang keberadaanya diperlukan oleh masyarakat ataupun sebuah instansi untuk mempermudah pekerjaan [9].

Metode perancangan *improvement design* pada *chuck* robot ini dimulai dengan pengumpulan data dan informasi melalui identifikasi kebutuhan hingga dilakukan evaluasi.

Pada proses *improvement* perancangan *chuck robot* ini, tahapan perancangan yang digunakan adalah metode VDI 2221 (*Verein Deutcher Ingenieure*) menurut Gerhard Pahl dan Wolfgang Beitz (1984) [4].

b. Diagram Alir Proses



Gambar 1 Flow proses perancangan dengan metode VDI 2221

1. Identifikasi Kebutuhan

Dalam penentuan daftar spesifikasi proses perancangan harus dapat membedakan syarat yang menjadi keharusan (*demand*) ataupun syarat yang menjadi keinginan (*wishes*). Untuk mendapatkan hasil identifikasi pelanggan dari produk *improvement* yang diinginkan, saya melakukan survey dengan metode wawancara di lingkungan PT XYZ.

2. Product Positioning

Chuck robot ini merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memudahkan pengambilan part hasil *injection* dengan sistem *pneumatic*. Alat ini merupakan alat yang mempunyai kemudahan dalam pengoperasiannya karena dilengkapi dengan robot penggerak, dan memiliki design yang sederhana sehingga memudahkan manpower dalam proses pemasagannya kebagian lengan robot ^[9].

3. Perancangan Konsep

Perancangan konsep *chuck robot* terdiri dari beberapa tahapan antara lain : analisis produk pesaing, penentuan struktur fungsi, pemilihan kombinasi, *Alternative* produk *design*, kombinasi prinsip solusi, pemilihan konsep varian, dan yang terakhir adalah evaluasi design.

4. Struktur Fungsi

Struktur fungsi disini adalah penentuan tugas dari perancangan konsep secara detail. Yang membahas tentang mekanisme alat. Struktur fungsi digambarkan melalui blok diagram. Struktur fungsi berisi masukan dan keluaran yang diinginkan. Dibuatkan skema dalam bentuk aliran energi, material dan sinyal.

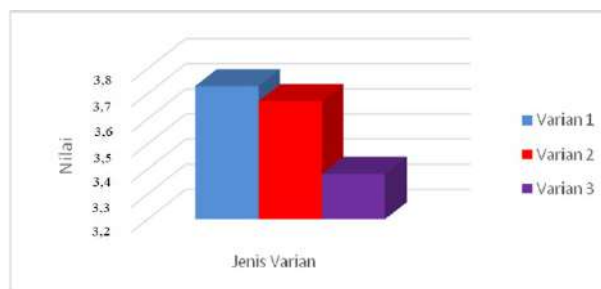
5. Pemilihan Kombinasi Prinsip Solusi

Dalam perancangan dan pembuatan alat *chuck robot* ini dipergunakan metode *morphological chart*. Untuk mendapatkan kombinasi terbaik harus dilakukan pengeleminasian dan pemilihan.

6. Evaluasi

Konsep varian-varian yang telah dibuat harus dievaluasi satu demi satu. Evaluasi ini termasuk membandingkan sebuah solusi dengan solusi yang dianggap ideal.

Sehingga didapatkan nilai untuk masing-masing varian seperti gambar berikut ini :



Gambar 9 Perbandingan nilai antar varian

7. Menentukan Rating Tiap Varian

Untuk menentukan *rating* tiap varian maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$WR_j = \frac{OWV_j}{V_{max} \sum_{i=0}^n W_i}$$

Sehingga :

$$\text{Varian 1} = WR_j = \frac{3.73}{3 \times 6} = 0,209$$

$$\text{Varian 2} = WR_j = \frac{3.67}{3 \times 6} = 0,206$$

$$\text{Varian 3} = \text{WRj} = \frac{3,38}{3 \times 6} = 0,186$$

Ranking 1 : Varian 1 = 0,209

Ranking 2 : Varian 2 = 0,206

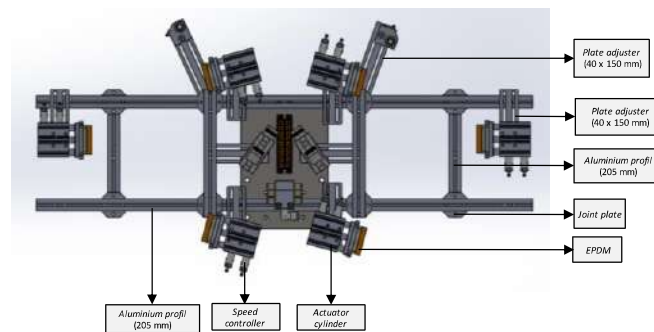
Ranking 3 : Varian 3 = 0,186

PERANCANGAN DAN ANALISIS

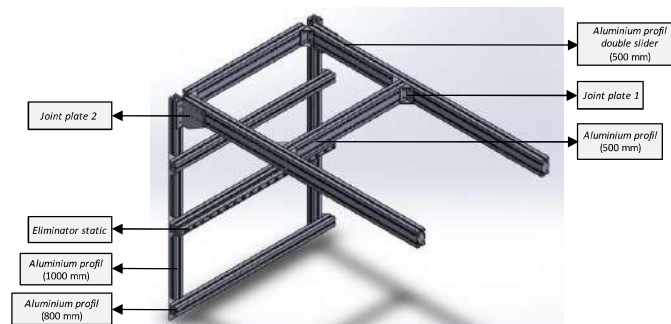
1. Perancangan kontruksi



Gambar 5 Part lens HL



Gambar 5 2 Chuck robot Front view



Gambar 5 frame eliminator static isometric view

2. Evaluasi Perancangan

Evaluasi perancangan dalam hal ini, peneliti melakukan evaluasi terhadap rancangan dengan tujuan untuk mengetahui *improvement* penambahan alat *eliminator static* berfungsi dengan baik pada posisi dan sudut yang sudah ditentukan dalam rancangan. Berikut adalah evaluasi perancangannya :

- Cara pengukuran : Melakukan pengukuran ketika *part injection* sudah berada pada mesin *annealing conveyor*. Yang diukur adalah part yang sudah terkena semprotan *static* dari *eliminator static* sewaktu part keluar dari molding.
- Alat ukur : Pengukur listrik statis Sunhayato EG-1. Berfungsi untuk mengukur kandungan *static* yang ada dalam part ataupun lingkungan kerja. Biasanya digunakan untuk mengukur kondisi part terhadap kegagalan perangkat yang disebabkan oleh gaya statis.



Gambar 5 Alat ukur listrik statis

- c. Jenis eliminator static : *Pengion* sensor berkecepatan sangat tinggi tipe hibrida Seri SJ-E. Berfungsi sebagai sistem eliminasi statis. Adanya listrik statis menyebabkan adhesi debu dan kotoran atau kegagalan perangkat, yang mengakibatkan masalah dalam proses *manufakturing*.



Gambar 5 Eliminator static Seri SJ-E

Tabel 1 Spesifikasi Eliminator static

Keseimbangan ion		$\pm 30V$
Jarak pengoperasian		50 ~ 2000 mm
Resistansi lingkungan	Suhu sekitar pengoperasian	0 ~ +40°C
	Kelembapan pengoperasian sekitar	35 ~ 85% RH (tanpa kondensasi)
Bahan		ABS/PBT/PP/LPC/PPS/SPS/SUS
Tekanan pasokan udara		0,1 ~ 0,5 MPa (Tekanan udara yang disarankan : 0,2 MPa)

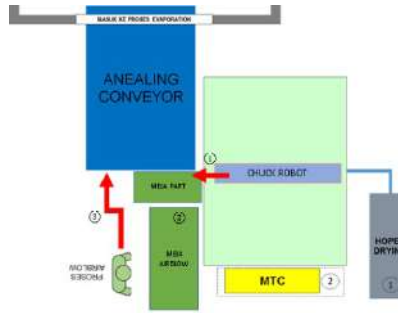
Tabel 1 Hasil Pengukuran electrostatis

Pengukuran ke	Jarak <i>eliminator static</i> ke benda kerja	Sebelum	Sesudah	Waktu
1	500 mm	5,0 kV	0,07 kV	6~7 s
2	500 mm	4,9 kV	0,08 kV	6~7 s
3	500 mm	4,9 kV	0,07 kV	6~7 s
4	500 mm	4,8 kV	0,07 kV	6~7 s
5	500 mm	4,9 kV	0,08 kV	6~7 s

3. Evaluasi Layout dan Cycle Time

Evaluasi *layout* dan *cycle time* dalam hal ini, peneliti melakukan evaluasi terhadap rancangan dengan tujuan untuk mengetahui *improvement* penambahan alat *eliminator static* berfungsi dengan baik. Dengan kondisi *layout* dan *cycle time* yang berubah setelah adanya *improvement* dalam rancangan. Menjadikan *prosentase NG* berkurang. Berikut adalah evaluasi perancangannya :

a. Sebelum *improvement*

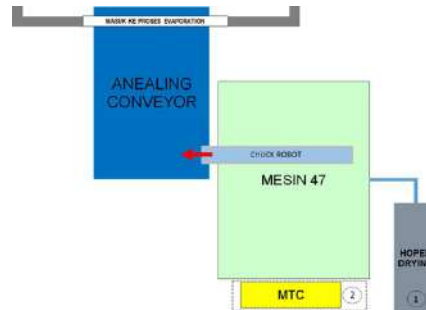


Gambar 5 Layout proses *injection* HL Lens

Tabel 1 Waktu kerja total injection

Nama Proses	Standar Waktu Kerja/Produksi		Setting waktu	
	Jenis Pekerjaan	Waktu (s)	Waktu (s)	Total (s)
Injection	Injection waktu total (Part keluar dari mold sampai ke meja kerja)	54	54	70,92
Electric cleaner (Manual)	[1] Mengambil barang	0,72	11,7	
	[2] Mengambil air gun	0,72		
	[3] Air blow (luas area blow $\leq 0.3m^2$)	5,4		
	[4] Menaruh air gun	0,72		
Visual check	Appearance check	4,14	4,14	
Berjalan kaki	1~2 dtk (bergerak $\sim 1.5m$)	0,36	0,36	
Supply part ke oven	Menaruh barang	0,72	0,72	

b. Sesudah *improvement*



Gambar 5 Layout proses *injection* HL Lens

Tabel 1 Waktu kerja total injection

Nama Proses	Standar Waktu Kerja/Produksi		Setting waktu	
	Jenis Pekerjaan	Waktu (s)	Waktu (s)	Total (s)
Injection	Injection waktu total (Part keluar dari mold sampai ke meja kerja)	54	54	70,92
Electric cleaner (Manual)	[1] Mengambil barang	0,72	11,7	
	[2] Mengambil air gun	0,72		
	[3] Air blow (luas area blow $\leq 0.3m^2$)	5,4		
	[4] Menaruh air gun	0,72		
Visual check	Appearance check	4,14	4,14	
Berjalan kaki	1~2 dtk (bergerak $\sim 1.5m$)	0,36	0,36	
Supply part ke oven	Menaruh barang	0,72	0,72	

4. Data Produksi

1. Data Defect ratio

Tabel 1 Sampling data monitoring NG RH side pada bulan Juni 2019

No	Item	Juni 2019				
		2	3	4	5	6
1	Total produksi (pcs)	497	250	180	630	650
2	Qty NG proses (pcs)	38	24	26	39	61
3	Qty NG trial (pcs)	75	25	0	74	75
4	(%) NG proses	7,10	8,76	12,62	5,83	8,58
5	(%) NG trial	13,11	9,09	0	10,51	10,34
6	Budomari (%)	79,79	82,15	87,38	83,66	81,08

Tabel 1 Sampling data monitoring NG RH side pada bulan Juli 2019

No	Item	Juli 2019				
		2	3	4	8	9
1	Total produksi (pcs)	513	250	790	24	218
2	Qty NG proses (pcs)	7	8	50	1	18
3	Qty NG trial (pcs)	75	45	92	0	20
4	(%) NG proses	1,35	3,10	5,95	4,00	7,63
5	(%) NG trial	12,76	15,25	10,43	0	8,40
6	Budomari (%)	85,90	81,64	83,62	96	83,97

Budomari adalah istilah dari bahasa jepang yang mempunyai arti *First time yield* (Hasil waktu pertama) yaitu jumlah unit bagus dikurangi jumlah unit yang *not good (NG)*. Perhitungan *budomari* di PT XYZ dapat dicari dengan cara :

$$\begin{aligned}
 (\%) \text{ NG Proses} &= \text{Qty NG proses} / (\text{Qty NG proses} + \text{Qty total produksi}) \\
 &= 38 / (38 + 497) \times 100 \\
 &= 7,10 \% \text{ dari total produksi} \\
 (\%) \text{ NG Trial} &= \text{Qty NG trial} / (\text{Qty NG trial} + \text{Qty total produksi}) \\
 &= 75 / (75 + 497) \times 100 \\
 &= 13,11 \% \text{ dari total produksi} \\
 (\%) \text{ Budomari} &= 100 - (\% \text{NG proses} + \% \text{NG trial}) \\
 &= 100 - (7,10 + 13,11) \\
 &= 79,79 \text{ dari total produksi}
 \end{aligned}$$

Tabel 1 Sampling data monitoring jenis NG RH side pada bulan Juni 2019

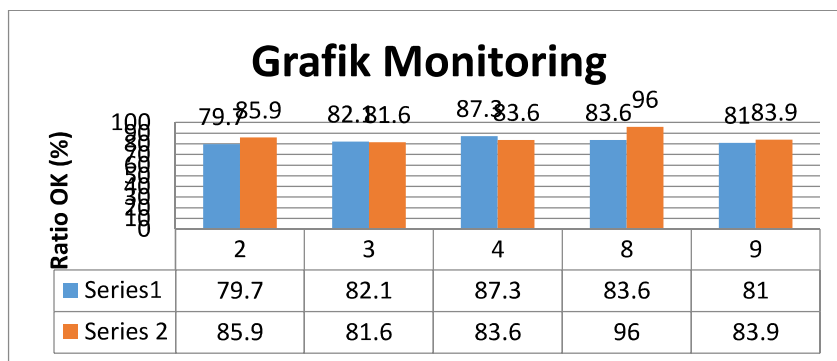
No	Jenis cacat (defect)	Jumlah defect Juni 2019				
		2	3	4	5	6
1	<i>Black dot</i> (Bintik hitam)	5	0	0	0	0
2	Benang	14	9	12	10	15
3	<i>Flek</i>	0	0	0	0	0
4	Sidik jari	6	5	5	8	2
5	Kotor debu	8	6	8	16	6
6	<i>Silver</i>	2	0	1	5	20
7	<i>Bubble</i>	0	0	0	0	17
8	Kabut	0	0	0	0	0
9	Gelombang	0	0	0	0	0

10	<i>Flow mark (Burry fudo)</i>	3	4	0	0	0
Total		38	24	26	39	61

Tabel 1 Sampling data monitoring jenis NG RH side pada bulan Juli 2019

No	Jenis cacat (<i>defect</i>)	Jumlah <i>defect</i> Juli 2019				
		2	3	4	8	9
1	<i>Black dot</i> (Bintik hitam)	5	0	4	1	3
2	Benang	0	0	0	0	0
3	<i>Flek</i>	0	0	0	0	15
4	Sidik jari	0	0	0	0	0
5	Kotor debu	0	0	0	0	0
6	<i>Silver</i>	2	4	6	0	0
7	<i>Bubble</i>	0	0	0	0	0
8	Kabut	0	0	0	0	0
9	Gelombang	0	0	8	0	0
10	<i>Flow mark (Burry fudo)</i>	0	4	34	0	0
Total		7	8	50	1	18

2. Grafik Monitoring



Gambar 5 Layout proses *injection* HL Lens

Series 1 : Bulan juni 2019

Series 2 : Bulan juli 2019

Dari grafik diatas dapat dilihat kenaikan % ratio OK setelah dilakukan *improvement* pada *chuck robot* dengan penambahan *eliminasi static*.

5. Analisa Perhitungan Clamp

Diketahui :

- Tekanan udara kompresor
- $P = 6 \text{ bar} = 60000 \text{ N/mm}^2$
- Massa *part housing*
- $m = 448 \text{ gr/part} = 0,448 \text{ kg}$
- 2 part HL Lens
- $m = 0,560 \times 2 = 0,896 \text{ kg}$
- Jumlah mini silinder = 8

1. Gaya berat *part*

F_g : Gaya berat (N)

m : Massa (kg)

g : Gaya Gravitasi (m/s)

$$F_g = m \times g$$

$$= 1,12 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}$$

$$= 11,2 \text{ (kg.m/s)}$$

2. Beban tiap silinder

$$F_g = 1,12 / 6 = 1,86 \text{ N}$$

3. Tekanan udara yang dihasilkan *solenoid* untuk menekan *part*

P = Tekan udara yang dihasilkan selenoid

F = Gaya dorong piston

A = Luas penampang *Gripper finger*

$$A = P \times L = 30 \text{ mm} \times 70 \text{ mm} = 2100 \text{ mm}^2$$

$$P = F / A$$

$$= 60000 \text{ N} / 2100 \text{ mm}^2 = 28,5 \text{ N/mm}^2$$

Gaya tekan *pad* yang dihasilkan silinder $28,5 \text{ N/mm}^2 \geq$ dari gaya beban *part* HL Lens sebesar 1,86 N, sehingga *part* HL Lens dapat dicekam oleh *chuck robot*. Bila tekanan dari *Gripper finger* terlalu besar, tekanan dapat dicecilkan atau di atur melalui *regulator* atau *Speed controller shape "Elbow"*. Dan juga bisa diatur dengan menggeser *solenoid* pada bagian *plate adjuster*.

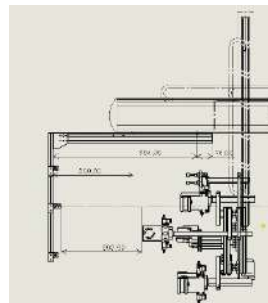
Dari hasil perhitungan di atas dipilih Selenoid SMC MGMPM12-20Z dengan maksimal 1,0 MPa.

6. Analisa Tegangan Tekuk / Bengkok

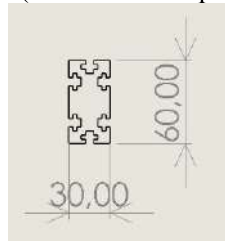
Analisa tegangan tekuk / bengkok terhadap kekuatan kontruksi design. Perhitungan tegangan tekuk yang diterima aluminium profil terhadap beban dari part lain berupa luasan panjang.

Tabel 1 Spesifikasi aluminium profil rangka eliminator static

No	Simbol	Spesifikasi	Dimensi	Satuan
1	<i>b</i>	Lebar	30	mm
2	<i>h</i>	Tinggi	60	mm
3	F/W	Beban yang diterima	39,2	N
4	<i>l</i>	Jarak titik tumpu dengan beban	500	mm



Gambar 5 Dimensi l (Jarak titik tumpu dengan beban)



Gambar 5 Dimensi b dan h

Tegangan tekuk pada rangka *eliminator static*

$$M_b = F \times l$$

$$= 39,2 \times 500$$

$$= 19600 \text{ Nmm}$$

Setelah momen tekuk (M_b) diperoleh, selanjutnya menghitung momen tahanan polar (Z) menggunakan persamaan yang terdapat pada tabel 2.1. Setiap bentuk penampang benda memiliki

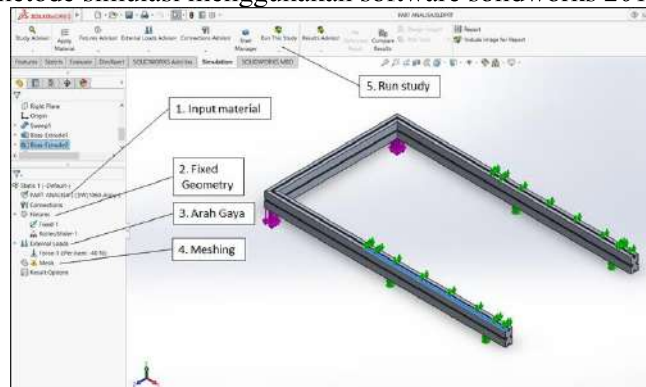
momen tahanan polar yang berbeda. Karena bentuk penampang Aluminium profil berupa *rectangle*, maka rumus menghitung section modulus (Z) adalah

$$\begin{aligned} Z &= bh^2/6 \\ &= 30 \text{ mm} \times 60^2 \text{ mm} /6 \\ &= 18000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

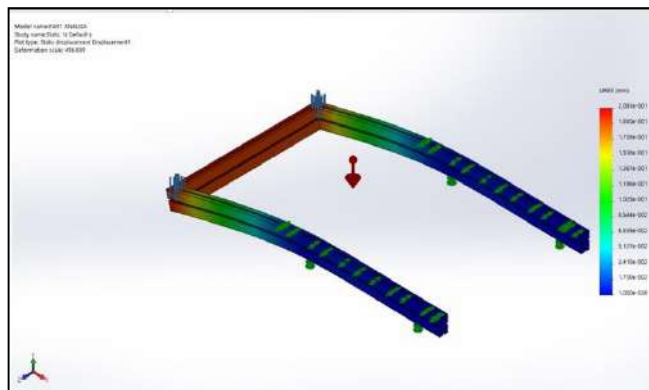
Selanjutnya menggunakan persamaan (2.5), tegangan tekuk (σ_{b1}) yang diterima rangka *eliminator static* dapat diketahui.

$$\begin{aligned} \sigma_{b1} &= Mb / Z \\ &= 19600 / 18000 \\ &= 1,08 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Setelah perhitungan gaya tekuk pada rangka *eliminator static* diperoleh, selanjutnya dilakukan analisis pembebanan melalui metode simulasi menggunakan software *solidworks 2019*.



Gambar 5 Tahapan pembebanan simulasi static



Gambar 5 Hasil Simulasi Material *Aluminium alloy 1060*

Pada gambar terdapat grafik warna yang terletak disisi kanan gambar. Grafik tersebut merupakan nilai von mises stresses. Diketahui dari gambar bahwa *von mises stresses* maksimum yang terjadi adalah 1,08 MPa. Sedangkan untuk material *Aluminium Alloy* *von mises stresses* maksimum yang terjadi masih dibawah *yield strength* material yaitu adalah 207 MPa.

KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, dan pemecahan masalah yang diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan dari *improvement Chuck robot* dengan penambahan *eliminator static* adalah sebagai berikut :

1. Dengan kondisi berawal dari tanggal 2 Juli 2019 dilakukan proses trial produksi % Ratio OK yaitu 79,79 %. Dan dilakukan monitoring selama 5 kali produksi di shift 1 saja. Kondisi meningkat menjadi 83,97%. Beberapa *defect* yaitu sidik jari, kotor debu, dan benang. Yang semula terjadi

akibat *secondary* proses penyemprotan *air gun static* sudah teratasi oleh adanya *improvement*. Bisa dilihat pada tabel 4.6 untuk penurunan jumlah NG pada *defect* tersebut.

Sedangkan untuk pada tanggal 9 Juli 2019 terjadi NG flek yaitu 15 pcs. NG tersebut tidak disebabkan oleh *secondary* proses. Melainkan akibat pembuangan material didalam yang menyebabkan material menempel pada *core* dan ketika *mold normally close*. Material sisa yang menempel pada *core* tertekan oleh *cavity* dan menimbulkan flek pada dies yang berpengaruh pada hasil *part injection*.

Pengaruh tidak tercapainya target 98 % OK juga disebabkan beberapa item NG. Yaitu :
Black dot, *Silver*, dan *Flow mark (Burry fudo)*

2. Proses *injection HL lens* setelah dilakukan *improvement*. Urutan prosesnya yaitu proses part diambil dari mesin menggunakan *chuck robot* hingga dimasukkan kedalam *annealing conveyor*. Proses *air blow* sudah tergantikan oleh adanya alat *eliminator static*. Dengan fungsi proses yang sama yaitu menghilangkan gaya *static* pada part yang menyebabkan adanya gaya tarik menarik terhadap kotoran atau debu, ataupun kotoran yang lain yang bisa menyebabkan NG pada part. Disisi lain dengan adanya perubahan tersebut menghilangkan potensi NG sidik jari pada part ataupun NG yang terpengaruh dari adanya *handling part* saat melakukan proses *air blow*. Adanya perubahan urutan proses yang menjadikan penurunan *cycle time* yang awalnya 70,92 detik menjadi 52 detik. Jadi target penurunan *cycle time* sudah tercapai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Program Studi Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Pancasila. Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga penelitian ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

DAFTAR PUSTAKA

1. I. Arimbawa, M. Kesiman, and G. Darmawiguna, "Pengembangan robot penulis karakter aksara bali berbasis," *J. Nas. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 259–277, 2012.
2. M. Rasyid, Firdaus, and Derisma, "Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto," *jsiskom J. Sist. Komput.*, vol. 1, no. 3, pp. 106–111, 2016.
3. Irawan, A. P., Sirahar, D. A., & Sugandy, J. (2006). Perancangan Ulang Sepeda Elektrik Menggunakan Metode VDI 222. *Pertemuan Ilmiah Dosen Teknik 2006*, 283–292.
4. Muksid, P., "Perancangan Extrator pengambil part housing lamp dari mesin injeksi dengan sistem pneumatik", Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasila, Jakarta, 2015
5. A. Antoni and A. St, "Perancangan Simulasi Sistem Pergerakan Dengan Pengontrolan Pneumatik Untuk Mesin Pengamplas Kayu Otomatis," *J. Rekayasa Sriwij.*, vol. 18, no. 3, pp. 21–28, 2014.
6. Prede, G & Scholz, D. 2000. Elektropneumatik Tingkat Dasar. Festo Didactic FmbH. Sudaryini. 2000. Rangkaian Dasar Pneumatik. Malang: PPPGT-VEDC.
7. P. Margani, "Sistem operasi pengereman udara pada kereta api cc 201," *Progr. Stud. Tek. mesin Jur. Tek. mesin Univ. sanata dharma yogyakarta*, 2009.
8. M. Hidayat, M. A. Syahroni, and S. Ardi, "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN GRIPPER SEBAGAI KOMPONEN ROBOT 6-AXIS PADA PROSES OTOMATISASI PRODUCT HANDLING MESIN PLASTIK INJEKSI," *Simp. Nas. RAPI XV-2016 FT UMS*, no. 1412–9612, pp. 96–103, 2016.
9. R. . Khurmi and J. K. Gupta, *A Textbook of Machine Design*, First., vol. 45, no. 12. New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD., 2005.
10. V. B. Bhandari, *Design of Machine Elements About the Author*, Third., vol. Third edit. India: Tata McGraw Hill Education Private Limited, 2016.
11. M. Robert L., *Machine elements in mechanical design*, Fourth., vol. 20, no. 2. New Jersey: Person Education, 2004.

RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* PARKIR PINTAR BERTINGKAT MENGGUNAKAN METODE SMS *GATEWAY*

Sumarkantini^{1*}, Woro Agus Nurtiyanto², dan Lili Solihin³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

ABSTRAK. Parkir pintar bertingkat bermetode sms *gateway* merupakan sistem yang dirancang agar mempermudah dan mempercepat para pengendara untuk memparkirkan kendaraannya di area parkir, tanpa mencari lahan parkir yang tersedia, karena sistem ini sudah dilengkapi dengan program yang mendukung untuk mencari, menempatkan atau mengambil kendaraan dari atau ke tempat lahan parkir yang tersedia secara otomatis untuk disimpan atau diambil. Sistem ini bekerja melalui komunikasi SMS antara *Handphone* atau *Smartphone* dengan mikrokontroler Arduino menggunakan modul GSM SIM800L yang berfungsi sebagai penerima SMS dari pengguna parkir. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun miniatur parkir pintar bertingkat, membuat sistem komunikasi SMS antara *handphone* dan mikrokontroler, dan mengetahui waktu yang dibutuhkan pada akses masuk dan keluar kendaraan. Pada perancangan perangkat keras terdiri dari rancangan elektronika dan rancangan mekanik. Sedangkan perancangan perangkat lunak terdiri dari rancangan pemrograman mikrokontroler Arduino Due dan *interface* HMI. Dari hasil pengujian, sistem parkir pintar bertingkat membutuhkan waktu yang berbeda-beda, dimana waktu rata-rata selama 38,57 detik untuk proses penyimpanan kendaraan (akses masuk) dan 38,83 detik untuk proses pengambilan kendaraan (akses keluar). Sedangkan untuk respon SMS membutuhkan waktu rata-rata selama 3,35 detik untuk di dalam ruangan dan 3,20 detik untuk di luar ruangan.

Kata kunci : Parkir pintar, Mikrokontroler, SMS *gateway*.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi semakin maju, canggih dan berkembang pesat. Teknologi yang berkembang tidak hanya pada suatu bidang tertentu saja, tetapi semua bidang dalam kehidupan manusia. Salah satunya seperti bidang elektronika, robotik, otomotif, dan komunikasi. Kemajuan teknologi memberikan manfaat dan kemudahan bagi kehidupan manusia, salah satunya teknologi dibidang otomotif dan elektronika yang membuat mobil semakin canggih dan berkembang pesat. Selain itu kemajuan teknologi dibidang otomotif dan elektronika sangat memperhatikan kenyamanan dan keamanan di dalam mobil serta ramah lingkungan. Oleh karena itu tidak dapat dihindari, produksi mobil yang semakin bertambah pesat.

Seiring bertambahnya jumlah mobil, membuat kebutuhan lahan parkir semakin meningkat. Peningkatan jumlah kendaraan yang akan menggunakan lahan parkir terkadang tidak sebanding dengan ketersediaan lahan parkir, terutama pada tempat umum seperti pasar tradisional, supermarket, rumah sakit, tempat ibadah dan sebagainya. Selain itu di Indonesia, urusan parkir kendaraan bisa dikatakan sangat memusingkan, karena di Indonesia masih kebanyakan menggunakan sistem parkir manual. Sistem parkir yang digunakan saat ini pada umumnya dilakukan dengan mengambil karcis atau kartu tanda masuk dan membayar dengan jumlah tertentu pada saat keluar. Setiap kali masuk ke tempat parkir umum, terkadang sulit untuk menemukan tempat parkir kendaraan yang kosong karena petugas parkir yang tidak mengetahui dan tidak menginformasikan lahan parkir yang masih tersedia di area parkir secara pasti. Berdasarkan pengalaman penulis jika diperhitungkan, waktu untuk memparkirkan kendaraan memerlukan waktu 3 hingga 10 menit untuk mendapatkan lahan parkir.

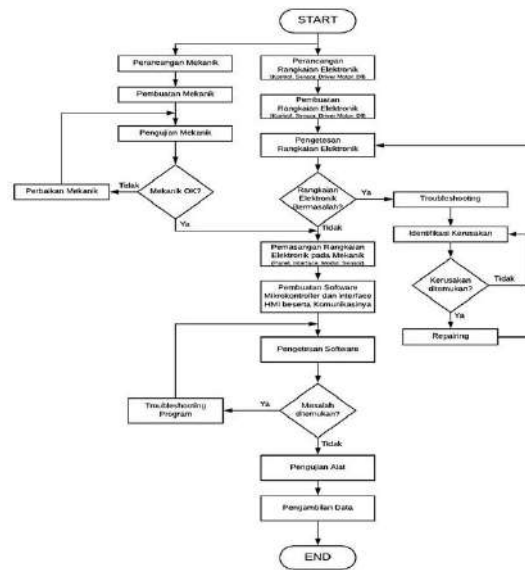
Untuk mengatasi itu semua, maka perlu dibuat sistem parkir pintar berbasis teknologi yang mengedepankan unsur objektifitas dan mampu mengatasi setiap permasalahan yang disebutkan di atas. Salah satu solusi yang menarik untuk membangun sistem tersebut adalah dengan membangun lahan parkir yang bertingkat menggunakan sistem penyimpanan otomatis yang digerakkan oleh motor – motor yang dikontrol oleh Mikrokontroler dengan sistem komunikasi SMS (*Short Message Service*).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang parkir pintar bertingkat menggunakan metode SMS Gateway. Dengan harapan untuk mempermudah dan mempercepat para pengendara untuk memarkirkan kendaraannya di area parkir.

METODOLOGI

Metode riset yang digunakan, yaitu dengan melakukan studi literatur dilakukan dengan membaca buku panduan (*manual book*) dari setiap komponen yang dipakai atau pembaharuan konsep sistem yang bersumber dari buku-buku, *data sheet* komponen dan artikel dari internet. Perancangan sistem dilakukan dengan menentukan alat yang dibutuhkan dan mencari spesifikasinya, serta Observasi dilakukan dengan menguji kinerja alat untuk memperoleh data melalui pendekatan praktik sehingga data yang ditulis dapat diakui secara objektif, akurat dan *realible*.

Tahapan Perancangan

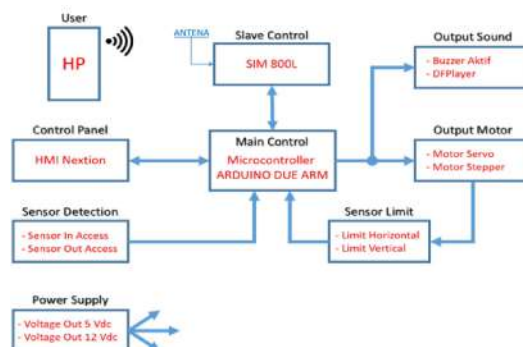


Gambar 6 Flowchart tahapan perancangan

Deskripsi alat

Pada perancangan dan pembuatan parkir pintar bertingkat menggunakan metode SMS gateway, dibagi menjadi perancangan perangkat keras (*hardware*) terdiri dari bagian *control panel* yang menggunakan HMI sebagai *interface*. Kemudian bagian *main control* menggunakan Arduino Due R3 ARM sebagai kontrol utama untuk membaca data, menyimpan data dan mengendalikan sistem parkir pintar bertingkat. Sedangkan bagian *slave control* yang menggunakan Modul GSM Sim800L digunakan sebagai komunikasi antara pengguna parkir dengan alat ini melalui sistem SMS gateway. Software Arduino IDE digunakan untuk memprogram *main control* pada Arduino Due R3 ARM dan Software Nextion Editor untuk mendesign *interface* pada HMI.

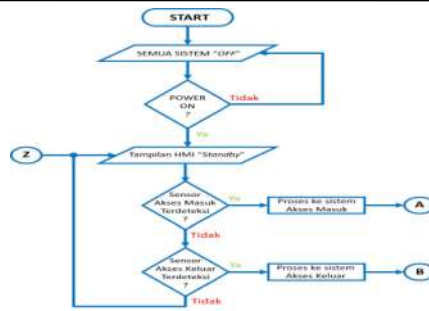
Blok Diagram



Gambar 2. Blok diagram parkir pintar bertingkat

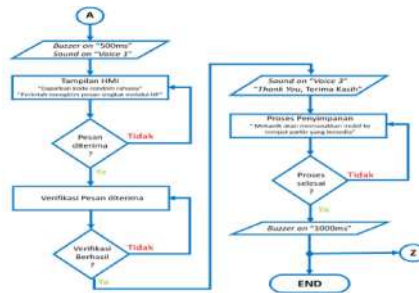
Pada blok diagram parkir pintar bertingkat, menjelaskan fungsi dari sistem secara umum. Blok diagram tersebut terdiri dari 9 bagian blok yaitu *Control Panel*, *Main Control*, *Slave Control*, *Output Motor*, *Output Sound*, *Sensor Detektor*, *Sensor Limit*, *Power Supply* dan *User*. Penjelasannya sebagai berikut :

1. *Control Panel*
Bagian *Control Panel* Terdiri dari komponen utama, yaitu HMI sebagai *interface* yang dapat dikontrol oleh pengguna, untuk akses masuk dan keluar pada parkir pintar. Data perintah tersebut akan dikirim ke mikrokontroler Arduino pada bagian *main control* sebagai *master unit control*.
 2. *Main Control*
Bagian *Main Control* adalah bagian utama dari keseluruhan sistem yang ada. Bagian *Main Control* Terdiri dari Mikrokontroler Arduino Due R3 ARM sebagai *master unit control* yang berfungsi sebagai pembaca, pemroses, penyimpanan dan pengeksekusi data utama dari *input* dan *output* seperti bagian *sensor*, *slave control*, *control panel* serta *output*.
 3. *Slave Control*
Bagian *Slave Control* Terdiri dari Modul GSM SIM800L sebagai perantara komunikasi antara pengguna parkir dengan alat ini melalui sistem SMS *gateway* pada akses masuk dan akses keluar.
 4. *Output Motor*
Bagian *Output Motor* Terdiri dari 6 Motor Servo dan 3 Motor Stepper. Dimana Motor Servo berfungsi sebagai kendali lengan robot seperti capit palet, pergerakan maju dan mundur capit, pergerakan lengan capit, naik dan turun pintu serta portal masuk dan portal keluar. Sedangkan Motor Stepper berfungsi untuk pergerakan mekanik horizontal (kiri - kanan) menggunakan 1 motor stepper dan pergerakan mekanik vertikal (atas - bawah) menggunakan 2 motor stepper. Driver yang digunakan pada motor stepper adalah DRV8825.
 5. *Output Sound*
Bagian *Output Sound* terdiri dari buzzer dan spaker. Dimana buzzer berfungsi sebagai indikator suara dengan bunyi beep ketika sistem ini mendeteksi adanya mobil atau pengguna. Sedangkan speaker berfungsi sebagai menyampaikan informasi mengenai parkir. Pada output speaker membutuhkan penguat amplifier dan DFPlayer sebagai pembaca data memori SD card dengan format mp3.
 6. *Sensor Deteksi*
Bagian sensor deteksi terdiri dari *sensor infrared* dan *photodiode* yang berfungsi untuk mendeteksi adanya mobil sebagai akses masuk pada sensor 1 yang diletakan pada area palet parkir dan mendeteksi adanya pengguna sebagai akses keluar pada sensor 2 yang diletakan pada area *Control Panel*. Bagian ini adalah bagian awal untuk menentukan akses mana yang harus di kehendaki.
 7. *Sensor Limit*
Bagian *Sensor Limit* terdiri dari limit switch yang berfungsi sebagai pembatas pergerakan motor stepper baik pergerakan mekanik horizontal maupun vertikal.
 8. *Power Supply*
Bagian power supply terdiri dari *power supply switching* dengan tegangan 12V untuk *power supply* Motor Stepper, *Amplifier* Sound sistem dan tegangan 5V untuk *power supply* Motor Servo, Arduino Arduino Due R3 ARM, HMI dan Modul GSM SIM 800L serta sensor yang digunakan.
 9. *User*
Bagian *User* terdiri dari Handphone Pengguna, yang akan digunakan ketika menggunakan parkir pintar bertingkat pada saat akses masuk maupun akses keluar dengan metode sms *gateway*.
- 1. Diagram alir Parkir Pintar Bertingkat**
Diagram alir pada sistem parkir pintar bertingkat, mulai dari kondisi mati dan *standby*, proses sistem akses masuk dan proses sistem akses keluar pada kendaraan.



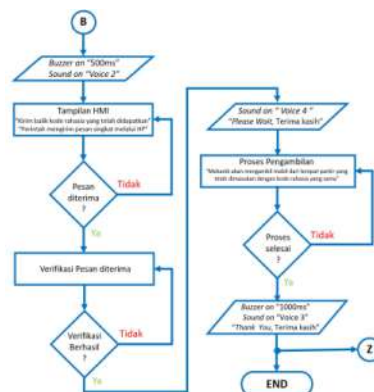
Gambar 3. Flowchart parkir pintar bertingkat dengan kondisi mati dan standby

Pada saat kondisi mati, sistem menunggu untuk penekanan tombol power ke on, yang berfungsi untuk mengaktifkan sistem menjadi kondisi *standby*, ketika kondisi *standby* maka display HMI akan aktif dengan mengeluarkan gambar yang bertulisan *standby*. Kemudian apabila ada penekanan tombol *power ke off* pada kondisi *standby*, maka kondisi tersebut berubah menjadi mati dan *display HMI* akan non aktif (*tidak ada gambar*). Ketika kondisi *standby*, sistem menunggu untuk adanya deteksi pada sensor *infrared*. Jika sensor *infrared* terlebih dahulu mendeteksi kendaraan, maka sistem akan memerintahkan kondisi proses ke sistem akses masuk (A) dan jika mendeteksi adanya pengguna (*user*), maka kondisi proses ke sistem akses keluar (B). Sistem ini akan memprioritaskan akses masuk terlebih dahulu.



Gambar 4. Flowchart parkir pintar bertingkat dengan proses akses masuk

Pada saat masuk kondisi proses ke sistem akses masuk (A) maka buzzer akan bunyi “beep” selama 500ms (setengah detik) kemudian mati dan dilanjutkan dengan suara “voice 1” yang berbunyi “Welcome to smart parking sistem, Get a random secret code and send a short message by phone, Thank you” kemudian pengemudi diminta untuk turun serta seluruh penumpang yang ada pada kendaraan tersebut dan mendekat ke HMI sebagai control panel. Display HMI akan menampilkan 3 digit kode rahasia secara *random*. dan memerintahkan untuk mengirim pesan melalui *smartphone / handphone*. Kemudian menunggu pengguna untuk mengirim pesan tersebut, jika sudah dibaca oleh sistem, maka hasil baca tersebut akan dilakukan verifikasi, dan apabila verifikasi berhasil maka suara “voice 3” akan berbunyi “Thank you, Terima kasih”. Ketika itu juga, kendaraan tersebut akan dimasukkan langsung ke tempat lahan parkir yang kosong dan mengambil palet kosong pada lahan parkir yang tersedia untuk diisi kendaraan berikut, kemudian ketika sistem selesai memproses maka buzzer akan aktif 1000ms (1 detik) setelah itu sistem kembali *standby* (Z).



Gambar 5. Flowchart parkir pintar bertingkat dengan proses akses keluar

Pada saat masuk kondisi proses ke sistem akses keluar (B) maka buzzer akan bunyi “beep” selama 500ms (setengah detik) kemudian mati dan dilanjutkan dengan suara “voice 2” yang berbunyi “Welcome to smart parking sistem, Send back the secret code that you got and send a short message by phone, Thank you”. Display HMI akan menampilkan perintah untuk mengirimkan kembali kode rahasia yang telah didapatkan ketika akses masuk melalui pesan singkat *smartphone / handphone*. Kemudian menunggu pengguna untuk mengirim pesan tersebut, jika sudah dibaca oleh sistem, maka hasil baca tersebut akan dilakukan verifikasi, dan apabila verifikasi berhasil maka suara “voice 4” akan berbunyi “Please Wait, Thank you”. Ketika itu juga, palet yang kosong akan dimasukkan ke lokasi awal dan kendaraan yang disimpan sebelumnya, akan diambil dan dibawa ke pintu keluar pada parkir. kemudian suara “voice 3” akan berbunyi “Thank you” dan buzzer akan aktif 1000ms (1 detik) kemudian sistem selesai memproses dan kembali *standby* (C) dan pengemudi dapat mengambil kendaraan tersebut.

Perancangan Perangkat Keras

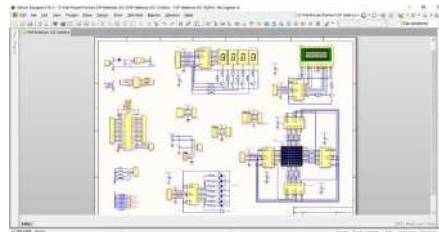
Pada perancangan perangkat keras penulis menggunakan *software* Autodesk Inventor Profesional sebagai design mekanik pada parkir pintar bertingkat dan *software* Altium Designer sebagai desain elektroniknya.

Software Altium Designer

Software Altium Designer membantu penulis untuk mendesain bagian elektronik sistem parkir pintar bertingkat.



Gambar 6. Tampilan Awal Altium Designer



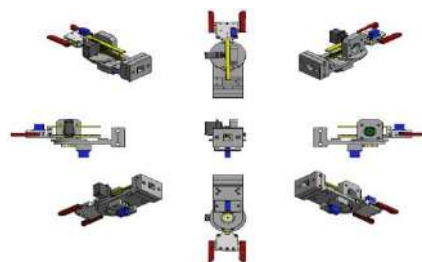
Gambar 7. Desain Skematik Altium Designer

Software Autodesk Inventor Profesional

Software Autodesk Inventor membantu penulis untuk mendesain perangkat mekanik untuk penggerak sistem parkir pintar bertingkat. Dimana setelah penulis mendesain dari inventor, penulis langsung mencetak hasil *prototype* desainnya menggunakan 3D Printing.



Gambar 8. Tampilan Awal Autodesk Inventor



Gambar 9. Desain Capit pada Autodesk Inventor

Hasil dari Perancangan Mekanik



Gambar 10. Hasil perancangan mekanik.

Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan prototype digunakan *software* Arduino IDE dalam desain program kontrol pada Mikrokontroler Arduino Due R3 ARM kemudian *software* Nextion Editor sebagai desain *interface* pengguna dengan alat untuk akses masuk dan akses keluar.

Software Arduino IDE

Mikrokontroler Arduino Due R3 ARM adalah komponen kendali utama pada sistem ini dan dapat menjalankan semua perintah yang telah di tanamkan pada mikrokontroler tersebut berfungsi untuk menjalankan dan mengoperasikan alat parkir pintar bertingkat. Pembuatan program menggunakan bantuan dari *software* Arduino IDE sebagai program pengontrolan yang akan ditanamkan ke Mikrokontroler Arduino Due R3 ARM menggunakan bahasa C.



Gambar 11. Tampilan Awal Arduino IDE



Gambar 12. Design software pada arduino IDE

Software Nextion Editor

HMI yang digunakan adalah HMI Nextion 3,5" HMI UART LCD TFT + Touchscreen 480x320 px for Arduino dan HMI ini dapat menyampaikan informasi mengoperasikan alat serta melakukan tampilan dalam membantu pengguna untuk mendapatkan akses masuk dan akses keluar. Pembuatan rancangan *display interface* menggunakan bantuan dari *software* Nextion Editor sebagai desain *interface* pada *display* HMI. Berikut ini adalah perancangan untuk desain *display* HMI dengan *software* nextion editor.



Gambar 13. Tampilan Awal Software Nextion Editor



Gambar 14. Design software Nextion Editor

Hasil Dari Perancangan Antarmuka HMI Pada *Smart Parking System*

1. Perancangan tampilan cover

Tampilan ini adalah tampilan awal saat mesin dijalankan. Disini tidak ada proses terjadi melainkan pemberitahuan nama alat, dan instansi penulis.



Gambar 15. Perancangan tampilan *Cover*

2. Perancangan tampilan akses masuk

Tampilan ini adalah tampilan yang menginstruksikan pengguna untuk mengambil kode rahasia dan diminta untuk SMS menggunakan Hp pengguna.

3. Perancangan tampilan akses keluar

Tampilan ini adalah tampilan yang menginstruksikan pengguna untuk mengirimkan kembali kode rahasia yang sudah didapatkan sebelumnya melalui SMS menggunakan Hp pengguna.



Gambar 16. Perancangan tampilan akses masuk



Gambar 17. Perancangan tampilan akses keluar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancang Bangun

Berikut adalah hasil dari perancangan pembuatan miniatur parkir pintar bertingkat.



Gambar 18. *Prototype* Parkir Pintar Bertingkat

Pengujian Parkir Bertingkat

Berikut adalah gambar lokasi penyimpanan parkir pintar bertingkat bertujuan untuk mengetahui koordinat atau lokasi parkir pada saat pengujian. Dimana lahan parkir memiliki 10 lantai dengan setiap lantai memiliki 5 ruangan. Pada sistem ini, parkir akan mengisi bagian bawah terlebih dahulu mulai dari lantai 1 ruang 1 (L1 R1) hingga lantai 1 ruang 5 (L1 R5), kemudian dilanjutkan ke lantai 2 hingga lantai 10 dan berakhir pada lantai 10 ruang 5 (L10 R5).

PENYIMPANAN L10 R1	PENYIMPANAN L10 R2	PENYIMPANAN L10 R3	PENYIMPANAN L10 R4	PENYIMPANAN L10 R5
PENYIMPANAN L9 R1	PENYIMPANAN L9 R2	PENYIMPANAN L9 R3	PENYIMPANAN L9 R4	PENYIMPANAN L9 R5
PENYIMPANAN L8 R1	PENYIMPANAN L8 R2	PENYIMPANAN L8 R3	PENYIMPANAN L8 R4	PENYIMPANAN L8 R5
PENYIMPANAN L7 R1	PENYIMPANAN L7 R2	PENYIMPANAN L7 R3	PENYIMPANAN L7 R4	PENYIMPANAN L7 R5
PENYIMPANAN L6 R1	PENYIMPANAN L6 R2	PENYIMPANAN L6 R3	PENYIMPANAN L6 R4	PENYIMPANAN L6 R5
PENYIMPANAN L5 R1	PENYIMPANAN L5 R2	PENYIMPANAN L5 R3	PENYIMPANAN L5 R4	PENYIMPANAN L5 R5
PENYIMPANAN L4 R1	PENYIMPANAN L4 R2	PENYIMPANAN L4 R3	PENYIMPANAN L4 R4	PENYIMPANAN L4 R5
PENYIMPANAN L3 R1	PENYIMPANAN L3 R2	PENYIMPANAN L3 R3	PENYIMPANAN L3 R4	PENYIMPANAN L3 R5
PENYIMPANAN L2 R1	PENYIMPANAN L2 R2	PENYIMPANAN L2 R3	PENYIMPANAN L2 R4	PENYIMPANAN L2 R5
PENYIMPANAN L1 R1	PENYIMPANAN L1 R2	PENYIMPANAN L1 R3	PENYIMPANAN L1 R4	PENYIMPANAN L1 R5



Gambar 19. Sistem Lokasi Penyimpanan Kendaraan

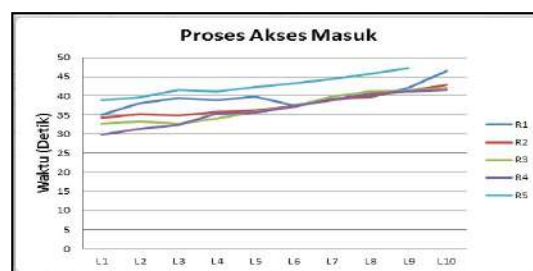
Gambar 20. Prototype Lokasi Penyimpanan Kendaraan

Pengujian Akses Masuk Kendaraan

Langkah Pengujian :

1. Pastikan Alat dalam kondisi hidup dengan mode *Standby*.
2. Masukkan kendaraan ke area parkir hingga terdeteksi oleh sensor 1 hingga bunyi buzzer 500ms (setengah detik).
3. Tunggu informasi suara akses masuk selesai sekitar 4 detik.
4. Pengguna kendaraan silakan keluar dari kendaraannya yang mau di parkir.
5. Tulis dan kirim SMS sesuai perintah dari *interface* HMI.
6. Tunggu beberapa saat hingga terdengar informasi suara "Thank You".
7. Hitunglah proses penyimpanan kendaraan berdasarkan waktu menggunakan *stopwatch* dari awal penarikan palet yang ada kendaraannya hingga pengeluaran palet yang tidak ada kendaraannya hingga buzzer bunyi 1000ms (1 detik) dan Sistem kembali ke kondisi *standby*.
8. Catat hasil pengujian akses masuk kemudian ulangi lagi hingga tempat parkir penuh dengan kendaraan.

Dari hasil pengujian akses masuk atau penyimpanan kendaraan, dimana setiap akses masuk membutuhkan waktu yang berbeda-beda, tergantung lokasi penyimpanan kendaraan. Status dikatakan sukses ketika *smartparking* berhasil menaruh kendaraan dan mengambil palet. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk proses penyimpanan ditempuh selama 38,57 detik dengan waktu tercepat ditempuh selama 29,48 detik pada lokasi parkir L1 R4 serta ambil palet L1 R5. Sedangkan waktu terlama ditempuh selama 47,27 detik pada parkir L9 R5 serta ambil palet L10 R1. Berikut ini adalah gambar grafik dari pengujian akses masuk.



Gambar 21. Grafik pengujian akses masuk

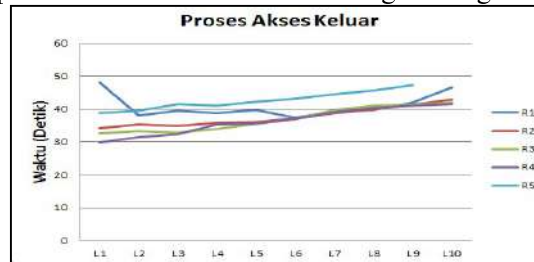
Pengujian Akses Keluar Kendaraan

Langkah Pengujian :

1. Pastikan Alat dalam kondisi hidup dengan mode *Standby*.
2. Dekatkan tangan anda pada sensor 2 hingga terdeteksi oleh sensor 2 hingga bunyi buzzer 500ms (setengah detik).
3. Tunggu informasi suara akses keluar selesai sekitar 4 detik.
4. Tulis dan kirim SMS sesuai perintah dari *interface* HMI.
5. Tunggu beberapa saat hingga terdengar informasi suara "Please Wait, Thank You".
6. Hitunglah proses pengambilan kendaraan berdasarkan waktu menggunakan *stopwatch* dari awal penarikan palet yang tidak ada kendaraannya hingga pengeluaran palet yang ada kendaraannya beserta suara "Thank you" dan buzzer bunyi 1000ms (1 detik) dan Sistem kembali ke kondisi *standby*.
7. Catat hasil pengujian akses keluar, kemudian ulangi lagi hingga tempat parkir kondisi kosong.

Dari hasil pengujian akses keluar atau pengambilan kendaraan, dimana setiap akses keluar membutuhkan waktu yang berbeda - beda, tergantung lokasi penyimpanan kendaraan. Status dikatakan sukses

ketika *smartparking* berhasil menaruh palet dan mengambil kendaraan. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk proses penyimpanan ditempuh selama 38,83 detik dengan waktu tercepat ditempuh selama 29,48 detik pada lokasi parkir L1 R4 serta letakkan palet L1 R3. Sedangkan waktu terlama ditempuh selama 48,10 detik pada parkir L1 R1 serta taruh palet L10 R5. Berikut ini adalah gambar grafik dari pengujian akses keluar.



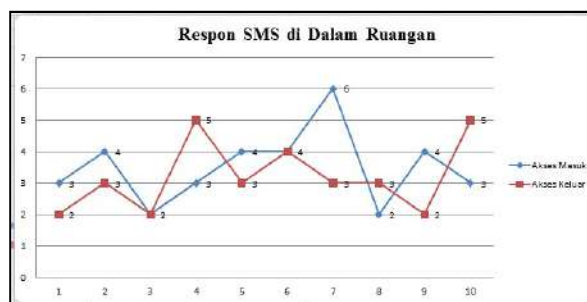
Gambar 22. Grafik pengujian akses keluar

Pengujian Respon SMS di dalam Ruangan

Langkah Pengujian :

1. Tempatkan alat pada ruangan tertutup, diibaratkan tempat parkir berada diantara gedung-gedung tinggi yang menghimpitnya.
2. Pastikan Alat dalam kondisi hidup dengan mode *Standby*.
3. Masukkan kendaraan ke area parkir hingga terdeteksi oleh sensor 1 sebagai akses masuk atau dekatkan tangan anda pada sensor 2 hingga terdeteksi oleh sensor 2 sebagai akses keluar (uji coba dilakukan secara bergantian sesuai dengan akses yang diinginkan) kemudian buzzer akan bunyi 500ms.
4. Tunggu informasi suara akses masuk/keluar selesai sekitar 4 detik.
5. Tulis dan kirim SMS sesuai perintah dari *interface* HMI.
6. Hitunglah proses respon SMS masuk berdasarkan waktu menggunakan *stopwatch* dari awal terkirimnya SMS pada *handphone* hingga terbacanya oleh sistem dengan indikasi suara informasi akses masuk atau keluar.
7. Catat hasil pengujian respon SMS masuk
8. Tunggu proses sistem penyimpanan atau pengambilan selesai, hingga kondisi sistem kembali (*standby*) dan buzzer akan bunyi 1000ms, kemudian ulangi lagi sampai 10 kali percobaan untuk respon SMS masuk di dalam ruangan.

Dari hasil pengujian respon SMS di dalam ruangan pada akses masuk dan keluar, dimana respon SMS membutuhkan waktu yang berbeda-beda. Waktu yang dibutuhkan dalam respon *massage* di dalam ruangan selama 3,35 detik dengan waktu tercepat selama 2 detik. Sedangkan waktu terlama selama 6 detik. Berikut ini adalah gambar grafik dari pengujian respon SMS di dalam ruangan.



Gambar 23. Grafik pengujian respon SMS di dalam ruangan

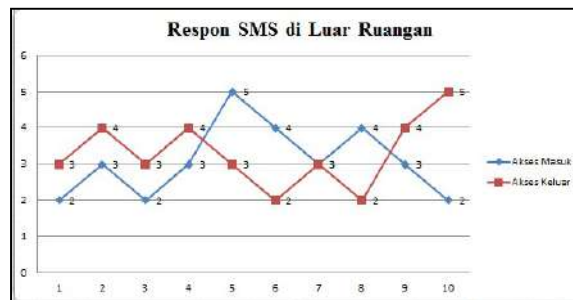
Pengujian Respon SMS di luar Ruangan

Langkah Pengujian :

1. Tempatkan alat pada ruangan terbuka, diibaratkan tempat parkir berada pada tempat yang tidak ada gedung tinggi di sekitarnya.
2. Pastikan alat dalam kondisi hidup dengan mode *Standby*.
3. Masukkan kendaraan ke area parkir hingga terdeteksi oleh sensor 1 sebagai akses masuk atau dekatkan tangan anda pada sensor 2 hingga terdeteksi oleh sensor 2 sebagai akses keluar (uji coba dilakukan secara bergantian sesuai dengan akses yang diinginkan) kemudian buzzer akan bunyi 500ms.
4. Tunggu informasi suara akses masuk/keluar selesai sekitar 4 detik.
5. Tulis dan kirim SMS sesuai perintah dari *interface* HMI.

6. Hitunglah proses respon SMS masuk berdasarkan waktu menggunakan *stopwatch* dari awal terkirimnya SMS pada *handphone* hingga terbacanya oleh sistem dengan indikasi suara informasi akses masuk atau keluar.
7. Catat hasil pengujian respon SMS masuk
8. Tunggu proses sistem penyimpanan atau pengambilan selesai, hingga kondisi sistem kembali (*standby*) dan *buzzer* akan bunyi *1000ms*, kemudian ulangi lagi sampai 10 kali percobaan untuk respon SMS masuk di luar ruangan.

Dari hasil pengujian respon SMS di luar ruangan pada akses masuk dan keluar, dimana respon SMS membutuhkan waktu yang berbeda-beda. Waktu yang dibutuhkan dalam respon SMS di dalam ruangan selama 3,20 detik dengan waktu tercepat selama 2 detik. Sedangkan waktu terlama selama 5 detik. Berikut ini adalah gambar grafik dari pengujian respon SMS di luar ruangan.



Gambar 24. Grafik pengujian respon SMS di luar ruangan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, respon SMS pada akses masuk dan keluar, di dalam ruangan membutuhkan waktu rata-rata selama 3,35 detik. Sedangkan di luar ruangan membutuhkan waktu rata-rata selama 3,20 detik. Berdasarkan hasil pengujian, waktu yang dibutuhkan untuk menyimpan dan mengeluarkan kendaraan membutuhkan waktu yang berbeda-beda, tergantung dari koordinat atau lokasi penyimpanan kendaraan sebelumnya. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk proses penyimpanan atau akses masuk ditempuh selama 38,57 detik dengan waktu tercepat ditempuh selama 29,84 detik pada parkir L1 R4 serta ambil palet L1 R5 dan waktu terlama ditempuh selama 47,27 detik pada parkir L9 R5 serta ambil palet L10 R1.

Sedangkan Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk proses pengeluaran atau akses keluar ditempuh selama 38,83 detik dengan waktu tercepat ditempuh selama 29,84 detik pada parkir L1 R4 serta taruh palet L1 R3 dan waktu terlama ditempuh selama 48,10 detik pada parkir L1 R1 serta taruh palet L10 R5.

Saran

1. Sistem parkir pintar bertingkat ini tidak dilengkapi dengan sensor deteksi setiap *slot* penyimpanan sehingga penulis meminta kepada pihak yang ingin mengembangkan alat ini, sebaiknya tambahkan sensor deteksi untuk keamanan pengguna, jika sewaktu-waktu terjadi data *error*.
2. Parkir pintar bertingkat ini bersifat miniatur atau prototype, apabila ingin direalisasikan maka perlu perhitungan secara khusus dengan beberapa para ahli dan membahas tentang massa berat mobil, torsi pada motor, mekanik yang digunakan, konstruksi bangunan serta lokasi tempat parkir untuk membangun area parkir pintar bertingkat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Eka Permana, Ridwan Hidayat. *Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Berbasis Sms Gateway Menggunakan Mikrokontroler*, Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi ISSN: 2252-4517 STMIK Subang, Oktober 2017.
- [2] Arduino, *Arduino Data sheets*, www.arduino.cc
- [3] Santosa, H. (2012). *Apa itu Arduino*, <http://hardi-santosa.blog.ugm.ac.id/2012/06/23/apa-itu-arduino/>, 09 juli 2018, 00.29 WIB
- [4] Heri Andrianto, Agus Priono, Ratna Dewi. *Menggambar Teknik Rangkaian PCB dengan Altium Edisi Revisi*. Modula.

- [5] Kadir, Abdul. *From Zero to a Pro Arduino*. Yogyakarta: Andi. (2014).
- [6] Kadir, Abdul. *From Zero to Pro Pemrograman C*. Yogyakarta: Andi. (2015).
- [7] L. Scott Hansen. *Autodesk Inverter*. Mc Graw-Hill Education. (2013).
- [8] Mochamad Fajar Wicaksono, Hidayat. *Mudah Belajar Mikrokontroler Arduino*. Informatika. (2017).
- [9] Wicaksono, M. F., & Hidayat, M. K. *Mudah Belajar Mikrokontroler Arduino*. Bandung: Informatika. (2014)
- [11] Widodo Budiharjo. *Membuat Sendiri Robot Cerdas Edisi Revisi*. Elek Media Komputindo. 2009
- [12] Winoto, A. *Mikrokontroler AVR Atmega8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR*. Bandung: Informatika. (2010).
- [13] Maulidin, Muhammad Hilza. *Perancangan sistem bangunan otomatis pada ruangan lab otomasi dengan komunikasi data sms gateway berbasis android* [Skripsi]. Cimahi: Politeknik TEDC Bandung. (2015).
- [14] Sumarkantini. *Perancangan dan Analisis pengiriman data menggunakan wireless nRF24L01* [Tesis]. Jakarta : Universitas Mercu Buana. (2015).

RANCANG BANGUN MINIATUR ROBOT PEMADAM API STUDI KASUS DI BADAN PENGAJIAN DAN PENERAPAN TEKNOLOGI (BPPT)

Vina Ardelia Effendy¹

¹Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK. Dalam perkembangan teknologi yang telah diteliti, penggunaan robot pada kehidupan manusia dapat mempermudah pekerjaan manusia khususnya dalam pekerjaan yang cukup berbahaya. Berdasarkan hal tersebut maka didapatkan topik tentang Rancang Bangun Miniatur Robot Pemadam Api Studi Kasus di Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Topik ini didapat setelah melakukan analisis bahwa pekerjaan pemadam kebakaran memiliki resiko yang cukup tinggi terutama dalam hal keselamatan. Tahapan penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari Analisis Masalah, Analisis Kebutuhan, Perancangan Alat dan Pengujian. Pembuatan robot ini memiliki tujuan memadamkan kebakaran tanpa melibatkan manusia, sehingga resiko terjadinya kecelakaan saat proses pemadaman dapat diminimalisir. Robot pemadam ini memiliki sensor untuk mendeteksi keberadaan api dengan kemampuan pemadaman menggunakan air yang tersimpan pada tangki air.

Kata Kunci : kebakaran; pemadam; robot ; sensor api; pompa DC

PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan salah satu ancaman bagi manusia. Masalah kebakaran dapat dikurangi apabila sumber api dapat ditemukan dan dimatikan dalam waktu yang singkat. Di Amerika Serikat, kebakaran rumah menjadi masalah penting dan menyebabkan sekitar 3,000 jiwa meninggal setiap tahunnya. Dalam upaya penanggulangan kebakaran pun mempunyai resiko tinggi. Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan memacu perkembangan teknologi yang dapat membantu meringankan pekerjaan manusia. Salah satu teknologi yang dapat meringankan pekerjaan manusia dengan penggunaan robot pada aktivitas manusia. Aspek terpenting dari suatu robot adalah sistem kendali, sistem kendali inilah yang nantinya menjadi otak dari seluruh pergerakan dan kinerja robot .

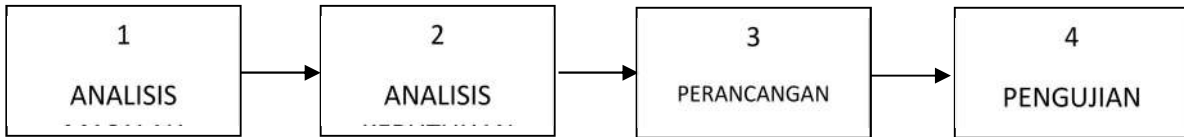
BPPT yang bergerak bidang teknologi dan sebagai tempat studi dari penelitian ini. Penelitian tersebut bertujuan untuk memadamkan kebakaran tanpa melibatkan manusia, sehingga resiko terjadinya kecelakaan saat proses pemadaman dapat diminimalisir. Berdasarkan penelitian sebelumnya, telah dirancang prototipe Robot Pemadam Api menggunakan perangkat sensor yang berperan utama pada sistem navigasi dalam pencarian jalan menggunakan sensor jarak (*Ultrasonic*) serta modul kipas untuk memadamkan api [1].

Pada penelitian lain robot pemadam api menggunakan motor dynamo untuk menggerakkan kipas angin yang digunakan untuk memadamkan api [2]. Sedangkan pada penelitian lainnya dengan menggunakan memanfaatkan kipas sebagai alat untuk memadamkan api memiliki rata-rata waktu pemadaman kurang lebih 717.59 detik atau 11 menit 57 detik [3].

Maka dari itu dibuatlah Rancang Bangun Miniatur Robot Pemadam Api sebagai alternatif teknologi pemadam api. Dari permasalahan tersebut, modul kipas yang digunakan dalam penelitian sebelumnya masih belum efektif dalam memadamkan api. Kemudian, dibuatlah prototype robot pemadam api beroda menggunakan pompa air DC sebagai alat untuk pemadaman titik api dan *waterlevel* sebagai pendeteksi volume pada tangki air. Robot ini dapat bergerak secara otomatis mencari keberadaan suatu titik api yang berada di lokasi tertentu. Setelah menemukan titik api, robot memadamkan api dengan air yang dipompa melalui pompa DC [4]. Tujuan dari penelitian ini yaitu memadamkan kebakaran tanpa melibatkan manusia, sehingga resiko terjadinya kecelakaan saat proses pemadaman dapat diminimalisir.

1. TAHAPAN PENELITIAN

Tahapan penelitian yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi Analisis Masalah, Analisis Kebutuhan, Perancangan Alat, Pembuatan Alat dan Pengujian Alat. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 39 Metode Penelitian

Adapun penjabaran dari diagram tersebut adalah sebagai berikut :

Analisis Masalah

Pada tahapan ini dilakukan analisis masalah dengan cara berdiskusi hingga didapatkan suatu masalah yang cukup kritis yaitu pekerjaan manusia yang memiliki resiko yang cukup berbahaya dalam hal memadamkan api. Sejalan dengan adanya perkembangan teknologi maka penggunaan robot dianggap cukup efektif untuk membantu pekerjaan manusia dalam hal memadamkan api atau menangani kebakaran. Berdasarkan alasan tersebut maka dibuatlah Rancang Bangun Miniatur Robot Pemadam Api. Diharapkan dengan adanya penggunaan robot tersebut dapat meminimalisir korban serta solusi alternatif teknologi pemadam api.

Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan mencakup alat yang dibutuhkan untuk membuat robot. Kebutuhan alat mencakup kebutuhan perangkat keras elektronik maupun perangkat lunak yang digunakan. Fungsional dari robot ini dapat mendeteksi keberadaan api, memadamkan api, pembacaan jarak, dan mendeteksi volume tangki air. Perangkat keras yang dibutuhkan untuk membuat robot adalah Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler, sensor ultrasonik sebagai pembacaan jarak, sensor api sebagai mendeteksi keberadaan api, motor shield sebagai pemroses untuk motor DC dan pompa DC, motor DC sebagai pengendali roda pada robot, pompa DC sebagai alat untuk pemadaman api, *waterlevel* sebagai pendeteksi volume tangki air dan buzzer sebagai indikator pada tangki air. Kebutuhan perangkat lunak diantaranya arduino.cc versi 1.8.5. Kebutuhan perangkat keras mekanik adalah 1 set casis akrilik.

Berikut ini adalah beberapa penjelasan mengenai komponen yang digunakan :

Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis Atmega 2560. Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, dan tombol reset [5].

Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik. Sensor ultrasonik dapat membaca jarak sampai 4 meter [6].

Sensor Api

Sensor api merupakan sensor yang mempunyai fungsi sebagai pendeteksi nyala api yang dimana api tersebut memiliki panjang gelombang antara 760nm-1100nm. Sensor ini menggunakan *infrared* sebagai transduser pengguna dalam mengetahui kondisi nyala api [7].

Motor Shield dan Motor DC

IC L293D adalah IC yang didesain khusus sebagai driver motor DC dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL maupun mikrokontroler. Motor DC yang dikontrol dengan driver IC L293D dapat dihubungkan ke ground maupun ke sumber tegangan positif. Dalam 1 unit chip IC L293D terdiri dari 4 buah driver motor DC yang berdiri sendiri sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1 Ampere tiap drivernya. Sehingga dapat digunakan untuk membuat driver Hbridge untuk 2 buah motor DC. Motor listrik DC (arus searah) merupakan salah satu dari motor DC. Pada motor DC kumparan medan disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada

medan magnet, maka timbul tagangan (GGL) yang berubah ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik.

Pompa DC

Pompa menggerakkan fluida dari tempat bertekanan rendah ke tempat dengan tekanan yang lebih tinggi, untuk mengatasi perbedaan tekanan ini maka diperlukan tenaga (energi). Pompa DC ini memiliki tegangan 3-6V DC, digunakan sebagai sirkulasi air. Sumber power bisa menggunakan baterai dengan maksimal arus DC sebesar 6V.

Water Level

Kerja dari sensor ini adalah membaca resistansi yang dihasilkan oleh air yang mengenai lempengan yang bergaris garis pada sensor tersebut, semakin banyak air yang mengenai permukaan bergaris garis tersebut maka hambatannya semakin kecil dan ketika tidak ada air yang mengenai lempengan sensor tersebut maka hambatannya sangat besar atau bisa dikatakan tidak terhingga [8].

Buzzer

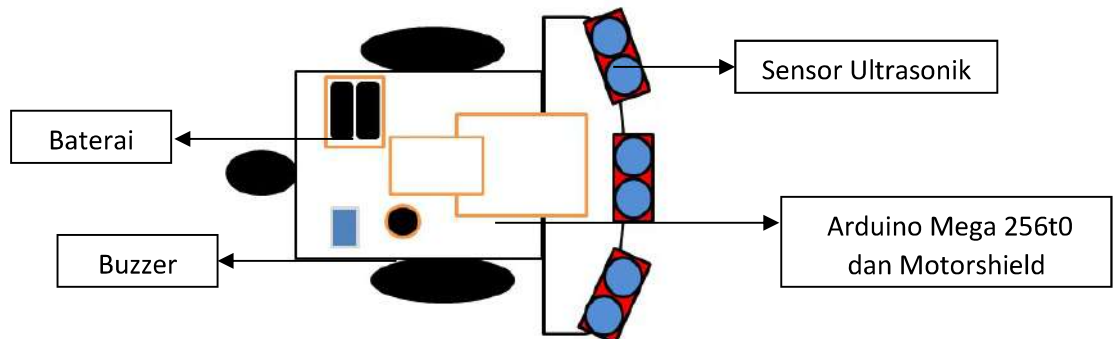
Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. *Buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang menghasilkan suara.

Perancangan Alat

Dalam pembuatan Rancang Bangun Miniatur Robot Pemadam Api terdapat proses perancangan alat yang berguna untuk mempermudah dalam proses pembuatan alat. Proses perancangan alat diantaranya membuat desain perancangan alat, blok diagram, flowchart, dan skema rangkaian alat.

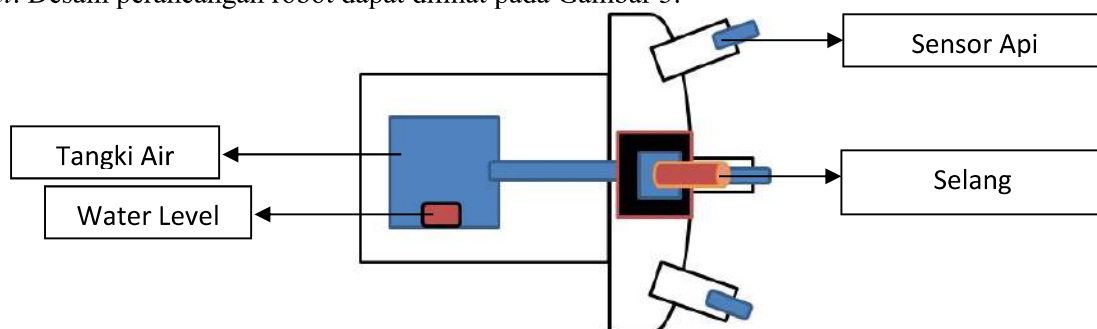
Desain Perancangan Alat

Pada desain robot pemadam api terdiri atas dua *layer*. *Layer* pertama untuk peletakan komponen, seperti mikrokontroler, sensor ultrasonik, *buzzer* dan baterai. Desain perancangan robot dapat dilihat pada Gambar 2.



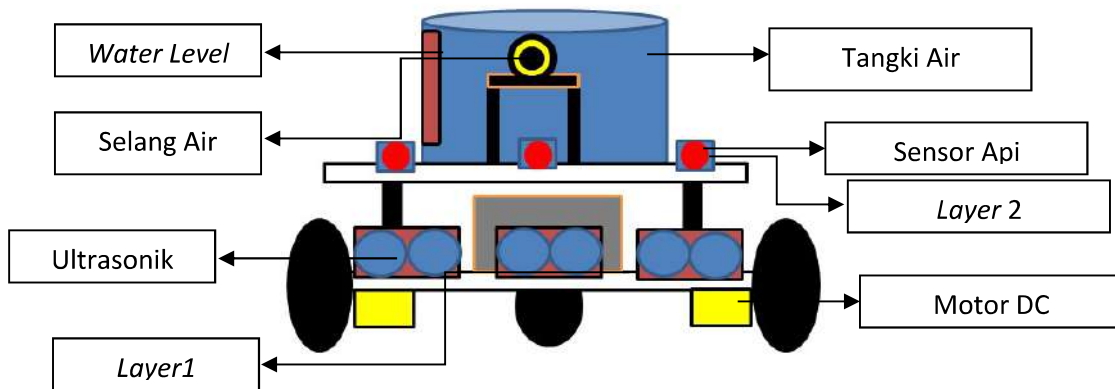
Gambar 40 Tampak layer 1 ROMPI

Pada *layer* kedua digunakan untuk peletakan komponen, seperti sensor api, selang air, tangki air, dan *waterlevel*. Desain perancangan robot dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 41 Tampak layer 2 ROMPI

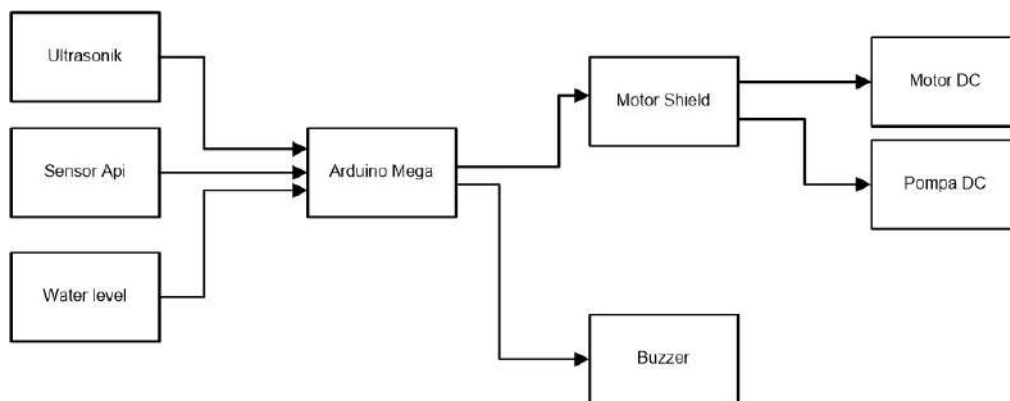
Tampak depan dari perancangan robot terdapat dua *layer*. *Layer* pertama dibagian bawah, dan *layer* kedua dibagian atas. Komponen elektronik yang digunakan pada kedua *layer*, yaitu: Sensor ultrasonik, motor DC, sensor api, selang air, *waterlevel*, dan tangki air. Desain perancangan robot dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 42 Tampak depan ROMPI

Blok Diagram Robot Pemadam Api

Pada pembuatan robot ini menggunakan blok diagram yang dapat dilihat pada Gambar 5. Pada gambar tersebut dapat dijelaskan bahwa Arduino Mega berfungsi sebagai alat pengontrol utama. Arduino Mega mendapatkan data pengukuran jarak dari sensor ultrasonik, data pembacaan keadaan api dari sensor api, dan pengukuran volume air pada tangki air dari sensor *waterlevel*. Arduino Mega yang telah diprogram mengendalikan buzzer sebagai indikator dari sensor *waterlevel*, dan motor shield yang mempengaruhi gerak dari pompa DC dan motor DC.

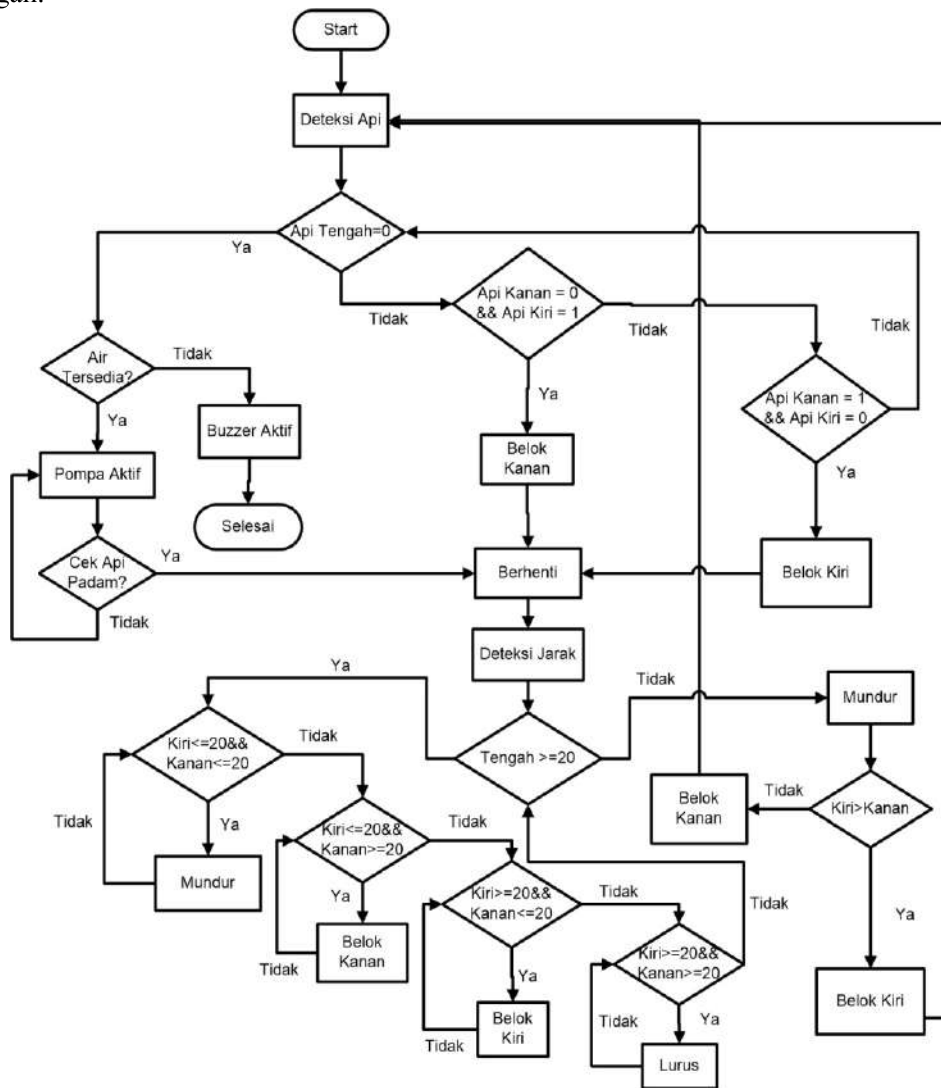


Gambar 43 Blok Diagram

Flowchart Robot Pemadam Api

Sistem yang berjalan pada alat dapat dilihat dengan *flowchart* di Gambar 6. Diawali robot mendeteksi api dan sensor api tengah terbaca api maka memeriksa kondisi air jika air tersedia, pompa aktif untuk menyemprotkan air sampai api padam. Jika kondisi air tidak tersedia maka buzzer aktif dan sistem berhenti. Jika sensor api tengah tidak mendeteksi api, maka memeriksa terlebih dahulu sensor api kanan. Jika sensor api kanan terdeteksi api, robot menuju ke arah kanan, kemudian berhenti dan menyemprotkan air untuk memadamkan api. Begitu pula dengan sensor api kiri, jika terdeteksi api maka berbelok ke kiri dan berhenti dan menyemprotkan air untuk memadamkan api. Setelah itu, memeriksa jarak. Jika jarak hambatan terbaca pada sensor ultrasonik tengah ≥ 20 maka sensor membaca kembali jarak kiri dan kanan untuk membandingkan, jika kiri dan kanan ≤ 20 , maka robot bergerak mundur, jika jarak tidak ≤ 20 sensor ultrasonik kanan dan kiri memeriksa jarak yang jauh dari hambatan. Jika sensor ultrasonik kanan membaca jarak dengan hambatan ≤ 20 maka berbelok ke kiri untuk mencari jalan yang jauh dari hambatan, begitupula pada sensor ultrasonic kiri jarak hambatan ≤ 20 maka berbelok ke kanan, tetapi jika jarak hambatan kanan

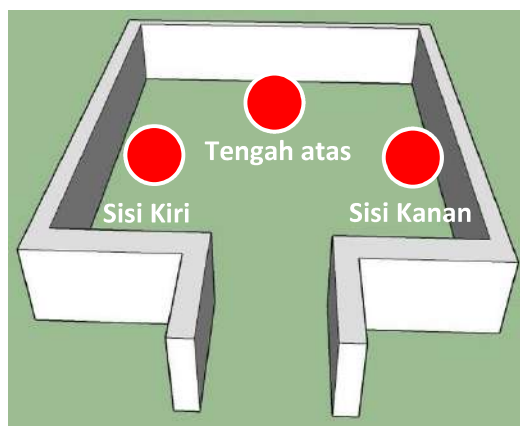
dan kiri ≥ 20 maka robot tetap jalan lurus dan pembacaan jarak terhadap hambatan yang terbaca dengan sensor ultrasonik tengah.



Gambar 44 Flowchart

Pengujian

Pengujian dilakukan pada suatu area labirin dengan sumber api berupa lilin setinggi 10cm. Hasil serta pembahasan akan dijelaskan pada bagian selanjutnya. Labirin dapat dilihat pada Gambar 7.



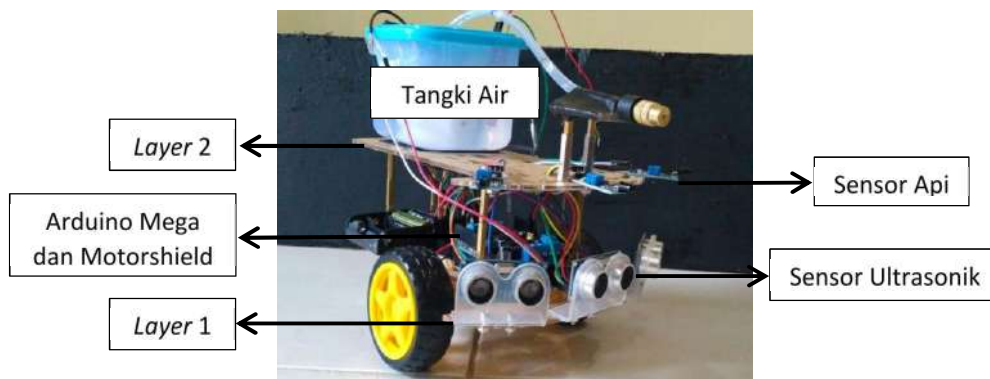
Gambar 45 Labirin Percobaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap pembuatan alat selanjutnya adalah perakitan komponen-komponen elektronik yang dibutuhkan. Komponen dirakit sesuai dengan skema rangkaian yang dibuat. Perakitan alat dapat dilihat pada Gambar 8.

Layer pertama terdapat komponen Arduino Mega, motor shield, sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik dipasang dengan sisi berbeda. Sisi tengah untuk pembacaan jarak bagian depan. Sisi kanan untuk pembacaan jarak agar robot berbelok ke kanan ketika terdapat hambatan disebelah kanan. Sisi kiri untuk pembacaan jarak agar robot berbelok ke kiri ketika terdapat hambatan disebelah kiri.

Layer kedua terdapat sensor api, tangki air, dan *waterlevel*. Sensor api dipasang dengan sisi berbeda. Sisi tengah untuk pembacaan sumber api pada bagian depan. Sisi kanan untuk mendeteksi sumber api di sisi kanan, dan sensor api sisi kiri untuk mendeteksi sumber api di sisi kiri. Implementasi kode program menggunakan perangkat lunak Arduino IDE sebagai *uploader code* untuk Arduino Mega. Perakitan mekanik dengan pemasangan komponen pada casis akrilik layer 2. Sedangkan *gear box* serta roda pada casis akrilik layer 1.



Gambar 44 Robot yang telah dirakit

Pada Gambar 9, merupakan hasil pengujian robot pada labirin saat mendapatkan posisi api dalam kondisi menyala. Sensor api tengah membaca kondisi api maka robot akan berhenti dan pompa DC akan aktif untuk memadamkan api.



Gambar 45 Pengujian robot pada labirin

Pengujian robot secara keseluruhan dilakukan untuk menguji kerja robot dalam memadamkan api. Pengujian dilakukan di arena lapangan dengan menggunakan simulasi labirin yang terdapat pada Gambar 7. Pada simulasi labirin diletakkan lilin sebanyak 1 buah dengan tinggi 10 cm pada sisi kanan atau sisi kiri atau tengah atas. Berdasarkan data percobaan pada Tabel 1, dapat dilihat terdapat data keadaan api berhasil dipadamkan dengan durasi pengujian 30 detik sampai 74 detik, sedangkan untuk keadaan api tidak berhasil dipadamkan dengan durasi pengujian robot berkisar antara 94 detik sampai 120 detik. Status pemadaman tidak berhasil disebabkan oleh jarak pembacaan sensor api serta kecepatan robot dalam bergerak. Sedangkan untuk status pemadaman berhasil, sensor api pada posisi tengah mampu membaca kondisi api secara akurat sesuai dengan penempatan sumber api.

Tabel 1 Hasil Pengujian

Percobaan ke-	Durasi Pemadaman (detik)	Status Pemadaman	Ket.
1	94	Tidak	Sisi Kanan
2	43	Berhasil	Sisi Kiri
3	31	Berhasil	Sisi Kanan
4	100	Tidak	Sisi Kiri
5	30	Berhasil	Tengah Atas
6	74	Berhasil	Sisi Kanan
7	120	Tidak	Tengah Atas

KESIMPULAN

Pembuatan Rancang Bangun Miniatur Robot Pemadam Api ini sudah berhasil dibuat. Penggunaan pompa DC untuk memadamkan api lilin sebagai sumber api sudah berhasil. Pompa DC digunakan sesuai dengan tegangan keluaran dari mikrokontroller dan beban yang diterima oleh robot, sehingga robot mampu untuk bergerak sesuai perancangan dan memadamkan api dalam labirin. Penggunaan pompa DC pada robot pemadam api lebih unggul karena durasi pemadaman lebih cepat dibandingkan modul kipas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada BPPT sebagai tempat studi dari penelitian ini, yang telah membantu dukungan alat maupun moril.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maspiyanti F, Nadya. *Robot pemadam api menggunakan metode fuzzy logic*, **3(2): 1-2**(2017).
- [2] Setiawan A. *Robot Pemadam Api Dengan Tracking Target Menggunakan Accelerometer Berbasis Mikrokontroller Arduino DUE*, **1(1):14-25**(2015).
- [3] Aji S.W., dkk. *Purwarupa Robot Pemadam Api Dengan Sensor Ultrasonic dan Ultraviolet Berbasis AT89S52*, **7(3):207-212**(2009).
- [4] Reychan R.. *Sistem Pengendali Robot Pemadam Api berbasis Pengendali Mikroprosesor* [Skripsi]. Teknik Elektro, Universitas Indonesia (2005).p.50.
- [5] Ecadio. Belajar Mengenal Arduino [Online] dari <http://ecadio.com/belajar-dan-mengenal-arduino-mega>. (2018) [diunduh 2018 Mar 18].
- [6] ElecFreaks. Data Sheet HCSR-04 [Online] dari <https://www.electroschematics.com/HCSR04-datasheetversion-1.pdf>. (2013) [diunduh 2018 April 20].
- [7] Electronics. Data Sheet Sensor Api [Online] dari <http://www.fut-electronics.com/Flame-sensor-arduino.pdf>. (2016) [diunduh 2018 April 20].
- [8] Teachmicro. *Waterlevel sensor* [Online] dari <https://www.teachmicro.com/water-levelsensormicrocontrollers-arduino/> (2018). [diunduh 2018 Mar 18].

PERANCANGAN SISTEM KENDALI RODA OMNIWHEEL MENGGUNAKAN BLUETOOTH PADA KURSI RODA PINTAR BERBASIS ANDROID

Agung Saputra^{1*}, Aprillia², dan Megawati.³

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

³Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK, Perkembangan teknologi otomatisasi dan robotika dapat membantu permasalahan disegala sektor seperti halnya alat bantu berjalan pada penyandang cacat kaki. Bagi pengguna kursi roda seringkali mereka tidak merasa bebas dengan adanya pengawalan dari pihak keluarga dan juga terkadang tidak menuruti perintah keluarga jika mereka hendak bergerak kesuatu tempat dengan sesuka hati tanpa mengetahui bahaya yang menimpanya, sehingga diperlukan alat yang dapat mengendalikan kursi roda elektrik secara otomatis dengan menggunakan omniwheel yang dapat dikendalikan melalui wireless. Agar pergerakannya lebih efisiensi tanpa merubah posisi badan kursi roda, kursi roda ini menggunakan joystick untuk menentukan arah pergerakan dan tombol kontrol rotasi untuk melakukan pergeseran sesuai arah yang telah ditentukan. Untuk keamanan digunakan sensor proximity berguna mendeteksi benda yang menghalangi pergerakan kursi roda. Dalam perancangan ini menggunakan Arduino Mega2560 sebagai pengendali mikro yang lengkapi kristal 16Mhz. Penggunaan pengendali ini relatif sederhana dengan menghubungkan power dari USB ke PC atau Laptop melalui Jack DC menggunakan adaptor 7-12 V DC[5]. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada kursi roda terjadi penyimpangan sebesar 2° dari arah lintasan kursi roda. Sensor proximity dapat mendeteksi halangan pada jarak 15 cm.. Nilai arus yang didapatkan dari pengujian Bluetooth menghasilkan nilai arus maksimum pada kondisi adanya beban yaitu 2,89A dan tanpa beban 2,51A.

Kata kunci : Kursi roda, Omniwheel, Bluetooth HC-06, Android, Arduino Mega 2560.

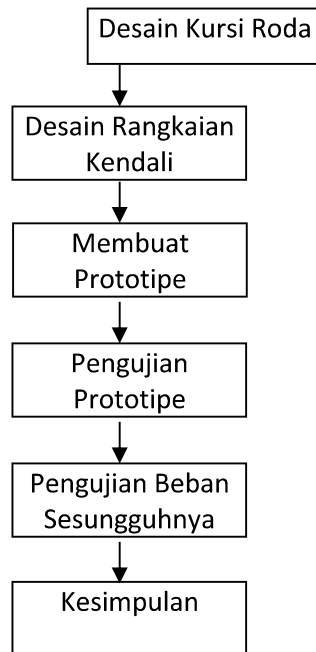
PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi sangat penting untuk memenuhi kehidupan manusia, karena teknologi merupakan salah satu penunjang taraf kehidupan manusia, termasuk para kaum difabel yang memiliki kelemahan fisik. Salah satu kelemahan fisiknya adalah kedua kaki yang sudah tidak mampu menopang tubuh atau lumpuh. Alat yang membantu mengatasi kelemahannya adalah kursi roda. Saat pihak keluarga ingin membantu mendorong kursi roda, beberapa dari mereka akan merasakan kesulitan karena disebabkan oleh faktor beban dari pengguna kursi roda tersebut yang tidak ringan. Kursi roda dapat dikendalikan dengan mudah bila dikendali secara elektrik. Pada perancangan sebelumnya telah dirancang sebuah prototype kursi roda dengan penggerak roda omnidirectional dengan metode kontrol gerak menggunakan 2 joystick sebagai pengendali kursi roda. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dirancang pengendalian sistem kendali roda *omni* pada kursi roda pintar yang memungkinkan kursi roda untuk melakukan pergerakan tanpa harus mengubah posisi badan kursi roda, cukup menggunakan roda *omni*, maka kursi roda bebas melakukan pergerakan, seperti serong, menyamping, maju atau mundur dan berputar. Kendali yang digunakan untuk menjalankan robot kursi roda ini terdapat pada joystick. Jika joystick diaktifkan, maka kursi roda akan bergerak kearah yang dituju sesuai dengan arah mana yang diinginkan oleh pengguna. Penggunaan modul Bluetooth HC-06 sebagai media komunikasi antar *smartphone* sebagai media pengantar untuk perintah yang terdapat didalam aplikasi *smartphone*. Pengendali mikro menggunakan Arduino Mega 2560. Umpan balik yang didapat dari pengendali mikro terhadap *smartphone* menggunakan *push Button* darurat yang dapat memberikan sinyal atau status darurat diaplikasi tersebut. Dengan konsep perancangan tersebut diharapkan kursi roda omniwheel menggunakan bluetooth pada kursi roda pintar berbasis *Android* dapat membantu penderita yang mempunyai kelemahan fisik pada kedua kaki dan pengawasnya dapat terbebas dari kekhawatiran.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan untuk membangun *OmniWheel* antara lain: motor *servo* sebagai penggerak roda. Roda omni digunakan sebagai roda yang dipasang pada kursi roda. Rangkaian Driver yang tersusun atas

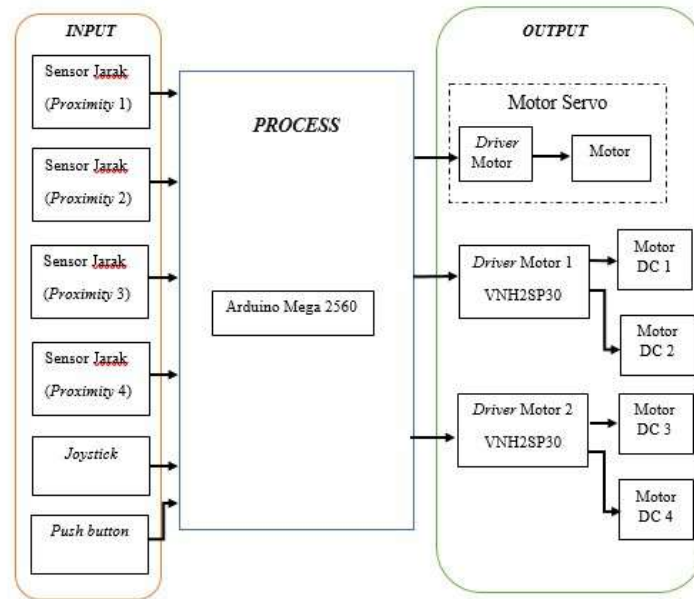
beberapa komponen elektronik seperti Arduino, Driver OmniWhell. Adapun langkah – langkah penelitian sebagai berikut :



1. Mendesain kursi roda *omniwheel* yang akan dibuat dengan menggunakan program Cad. Desain yang telah di gambar tersebut akan dibuat fisik dari kursi roda yang telah disepakati.
2. Membuat rangkaian pengendali roda *omniwhell* yang dipadukan dengan kendali menggunakan bluetooth. Kemudian membuat App berbasis *Android* sebagai antar muka kontrol.
3. Pembuatan Prototipe, pembuatan prototipe ini dilakukan secara manual. Dimulai dari pembuatan base robot dengan menggunakan besi. Merangkai bagian-bagian robot seperti roda *omni* dan motor *servo* menjadi salah satu unit *omniwheel*. Setelah itu memasang keperluan sumber energi listrik yaitu baterai sebagai sumber energi untuk menggerakkan motor pada kursi roda.
4. Pengujian Prototipe dilakukan dengan melakukan pengujian dengan metode *tracking trajectory*, cara mengoperasikan kursi roda.
5. Selanjutnya uji coba dilakukan dilapangan dengan beban yang sesungguhnya.
6. Membuat kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada percobaan ini.

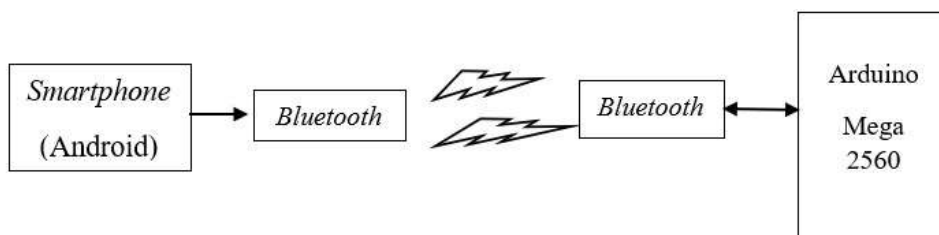
PERANCANGAN SISTEM

Pada perancangan alat ini akan diuraikan mengenai mekanisme kursi roda baik secara mekanik dan rangkaian pengendalian sistem kursi roda, dalam perancangan kursi roda, parameter yang digunakan adalah kecepatan dan sudut *trajectory*. Studi ini bertujuan membuat perancangan sistem kendali roda omni pada kursi roda pintar untuk membantu penderita kelumpuhan untuk mendapatkan pergerakan kursi roda yang lebih *fleksibel*. Berikut merupakan gambar 1 blok diagram dari sistem :



Gambar 1 Blok Diagram Sistem

Pada gambar 1 menjelaskan mengenai input, proses dan output pada robot kursi roda. Dalam perancangannya menggunakan Arduino ATmega 2560 yang merupakan komponen utama pada alat tersebut yang berfungsi sebagai proses pengolahan data dan pengkonversian menjadi sinyal analog dan digital. Komponen input terdiri dari sensor *proximity*, *joystick* dan *push button*. Sensor *proximity* berfungsi sebagai pendeteksi objek suatu benda berdasarkan jarak benda tersebut terhadap sensor. Joystick dan push button berfungsi sebagai pengendali kursi roda untuk melakukan pergerakan. Arduino ATmega 2560 berfungsi sebagai pemroses data input dan output. Komponen proses menggunakan Arduino ATmega2560 yang berfungsi sebagai proses deteksi data masukan, mengolah data dan mengatur keluaran sesuai dengan fungsi alat yang dikehendaki. Komponen output yaitu terdiri dari driver motor, motor DC dan motor servo . Motor DC berfungsi untuk menggerakkan *omniwheel* serong, menyamping, maju atau mundur dan berputar. Kecepatan dan putaran arah motor DC diatur oleh motor driver. Motor servo berfungsi untuk membuka dan menutup bangku saat robot kursi roda menggunakan toilet. Sedangkan blok diagram pengiriman data melalui Bluetooth untuk aplikasi *Android* terlihat pada gambar 2 berikut :



Gambar 2 Blok Diagram Sistem Pengiriman Bluetooth

Blok pertama terdiri dari *Smartphone* yang terunduh Aplikasi Pengendali Kursi Roda didalamnya terdapat *Bluetooth* yang harus terkoneksi atau terhubung dengan *Bluetooth* Modul HC-06. Cara menghubungkan antara *Smartphone* dengan *Bluetooth* Modul HC-06 adalah dengan cara *Bluetooth* HC-06 akan diaktifkan untuk melakukan *scanning Bluetooth* yang berada disekitarnya, karena itu usahakan tidak ada Bluetooth lain yang hidup yang berada disekitar *Bluetooth* HC-06, karena hasil *scanning Bluetooth* HC-06 hanya menampilkan *address*, *device type*, dan *RSSI Sinyal intensity* dari *Bluetooth* yang terdeteksi sehingga sulit untuk mengenali *address* milik *Bluetooth* yang satu dengan yang lainnya. Lalu *Bluetooth* mengirimkan data ke Arduino mealui pin satu sebagai TX atau pengirim (*transmitter*) berupa manuver pergerakan (Maju, Mundur, Geser Kanan,

Geser Kiri, Serong Kanan Maju, Serong Kiri Maju, Serong Kanan Mundur, Serong Kiri Mundur), *Unlock/Lock* yang berfungsi untuk mengunci atau membuka system Kursi Roda.

ANALISA DAN PENGUJIAN SISTEM

PENGUJIAN PENGENDALIAN ARAH POSISI PERGERAKAN KURSI RODA

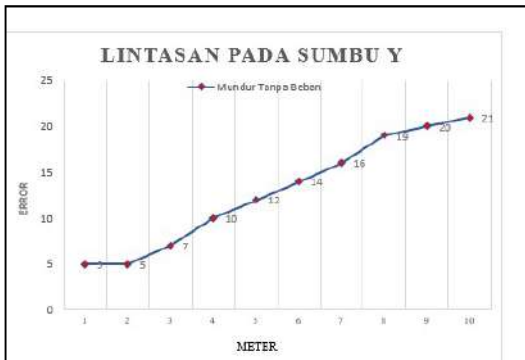
Dalam proses pengujian ini dilakukan pengukuran sudut error kursi roda terhadap lintasan (trajectory) pada saat pergerakan maju tanpa beban dan dengan beban, berdasarkan jarak 1-10 meter dengan titik awal sudut 0° .



Gambar 3a. Grafik Hasil Pengukuran Sudut Error Terhadap Lintasan (trajectory) Saat Pergerakan Maju Tanpa Beban



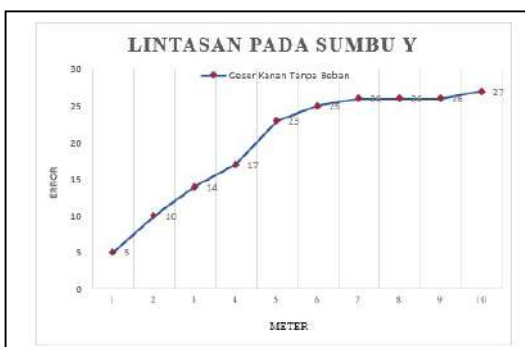
Gambar 3b. Grafik Hasil Pengukuran Sudut Error Terhadap Lintasan (trajectory) Saat Pergerakan Maju Dengan Beban



Gambar 3c. Grafik Hasil Pengukuran Sudut Error Terhadap Lintasan (trajectory) Saat Pergerakan Mundur Tanpa Beban



Gambar 3d. Grafik Hasil Pengukuran Sudut Error Terhadap Lintasan (trajectory) Saat Pergerakan Mundur Dengan Beban



Gambar 3e. Grafik Hasil Pengukuran Sudut Error Terhadap Lintasan (trajectory) Saat Pergerakan Geser Kanan Tanpa Beban



Gambar 3f. Grafik Hasil Pengukuran Sudut Error Terhadap Lintasan (trajectory) Saat Pergerakan Geser Kanan Dengan Beban



Gambar 3g. Grafik Hasil Pengukuran Sudut Error Terhadap Lintasan (trajectory) Saat Pergerakan Geser Kiri Tanpa Beban



Gambar 3h. Grafik Hasil Pengukuran Sudut Error Terhadap Lintasan (trajectory) Saat Pergerakan Geser Kiri Dengan Beban

PENGUJIAN KECEPATAN PUTARAN

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan putaran motor *robot* kursi roda menggunakan *tachometer*. Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan pit ke *as* yang berputar untuk diukur. Tekan tombol pengukuran untuk membaca nilai putaran pada *tachometer*.

Tabel 1 Hasil pengujian kecepatan putaran motor

No	Motor	Putaran (rpm)
1	Kanan Depan	92
2	Kiri Depan	92
3	Kanan Belakang	92
4	Kiri Belakang	96

Dapat dilihat pada tabel 1 terdapat persamaan kecepatan putaran motor pada motor kanan depan, kiri depan dan kanan belakang. Sedangkan pada motor kiri belakang putaran rpm nya lebih besar dibandingkan ketiga motor lain. Dari keempat motor yang digunakan, didapatkan perbandingan 4 rpm kecepatan putaran pada motor dc. *Tachometer* digunakan untuk mengetahui kecepatan motor yang dihitung secara manual. Karena motor dc yang digunakan pada penelitian ini merupakan jenis motor dc *power window* dimana motor dc tersebut belum bisa mensinkronkan sendiri kecepatan putaran motor. Maka dibutuhkanlah *tachometer* sebagai alat ukur untuk mengetahui kecepatan putaran motor.

PENGUJIAN JARAK TANPA HALANGAN

Tujuan dari pengukuran jarak jangkauan *Bluetooth* adalah untuk mengetahui jarak konektivitas dari *Bluetooth* mengirim dan menerima data dari aplikasi dan sebagai jarak maksimum *Bluetooth* untuk mengirim data. Pengujian ini juga dapat diukur arus pada motor *driver* yang mana memiliki tegangan 12V dan memiliki arus sebesar 3A.

Tabel 2 Pengujian Kinerja Bluetooth

Jarak	10 – 41 Meter		42 – 44 Meter		Jarak	10 – 41 Meter		42 – 44 Meter	
	Beban	Tanpa Beban	Beban	Tanpa Beban		Beban	Tanpa Beban	Beban	Tanpa Beban
Maju	2,63A	2,32A	199mA	201mA	Geser Kanan	2,68A	2,35A	298mA	380mA
Mundur	2,65A	2,31A	298mA	160mA	Geser Kiri	2,80A	2,54A	481mA	333mA
Serong Kanan Maju	2,78A	2,40A	276mA	221mA	Serong Kanan Mundur	2,89A	2,52A	280mA	338mA

Serong Kiri Maju	2,76A	2,51A	260mA	423mA	Serong Kiri Mundur	2,71A	2,46A	298mA	270mA
------------------	-------	-------	-------	-------	--------------------	-------	-------	-------	-------

Nilai arus yang didapatkan dari pengujian dari Bluetooth terhadap jarak memberikan hasil yang linear. Dan didapatkan jarak maksimum penggunaan 42 meter dengan kondisi ruangan terbuka dan nilai arus maksimum pada kondisi adanya beban yaitu 2,89A dan tanpa beban 2,51A. Pengujian ini juga dapat diukur arus pada motor driver yang mana memiliki tegangan 12V dan memiliki arus sebesar 3A.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan dan analisa dari perancangan sistem didapatkan kesimpulan yaitu bahwa semakin jauh jarak yang ditempuh kursi roda, maka sudut error yang didapat semakin besar. Dari sepuluh kali percobaan sudut terkecil dengan jarak 1 meter didapat error 0° tanpa beban dan 2° dengan beban. Sudut terbesar dengan jarak 10 meter didapat error 21° dan 27° dengan beban. Batas aktif sensor pada saat mendeteksi benda yang menghalangi kursi roda berada pada jarak 15 cm. Kecepatan putaran motor kiri belakang lebih besar dibandingkan ketiga motor lain. Didapat perbandingan dengan selisih 4 rpm. Pada pengujian Bluetooth didapatkan bahwa alat terhubung dengan jarak 10 meter hingga 40 meter alat ini masih dapat terhubung dengan *Bluetooth*. Akan tetapi pada jarak 42 meter koneksi ini gagal bekerja untuk mengendalikan arah gerak kursi roda, hal ini dikarenakan sinyal pada *Bluetooth* HC-06 sudah tidak dapat terdeteksi oleh *Bluetooth* pada *smartphone* sehingga koneksinya terputus secara otomatis. Nilai arus yang didapatkan dari pengujian dari Bluetooth terhadap jarak memberikan nilai arus maksimum pada kondisi adanya beban yaitu 2,89A dan tanpa beban 2,51A.

DAFTAR PUSTAKA

1. Liem, Yuliana Kathina Hatta, Pujiono ST.,MT dan Ir. Tasripan, MT. 2012. *Rancang Bangun Kursi Roda Elektrik Menggunakan Perintah Suara Berbasis Aplikasi Android*. Jurnal Teknik POMITS. Vol 1, No 1. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-32209-2209100199-Paper.pdf>. Diakses pada 17 Januari 2019.
2. Suwanda, Ivan, Elang Dardian M dan Fachrudin Lubis. *Rancang Bangun Robot Omniwheel Penyedot Debu Menggunakan Sensor Accelerometer Berbasis Mikrokontroler*. Jurnal. Diakses 17 Januari 2019.
3. Parsa, I Made. 2018. *E-book Motor Motor Listrik*. Penerbit, CV Rasi Terbit. Diakses 17 Januari 2019.
4. Sukendar, Aang, Martinus dan Novri Tanti. 2013. *Pembuatan Sistem Otomasi untuk Pengaturan Mekanisme Kerja Mesin Cetak Kerupuk Menggunakan Mikrokontroler ATmega*. Jurnal FEMA. Vol 1, No 1. <https://media.neliti.com/media/publications/98628-ID-pembuatan-sistem-otomasiuntuk-pengaturan.pdf>. Diakses pada 17 Januari 2019.
5. Iswanto. 2015. *Aplikasi Motor Servo Dengan Mikrokontroler*. <http://iswanto.staff.ums.ac.id/files/2011/03/APLIKASI-MOTOR-SERVO-DENGAN-MIKROKONTROLER.doc>. Diakses pada 19 Januari 2019.
6. Yunanto DC, Khoswanto H, Santoso P. *Sistem Kendali dan Pemantauan Kursi Roda Elektrik*. Jurnal Teknik Elektro. 2016 ; 2 (IX) : 43-48.
7. Hariyahya D *Prototype Kursi Roda Dengan Penggerak Roda Omnidirectional Berbasis Arduino*. Publikasi Ilmiah. 2016 : 1-24
8. Rahmiati P, Firdaus G, Fathorrahman N. *Implementasi Sistem Bluetooth menggunakan Android dan Arduino untuk Kendali Peralatan Elektronik*. Jurnal ELKOMIKA 2014 ; (II) : 1-14.
9. N. O. Siahaan. *Rancang Bangun Simulasi Pengendali Kursi Roda Menggunakan Komunikasi Bluetooth Berbasis Arduino Uno*, Medan: Universitas Sumatra Utara, 2018.
10. Yatmono S. *Pengembangan Aplikasi User Interface Android Untuk Pengukur Jarak Berbasis Arduino Dan Bluetooth*. Jurnal Edukasi Elektro UNY. 2017 ; 1 (II) : 134-138.

PERLINTASAN KERETA API OTOMATIS MENGGUNAKAN VOICE DAN DISPLAY BERBASIS MICROCONTROLLER.

Muhammad Yaser^{1*}, Untung Priyanto^{2*}, Dewanto Indra Krisnandi³

muhammadyaser@univpancasila.ac.id^{1} untung.priyanto@univpancasila.ac.id^{2*}.*

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi yang memiliki karakteristik dan keunggulan khusus, terutama kemampuannya mengangkut penumpang maupun barang secara masal, hemat energi dan penggunaan ruang, faktor keamanan tinggi, dan tingkat pencemaran rendah. Faktor yang sering menjadi perhatian saat ini adalah tingkat kecelakaan yang masih relatif tinggi baik gerbong yang anjlok, tabrakan antara kereta api dengan kendaraan lain, adanya banjir/longsor dan masalah lain yang sering dihadapi oleh pengguna jasa Kereta Api. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan di area perlintasan, yang disebabkan karena keterlambatan penutupan pintu perlintasan kereta saat akan melewati perlintasan. Terutama pada perlintasan yang tidak dijaga perlu untuk diberi pintu perlintasan otomatis dengan sistem informasi voice dan display menggunakan *microcontroller*. Dari hasil pengujian sistem informasi *voice* dan *display* dapat memberitahu jarak dan kecepatan kereta diperoleh rata – rata persentase error untuk kecepatan di arah hilir sebesar 15.26 % dan untuk arah hulu sebesar 16.87 %. Waktu respon ideal untuk motor servo pada prototipe diperoleh < 0,6169805 sec saat kereta melaju dengan kecepatan max 19,444 cm/s, agar kondisi palang pintu tertutup sebelum kereta melewati area persimpangan.

Kata Kunci: *Perlintasan kereta api, Voice, Display, Microcontroller*

PENDAHULUAN

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi yang memiliki karakteristik dan keunggulan khusus, terutama kemampuannya mengangkut penumpang maupun barang secara masal, hemat energi dan penggunaan ruang, mempunyai faktor keamanan tinggi, dan tingkat pencemaran rendah. Sehingga lebih efisien dibanding moda transportasi jalan raya lainnya terutama angkutan jarak jauh dan untuk daerah padat lalu lintas, seperti angkutan kota. Perkeretaapian di Indonesia di mulai saat era Hindia-Belanda (tahun 1864), Jepang (tahun 1942)^[1] sampai dengan saat ini kereta api selalu menjadi sarana transportasi yang dipercaya oleh masyarakat.

Diantara karakteristik dan keunggulan khusus yang telah disebutkan di atas, salah satunya adalah faktor keamanan yang tinggi dan merupakan hal yang mutlak dan tidak bisa ditawar lagi. Faktor yang sering menjadi perhatian saat ini adalah tingkat kecelakaan yang masih relatif tinggi baik gerbong yang anjlok, tabrakan antara kereta api dengan kendaraan lain, adanya banjir/ longsor dan masalah lain yang sering dihadapi oleh pengguna jasa kereta api. Selain itu angka kecelakaan lalu lintas yang terjadi di pintu terlintasan saat ini masih tinggi berdasarkan data dari KNKT sebesar 41 % kecelakaan yang disebabkan prasarana dengan jumlah pintu perlintasan 241 berpenjaga, 106 tanpa penjaga dan 186 pintu perlintasan liar yang ada di Daerah Operasi 1 Jakarta. Beberapa upaya yang dilakukan pihak PT. Kereta Api Indonesia (Persero) saat ini untuk mengurangi angka kecelakaan yang terjadi di area perlintasan kereta dengan menutup beberapa perlintasan kereta yang dianggap rawan terhadap kecelakaan. Upaya ini sudah dilakukan dari awal tahun 2017 sebanyak 14 perlintasan sebidang yang akan ditutup oleh pihak PT. Kereta Api Indonesia (Persero)

Dalam rangka mengurangi kecelakaan di area perlintasan kereta terutama pada perlintasan yang tidak dijaga perlu untuk diberi pintu perlintasan otomatis. Sedangkan di perlintasan yang dijaga dipasang pengendali pintu otomatis untuk mengurangi *human error*, tetapi tetap dapat di kendalikan secara manual ketika diperlukan.

Pada penelitian^[2] dilakukan perancangan sistem kendali palang pintu kereta api dua jalur hasilnya pintu perlintasan dapat bekerja secara otomatis akan tetapi sistem yang dirancang belum dapat bekerja saat kondisi dua arah dengan pergerakan kereta berlawanan, kemudian penelitian^[3] melakukan perancangan palang pintu otomatis dengan *countdown* hasilnya alat mampu membuka palang pintu pada saat kereta melintasi sensor yang berjarak 30 cm dan mampu menampilkan informasi waktu kereta sampai di perlintasan kereta api^[3], kemudian pada penelitian^[4] tentang model notifikasi sistem peringatan pada perlintasan kereta api berbasis mikrokontroler yang dapat mendeteksi kecepatan kereta. Pada penelitian^[5] disimulasikan pintu perlintasan kereta api otomatis berbasis arduino hasilnya perhitungan kecepatan kereta dapat dilakukan dengan baik.

Untuk menyempurnakan penelitian terdahulu penulis merancang suatu sistem perlintasan kereta api otomatis dengan menggunakan *voice dan display* yang dapat memberitahu jarak dan kecepatan kereta.

1. KONSEP DASAR SISTEM PINTU PERLINTASAN KERETA API OTOMATIS

2.1 Perlintasan Kereta Api.

Perlntasan kereta api adalah persilangan antara jalur kereta api dengan jalan, baik jalan raya ataupun jalan setapak kecil lainnya. Perlntasan terdiri dari perlintasan sebidang dan perlintasan tak sebidang. Perlntasan tak sebidang adalah persilangan antara jalur kereta api dengan jalan raya yang tidak pada satu bidang, misal dengan *flyover* atau *underpass*^[6]. Sedangkan perlintasan sebidang adalah persilangan antara jalur kereta dengan jalan raya pada satu bidang, yaitu di atas tanah. Persilangan ini banyak terdapat di pedesaan yang arus lalu lintas pada jalan tersebut masih relatif jarang^[6].

2.2 Arduino

Pada tahun 2011, Arduino sudah menjadi salah satu *platform Open Source HardWare* (OSHW). Nama arduino tidak hanya digunakan untuk menamai *board* rangkainnnya saja tetapi juga untuk menamai bahasa dan *software* pemrogramannya, serta lingkungan pemrogramannya IDE-nya (IDE = *Integrated Development Environment*). Ada beberapa jenis modul arduino yang bisa digunakan pada penelitian, menggunakan *board* Arduino Mega sebagai *microcontroller* yang menghubungkan dari *hardware* ke *interface* komputer^[7].



Gambar 2.3 Board Arduino.

Sensor ultrasonic berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor berdasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik). Gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40 kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Secara umum, alat akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima

2.3 Motor Servo

Motor servo dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kendali yang ada di dalam motor servo gambar 2.5. Motor terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kendali. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor



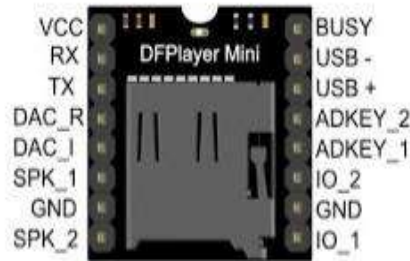
Gambar 2.5 Motor Servo^[11].

Karena motor DC servo merupakan alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, maka magnet permanent motor DC servolah yang mengubah energi listrik ke dalam energi mekanik melalui interaksi dari dua medan magnet. Salah satu medan dihasilkan oleh magnet permanen dan yang satunya dihasilkan oleh arus

yang mengalir dalam kumparan motor. Resultan dari dua medan magnet tersebut menghasilkan torsi yang membangkitkan putaran motor tersebut. Saat motor berputar, arus pada kumparan motor menghasilkan torsi yang nilainya konstan. Pengendalian gerakan batang motor servo dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Pulse Width Modulation* (PWM). Teknik ini menggunakan sistem lebar pulsa untuk mengendalikan putaran motor. Sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor.

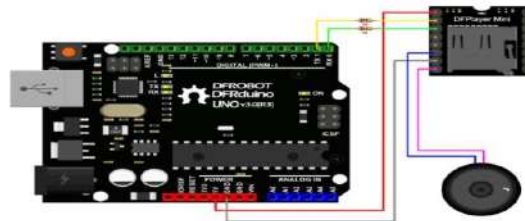
2.4 DF Player Mini

DFPlayer mini adalah modul *sound (music player)* yang mendukung beberapa *file* salah satunya adalah *file .mp3* yang umum kita gunakan sebagai *format sound file*. DFPlayer mini mempunyai 16 pin *interface* berapapun standar DIP *header* pada kedua sisinya



Gambar 2.7 DFPlayer Mini

DFplayer mini dapat bekerja sendiri secara *stand-alone* ataupun bekerja bersama dengan *microcontroller* melalui koneksi serial. DFPlayer memiliki koneksi serial yang dapat menerima instruksi dari *microcontroller*. Pada gambar 2.8 koneksi serial DFPlayer mini dengan *board* arduino:

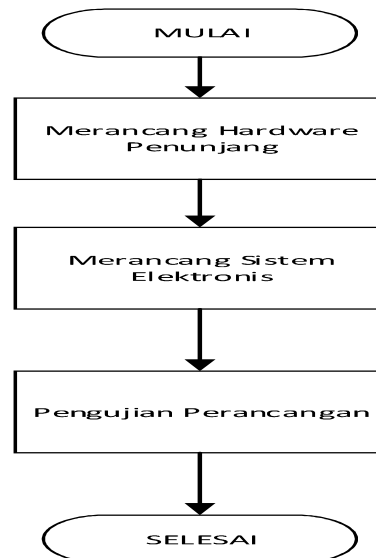


Gambar 2.8 Koneksi Serial Arduino dengan DFPlayer Mini^[10].

2. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Metode Mekanisme Perancangan Sistem

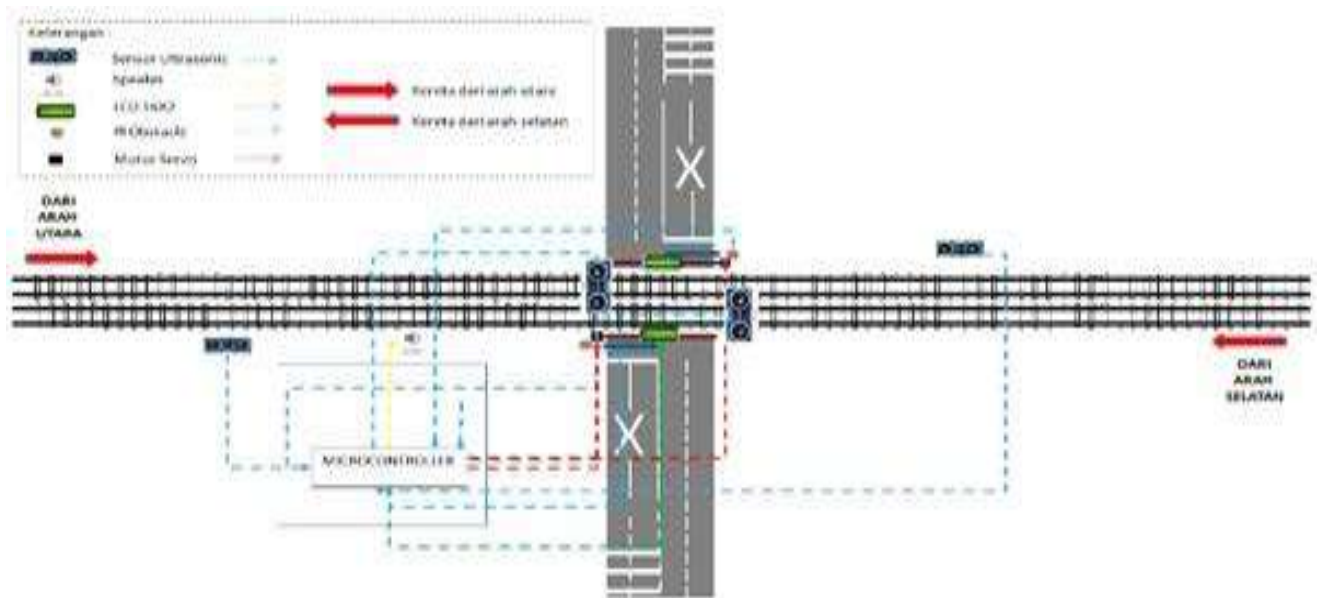
Metode yang dilakukan yaitu dengan membuat prototipe pintu perlintasan kereta api sebagai alat simulasi percobaan dan analisa. Dimana prototipe dibuat sedemikian rupa seperti pintu perlintasan kereta api pada umumnya, yang didalamnya diberi tambahan komponen elektronik dan sensor agar dapat mengatur buka-tutup palang pintu secara otomatis serta dapat memberikan informasi *voice* dan visual di perlintasan kereta api. Dimana sistem alat yang digunakan berfungsi untuk mengatur buka-tutup palang pintu secara kontinyu selama kereta simulasi beroperasi di lintasan. Adapun tahapan perncangan yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.1, sebagaimana berikut :



Gambar 3.1 Flowchart mekanisme perancangan.

3.2 Perancangan Hardware Penunjang

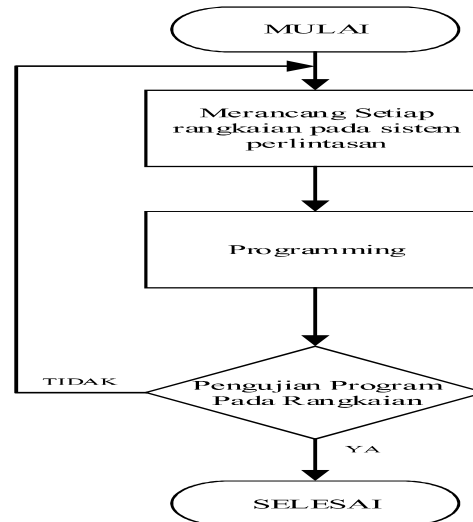
Perancangan hardware penunjang pertama dengan membuat sketsa gambar pintu perlintasan kereta api dengan 2 jalur lintasan kereta, sebelum prototipe dibuat agar penempatannya sesuai berdasarkan fungsi kerja dari setiap komponen dan sensor yang dipakai pada prototipe. Kereta simulasi dan rel yang dipakai berupa prototipe dengan skala pada kereta simulasi 1:87 dari ukuran sebenarnya. Alas pada lintasan menggunakan polycarbonate dan papan kayu, acrylic untuk tiang penyangga motor servo dan LCD di area pintu perlintasan. Sensor ultrasonik yang di posisikan mengarah pada kereta yang akan datang ke pintu perlintasan dan sensor ultasonik yang di tempatkan setelah pintu perlintasan untuk mendeteksi kereta sudah melewati pintu perlintasan. Percanaan prototipe pada pintu perlintasan kereta api dapat dilihat pada gambar 3.2, seperti berikut :



Gambar 3.2 Sketsa perancangan prototipe pintu perlintasan kereta api.

3.2 Perancangan Sistem Elektronis

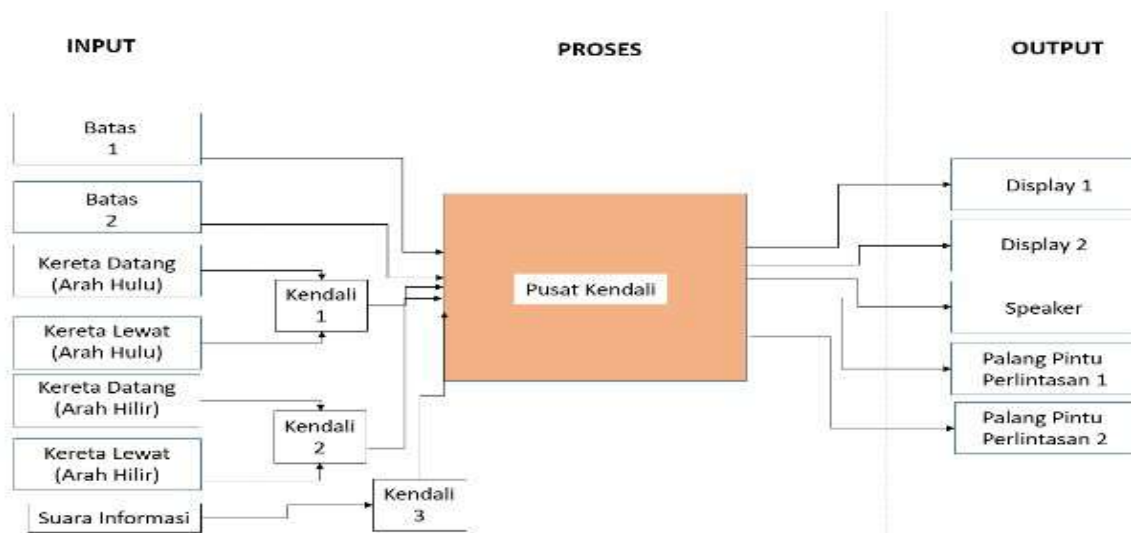
Perancangan sistem elektronis yaitu membuat suatu rancangan dari setiap masing-masing rangkaian yang di program pada *microcontroller* sebagai pengendali pada sistem pintu perlintasan, adapun tahapan yang dilakukan dalam perancangan sistem elektonis dapat dilihat pada gambar 3.3, sebagai berikut:



Gambar 3.3 Flowchart tahapan desain sistem elektronik.

3.3 Proses Perancangan

Perancangan dilakukan dari setiap rangkaian yang menunjang pada sistem pintu perlintasan kereta agar dapat bekerja otomatis secara kontinyu. Setiap komponen dengan *microcontroller* dirangkai sebelum diberi program agar setiap komponen dapat di kendalikan sesuai dengan rancangan sistem yang dibuat. Dapat dilihat pada gambar 3.4 diagram blok untuk membuat sub rangkaian elektronis sebelum semua dirangkai menjadi 1 rangkaian keseluruhan.



Gambar 3.4 Diagram Blok.

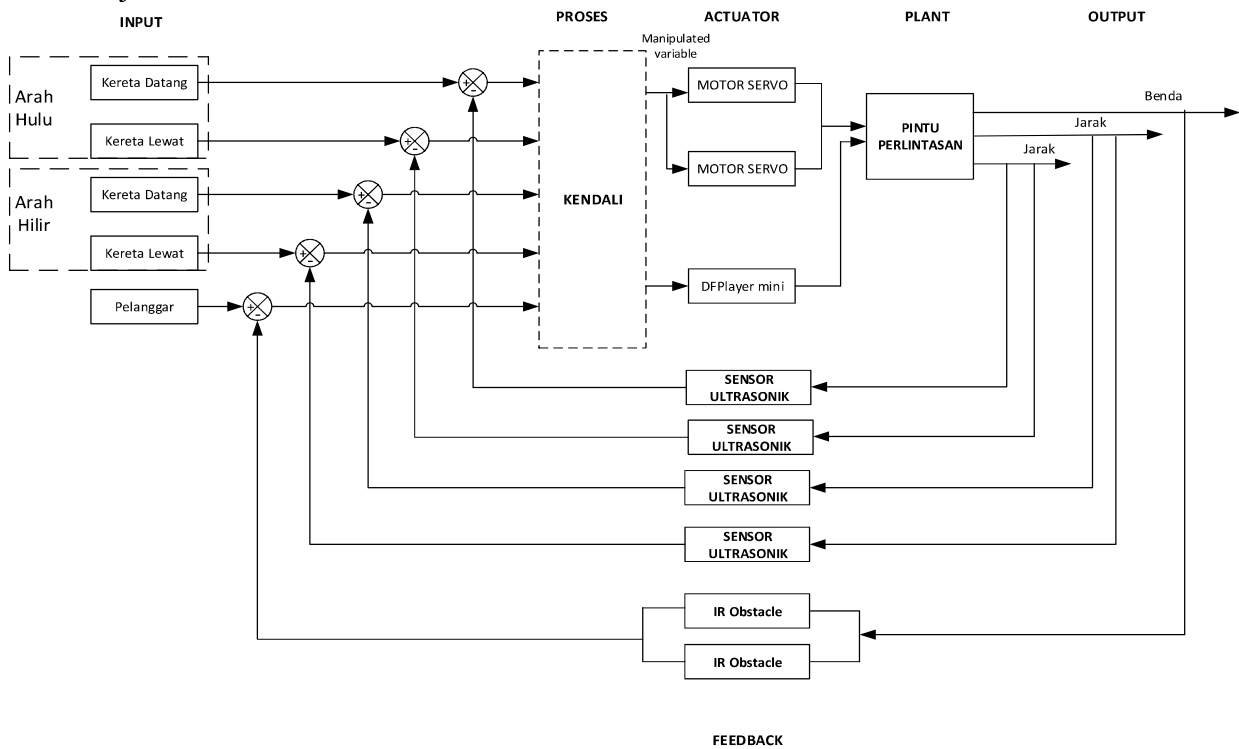
Pada gambar 3.4 terlihat diagram blok rancangan sistem pengatur otomatis yaitu alat pengatur buka tutup pintu perlintasan kereta api menggunakan sensor ultrasonik, sistem informasi rangkaian voice dan display serta pengamanan tambahan menggunakan sensor *InfraRed Obstacle*, pada sistem ini memiliki 7 input diantaranya kereta datang yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik dengan jarak yang sudah ditentukan sebagai awal mula sistem pintu perlintasan bekerja yang di proses oleh *microcontroller* yang mengendalikan output pada motor servo untuk menutup pintu perlintasan dan memberikan informasi berupa voice serta tampilan jarak hitung mundur dan kecepatan kereta sesuai dengan kondisi dari input mana yang aktif. Untuk pelanggaran batas aktif saat pintu perlintasan sudah tertutup dan saat ada objek halang yang terbaca sensor *InfraRed Obstacle* kemudian di proses oleh *microcontroller* yang akan mengendalikan output suara untuk memberikan info bahaya lewat suara.

Dengan adanya sistem pintu perlintasan otomatis ini para pengguna jalan diharapkan mendapatkan kenyamanan, keamanan dan keselamatan saat akan melewati pintu perlintasan kereta api. Informasi

ditampilkan melalui audio (*voice*) dengan speaker, dan display (*visual*) menggunakan LCD yang memudahkan para pengguna jalan mendapatkan informasi di pintu perlintasan. Perancangan sistem informasi dirancang demi keselamatan pengguna jalan.

3.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak yaitu membuat suatu program pada microcontroller sebagai pusat pengendali pada sistem pintu perlintasan kereta api yang mengendalikan segala proses I/O secara otomatis saat sistem bekerja.



Gambar 3.5 Diagram Sistem Kendali.

Dari gambar 3.5 dapat diketahui diagram sistem kendali yang memiliki tiga *set point* yaitu dua diantaranya adalah jarak yang memanfaatkan pantulan frekuensi ultrasonik terhadap benda yang berada tepat didepannya, dan gerak yang mendeteksi adanya pergerakan yang menghalangi garis pembatas yang di pantulkan dari inframerah ke fotodiode pada modul sensor IR Obstacle. Semua *set point*-nya akan masuk kedalam *microcontroller*, dimana *microcontroller* disini digunakan untuk proses analisa data dimana data yang dihasilkan akan dikirim pada *actuator* yaitu motor servo dan DFPlayer mini yang penempatan sudah diatur pada pintu perlintasan sebagai *plant*.

Output plant yang diukur adalah jarak dan pantulan radiasi inframerah, dimana jarak diukur oleh sensor jarak ultrasonik dan pantulan radiasi inframerah terhadap benda yang diukur oleh photodiode pada sensor IR Obstacle. Nilai jarak dan pantulan radiasi terhadap benda akan menjadi *feedback* nilai aktual dengan *set point*. Apabila terdapat selisih nilai, maka akan diproses oleh *microcontroller* dan akan dilakukan tindakan untuk menghidupkan *actuator* hingga nilai aktual sesuai dengan *set point*.

Berikut adalah keterangan *port* atau pin *Output microcontroller* yang digunakan pada masing – masing komponen dijelaskan dibawah ini:

Tabel 3.1 Pin *Output Microcontroller* Arduino Mega 2560.

Port	Penggunaan
14. 15	Sebagai output serial komunikasi dengan Arduino Nano 3
24	Sebagai output ke rangkaian servo 1
32	Sebagai output ke rangkaian servo 2
30	Sebagai output ke rangkaian sensor Halang (IR Obstacle 1)
22	Sebagai output ke rangkaian sensor Halang (IR Obstacle 2)
28. 36	Sebagai input dari Arduino Nano 1 & 2

26. 34	Sebagai output ke Arduino Nano 1 & 2
--------	--------------------------------------

Tabel 3.2 Pin Output Microcontroller Arduino Nano 1.

Port	Penggunaan
20. 21	Sebagai output ke rangkaian sensor jarak (Ultrasonik 1-1)
22. 23	Sebagai output ke rangkaian sensor jarak (Ultrasonik 1-2)
24. 26	Sebagai output ke Arduino Mega
25. 27	Sebagai input ke Arduino Mega
20	Sebagai output ke rangkaian LCD 1
4	Sebagai input ke rangkaian LCD 1

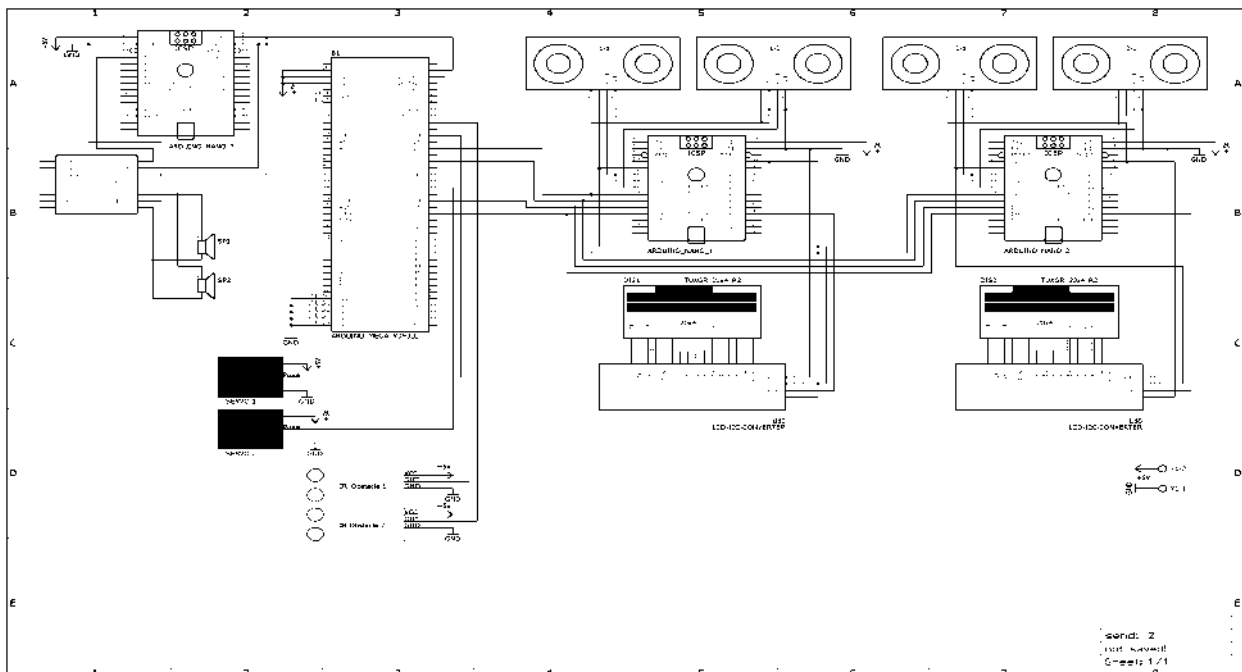
Tabel 3.3 Pin Output Microcontroller Arduino Nano 2

Port	Penggunaan
20. 21	Sebagai output ke rangkaian sensor jarak (Ultrasonik 2-1)
22. 23	Sebagai output ke rangkaian sensor jarak (Ultrasonik 2-2)
24. 26	Sebagai output ke Arduino Mega
25. 27	Sebagai input ke Arduino Mega
20	Sebagai output ke rangkaian LCD 2
4	Sebagai input ke rangkaian LCD 2

Tabel 3.4 Pin Output Microcontroller Arduino Nano 3.

Port	Penggunaan
16. 17	Sebagai output serial komunikasi dengan Arduino Mega dan DFPlayer Mini

Pada rangkaian keseluruhan semua komponen digabung menjadi satu dengan menghubungkan setiap kabel ke pin *board* arduino seperti pada gambar 3.6 Rangkaian keseluruhan yang sistem kerjanya akan saling berhubungan berdasarkan program yang telah dibuat pada *Microcontroller*.



Gambar 3.6. Rangkaian Keseluruhan Sistem Pintu Perlindungan Kereta Api dengan Informasi Voice dan Display.

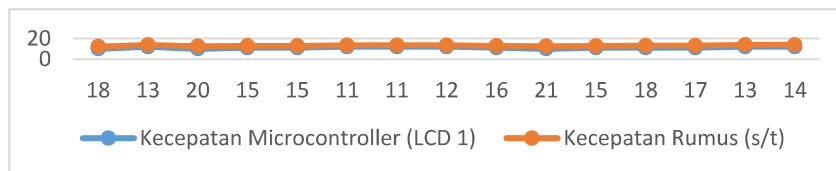
4 Pengukuran dan Pengujian Alat.

4.1 Pengujian Kecepatan Kereta

Pengujian sistem pada aspek kecepatan yang dihasilkan oleh *microcontroller* yang akan dibandingkan dengan kecepatan aktual dilakukan pengambilan sampel data sampai beberapa kali untuk mengetahui akurasi dari sistem yang telah dirancang.

Tabel 4.1 Pengujian Perhitungan Kecepatan Kereta dari Arah Hilir.

No	Set Point	Waktu Arduino	Waktu Stopwatch	Kecepatan LCD 1	Kecepatan (s/t)	Error Kecepatan
	(cm)	(s)	(s)	(cm/s)	(cm/s)	(%)
1	12	0,83	0,98	10	12	18
2	12	1,00	0,87	12	14	13
3	12	0,83	0,96	10	13	20
4	12	0,92	0,93	11	13	15
5	12	0,92	0,93	11	13	15
6	12	1,00	0,89	12	13	11
7	12	1,00	0,89	12	13	11
8	12	1,00	0,88	12	14	12
9	12	0,92	0,92	11	13	16
10	12	0,83	0,95	10	13	21
11	12	0,92	0,93	11	13	15
12	12	0,92	0,90	11	13	18
13	12	0,92	0,91	11	13	17
14	12	1,00	0,87	12	14	13
15	12	1,00	0,86	12	14	14

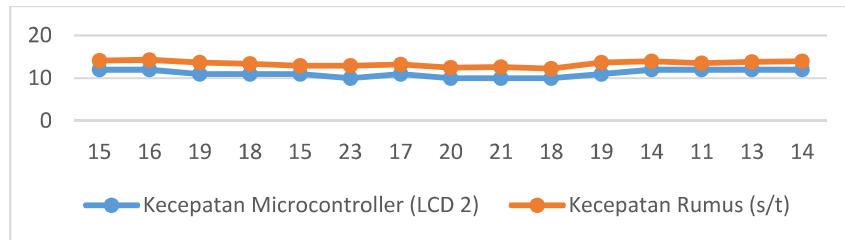


Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Nilai Error Kecepatan Kereta dari Arah Hilir.

Hasil dari pengujian kecepatan kereta yang datang dari arah hulu dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2 Pengujian Perhitungan Kecepatan Kereta dari Arah Hulu.

No	Set Point	Waktu Arduino	Waktu Stopwatch	Kecepatan LCD 2	Kecepatan (s/t)	Error Kecepatan
	(cm)	(s)	(s)	(cm/s)	(cm/s)	(%)
1	12	1,00	0,85	12	14	15
2	12	1,00	0,84	12	14	16
3	12	0,92	0,88	11	14	19
4	12	0,92	0,90	11	13	18
5	12	0,92	0,93	11	13	15
6	12	0,83	0,93	10	13	23
7	12	0,92	0,91	11	13	17
8	12	0,83	0,96	10	13	20
9	12	0,83	0,95	10	13	21
10	12	0,83	0,98	10	12	18
11	12	0,92	0,88	11	14	19
12	12	1,00	0,86	12	14	14
13	12	1,00	0,89	12	13	11
14	12	1,00	0,87	12	14	13
15	12	1,00	0,86	12	14	14



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai Error Kecepatan Kereta dari Arah Hulu.

Pengambilan data dilakukan beberapa kali untuk mengetahui akurasi perhitungan yang di proses oleh *microcontroller*. Hasil pengujian dapat dianalisa bahwa semakin lambat waktu tempuh aktual saat pengujian nilai kecepatan yang dihasilkan *microcontroller* semakin besar nilai errornya. Rata – rata persentase error kecepatan pada prototipe dengan perhitungan aktual dengan *stopwatch* di arah hilir sebesar 15.26 % dan untuk arah hulu sebesar 16.87 %, perbedaan tersebut dikarenakan sensitivitas serta keakuratan pada tiap sensor berbeda-beda dan pengujian sensor jarak ultrasonik dapat berjalan normal dengan dibuktikan bahwa setiap perubahan nilai yang diterima sensor dapat menunjukkan perubahan nilai *aktual* yang ditampilkan di LCD prototipe. Error pada pengujian kecepatan kereta termasuk terlalu besar dalam hal ini karena karakteristik sebaran area deteksi yang lebar sehingga tidak pasti posisi objek yang diukur yang mana dan waktu tempuh kereta yang singkat mengakibatkan proses perhitungan pada sistem menjadi tidak akurat. Sudut refleksi pada sensor yang terlalu besar juga menyebabkan gelombang ultrasonik yang dikirimkan tidak terpantul dengan sempurna, akibatnya pembacaan jarak menjadi tidak akurat.

4.2 Analisa Respon Palang Pintu Perlintasan Terhadap Kecepatan Kereta

Analisa ini dilakukan untuk menentukan timing dari motor servo sebagai palang pintu perlintasan, agar tidak ada keterlambatan saat pintu perlintasan menutup. Dengan set point jarak 12cm , jika dikonversi kecepatan prototipe kereta sebesar 19.444cm/s dan jarak prototipe 12 cm, maka diperoleh waktu tempuh prototipe sebesar 0.617157 s.

Pada Sensor ultrasonik waktu tempuh dikali 2 karena cara kerja dari sensor ultrasonik gelombang ultrasonik yang dipancarkan sensor dari Trigger – Objek – Echo sehingga diperoleh waktu tempuh dari sensor ultrasonik sebesar 0,000176 s. Dari hasil perhitungan diatas waktu respon untuk motor servo di dapat dari hasil selisih waktu tempuh kereta dengan sensor ultrasonik. Waktu respon ideal untuk motor servo harus < 0,6169805 sec saat kereta melaju dengan kecepatan max 19,444 cm/s, agar saat kondisi palang pintu tertutup kereta belum melewati area persimpangan.

KESIMPULAN

1. Sensor ultrasonik pada prototipe untuk pembacaan kecepatan memiliki rata rata persentase error di arah hilir sebesar 15.26 % dan untuk arah hulu sebesar 16.87 %
2. Jangkauan pada sensor *InfraRed Obstacle* terjauh dengan intensitas cahaya di dalam ruangan sebesar 11 cm, jangkauan dari *infrared obstacle* dipengaruhi besarannya intensitas cahaya di sekitar sensor.
3. Pemakaian sensor *InfraRed Obstacle* diluar ruangan tidak bisa diterapkan karena sensor menyerap radiasi cahaya, yang membuat sistem menjadi error karena sensor sudah aktif sebelum ada objek yang menghalangi, jadi semakin gelap area disekitar sensor semakin jauh jangkauan yang di pancarkan oleh *InfraRed* terhadap objek untuk dipantulkan ke photodiode sebagai penerima radiasi cahaya inframerah.
4. Waktu respon ideal untuk motor servo pada prototipe harus < 0,6169805 sec saat kereta melaju dengan kecepatan max 19,444 cm/s, agar saat kondisi palang pintu tertutup, kereta belum melewati area persimpangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Situs resmi PT. Kereta Api Indonesia (Persero) http://heritage.kereta-api.co.id/page/sejarah_perkeretapian
- [2] Okky Hermawan, “Palang Pintu Otomatis Pada Perlintasan Kereta Api Rel Ganda”, Jurnal Tugas Akhir, Semarang, 2013.
- [3]. Dimas Imadudin Satrianto, “Palang pintu otomatis dengan *countdown* sebagai upaya menghindari kecelakaan di perlintasan kereta”, Universitas Negeri Yogyakarta, 2016.

- [4]. Bayu, Ramadhan. “model notifikasi sistem peringatan pada perlintasan kereta api berbasis mikrokontroler” Universitas Negeri Yogyakarta. 2017
- [5]. David Boy Tonara1, Yuwono Marta Dinata, “Rancang Bangun Simulasi Palang Pintu Kereta Api Menggunakan Percepatan Berbasis Arduino”, 2017.
- [6]. E-Book: peraturan direktur jenderal perhubungan darat nomor : sk.770/ka.401/drjd/2005. Hal 2-5, 22
- [7]. Heri Andrianto, Aan Darmawan, “Arduino belajar cepat dan pemograman” , Informatika Bandung, Bandung, 2016.

STUDI KARAKTERISTIK PENCATUAN SOLAR CELL TERHADAP PENYIMPANAN DAYA PADA BATERAI

Wisnu Broto¹, M. Yaser², dan Duta Widhya S.³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK Sumber energi listrik alternatif diantaranya solar cell, bersumber dari cahaya matahari yang tidak terbatas. Indonesia dengan letak geografis negara tropis memiliki potensi yang baik memanfaatkan solar cell sebagai pembangkit listrik. Dikarenakan energi solar cell ini dari asupan sinar matahari, maka keluaran energi dari solar cell inipun tidak stabil, karena berubah-ubah sesuai dengan cuaca yang terjadi dan lingkungan disekitarnya, maka dibutuhkan suatu penyimpanan energi yang dapat menampung energi listrik keluaran solar cell. Baterai adalah salah satu peralatan yang dapat menyimpan energi listrik dan dapat menampung energi keluaran yang berasal dari solar cell. Pada penelitian ini akan dibahas karakteristik pencatuan solar cell terhadap kapasitas sistem penyimpanan daya baterai, yang meliputi hubungan antara intensitas dan suhu terhadap arus dan tegangan yang dibangkitkan, serta efisiensi dari sistem penyimpanan energi ini. Dari percobaan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa intensitas cahaya dan suhu solar cell mempengaruhi tegangan dan arus yang dihasilkan.

Kata kunci— *solar cell; baterai, intensitas cahaya, suhu*

PENDAHULUAN

Solar cell merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang tidak menghasilkan polusi sehingga ramah lingkungan, selain itu tidak menghasilkan suara yang bising, dan tahan lama. Solar cell sendiri memiliki hubungan terhadap intensitas dan suhu. Secara teori bahwa intensitas meningkat, maka arus yang dihasilkan juga meningkat dikarenakan lebih banyak foton yang dihasilkan, dan menghasilkan arus yang dihasilkan cahaya, tegangan juga meningkat, rumus untuk tegangan open circuit dari solar cell sendiri, yaitu :

$$V_{oc} = \frac{nkT}{q} \ln \left(\frac{I_L}{I_0} + 1 \right) \quad (1)$$

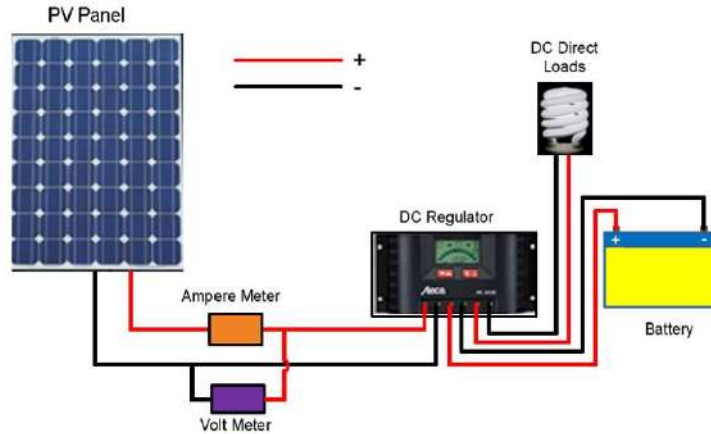
Dimana I_L meningkat akibat intensitas cahaya, begitu juga V_{oc} . Sedangkan hubungannya dengan suhu, ketika suhu meningkat dapat menurunkan bandgap semikonduktor, sehingga teganganpun menurun, sebaliknya arus meningkat dikarenakan akan lebih banyak elektron yang melewati bandgap. Bila dihubungkan dengan rumus bahwa ketika suhu meningkat, I_L akan meningkat sedikit, I_0 dan T juga meningkat, sehingga arus akan meningkat dan tegangan V_{oc} menurun.

Solar cell sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari yang masuk pada permukaannya, sehingga daya yang disuplai oleh solar cell ini berubah ubah dan tidak stabil tergantung kondisi penyinaran saat itu, sehingga apabila solar cell ini dihubungkan secara langsung ke beban, maka dapat merusak beban tersebut. Solusinya adalah dengan menggunakan sistem penyimpanan energi, yang menyimpan energi listrik tersebut untuk kemudian disambungkan ke beban, sehingga apabila kondisi penyinaran matahari dalam keadaan berawan, dari sistem penyimpanan energi tersebut masih dapat menyuplai beban secara stabil. Sistem penyimpanan energi yang sering digunakan adalah baterai /accumulator. Solar cell yang memiliki nominal tegangan 12 V, biasanya dapat menghasilkan tegangan yang berubah dari 13-20 V, sedangkan baterai yang digunakan mempunyai tegangan nominal 12 V. Adanya perbedaan antara tegangan keluaran dari solar cell dan baterai tentu saja memiliki dampak, yaitu kerusakan pada baterai, yang berakibat akan mengurangi *lifetime* dari baterai. Oleh karena dibutuhkan regulator tegangan yang mengubah tegangan solar cell tersebut ke 12 V. Regulator ini selain berfungsi sebagai regulator tegangan, juga harus mempunyai fungsi sebagai dioda proteksi, sehingga hanya melewatkan arus yang menuju baterai dan tidak ada arus balik ke solar cell. Apabila sore, dengan tidak adanya penyinaran dari matahari, tegangan dari solar cell bisa lebih kecil dari baterai yang memungkinkan adanya arus balik dari dari baterai ke solar cell, tapi dengan adanya dioda proteksi ini hal tersebut tidak terjadi. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan data harian dari daya yang dapat disuplai oleh solar cell ke baterai, efek perubahan cuaca pada daya yang disuplai seperti intensitas cahaya dan temperaturnya dan juga keadaan dari baterai seperti tegangan awal dan tegangan akhir charging. Sehingga

akan didapat pengaruh lingkungan seperti awan tebal dan keadaan pada saat hujan terhadap daya yang dapat disuplai ke baterai.

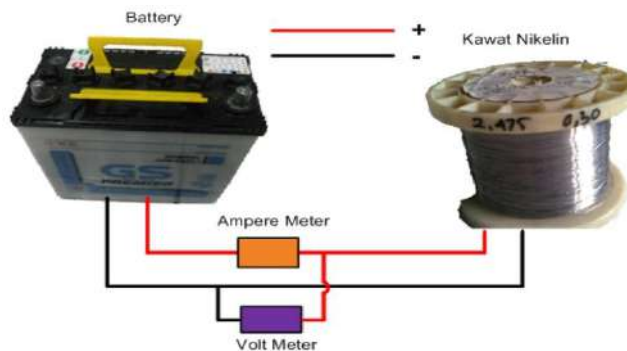
METODE DAN PROSEDURE PENGUJIAN

Untuk mendapatkan karakteristik pencatutan daya solar cell dalam satu hari, maka perlu dilakukan pengujian pengukuran arus, tegangan, beserta suhu dan intensitas. Selain itu dihitung pula tegangan awal dan akhir dari aki, beserta dihitung pula data discharge aki ke beban untuk mendapatkan efisiensi sistem. Rangkaian percobaan pertama dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 0-1 Rangkaian pengujian pencatutan solar cell ke baterai

Solar cell yang dipakai adalah jenis polycrystalline silicon, dengan kapasitas daya 80 wattpeak dan 130 wattpeak. Pada gambar diatas, digunakan DC regulator untuk menstabilkan tegangan yang masuk ke baterai, sehingga tegangan dari solar cell dapat berubah menjadi tegangan charging nominal baterai. pada DC regulator tersebut dapat pula dihubungkan dengan beban DC tetapi dalam pengujian ini terminal tersebut tidak digunakan, karena hanya mencari nilai karakteristik charging baterai dari solar cell. Amperemeter dan voltmeter dipasang antara solar cell dan C regulator. Untuk mengukur intensitas cahaya digunakan luxmeter, sedangkan untuk mengukur suhu digunakan termocouple digital. Selain itu diukur juga tegangan aki pada awal dan akhir pengukuran. Percobaan kedua dilakukan dengan mengukur arus dan tegangan discharge dari baterai ke beban. Beban yang dipakai adalah kawat nikelin yang mampu mengalirkan arus sekitar 20 Ampere. Percobaan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengukur efisiensi sistem penyimpanan. Sistem yang dimaksud disini adalah termasuk DC regulator, aki beserta kabel penghubungnya. Percobaan kedua dapat dilihat pada gambar berikut :



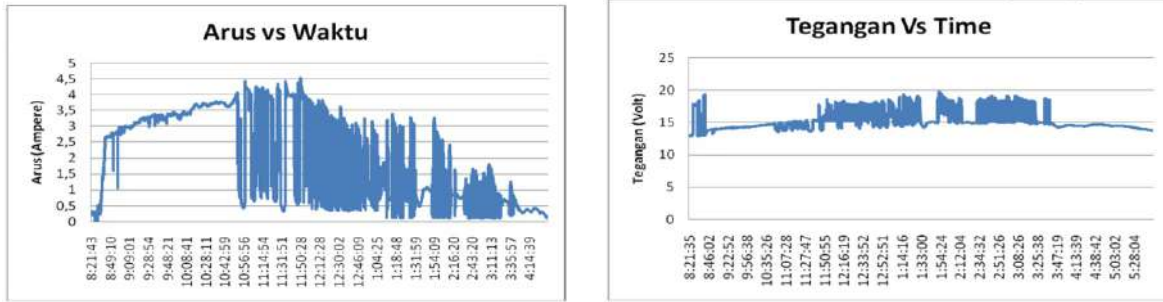
Gambar 0-2 Rangkaian pengujian pencatutan solar cell ke baterai

Dengan membandingkan data charging dari solar cell dan data discharging aki ke kawat nikelin, didapat efisiensi sistem.

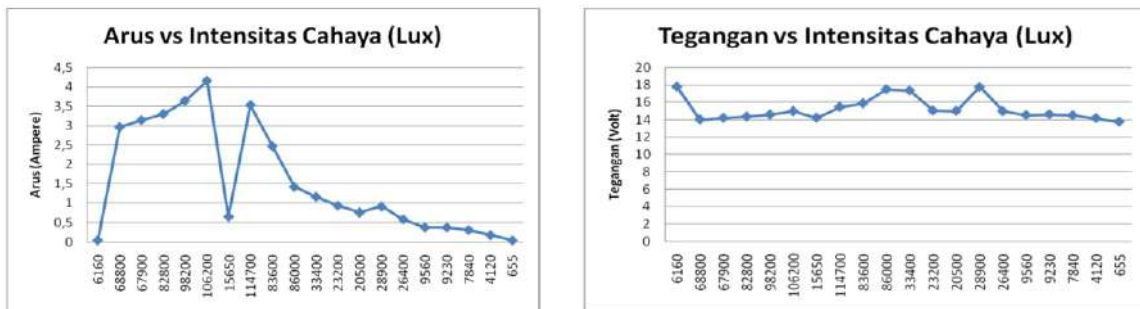
HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Dari pengujian yang dilakukan didapatkan data berupa arus, tegangan terhadap waktu, dan nilai intensitas cahaya dan suhu setiap setengah jam sekali. Data arus dan tegangan diukur hampir setiap detik sekali, walaupun ada beberapa data yang hilang, data tersebut didapatkan dengan multimeter digital yang dapat merecord data. Dibawah ini disajikan beberapa grafik yang menunjukkan perubahan arus dan tegangan

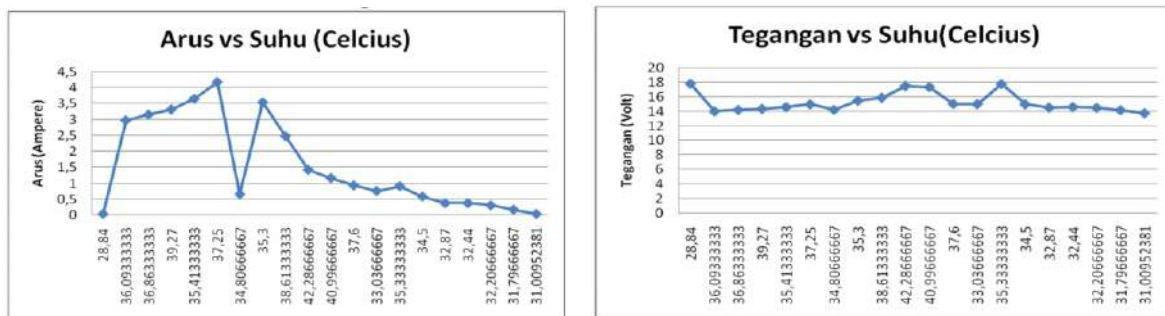
terhadap waktu, dan hubungannya terhadap intensitas cahaya dan temperatur untuk solar cell dengan kapasitas 80 wattpeak :



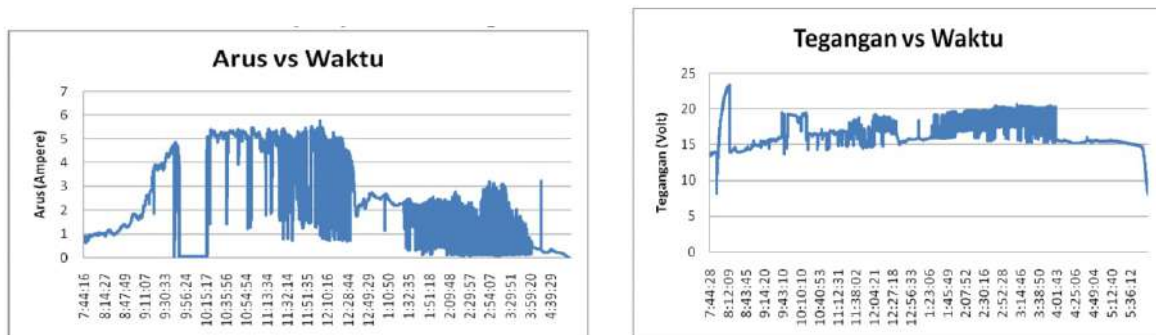
Gambar 0-3 Arus vs Waktu dan Tegangan vs Waktu [80Wpp]



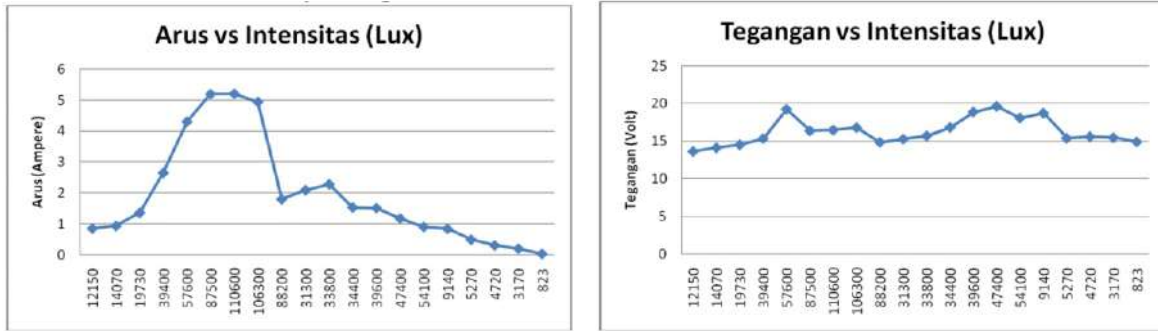
Gambar 0-4 Arus vs Lux dan Tegangan vs Lux [80 Wpp]



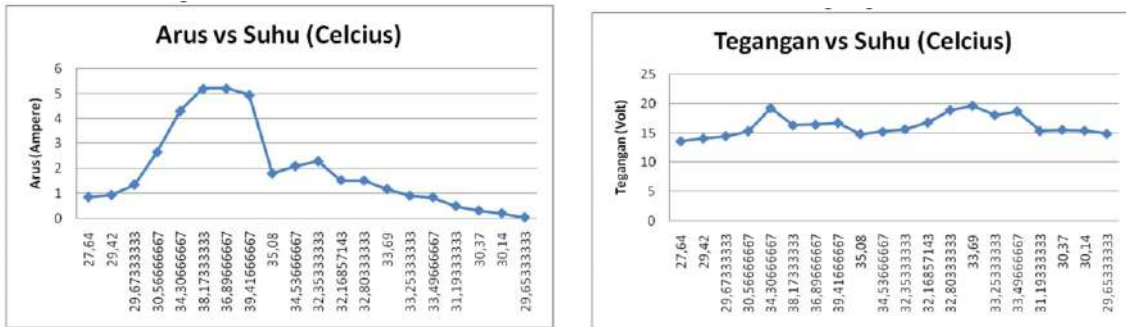
Gambar 0-5 Arus vs Suhu dan Tegangan vs Suhu [80Wpp]



Gambar 0-6 Arus vs Waktu dan Tegangan vs Waktu [130Wpp]

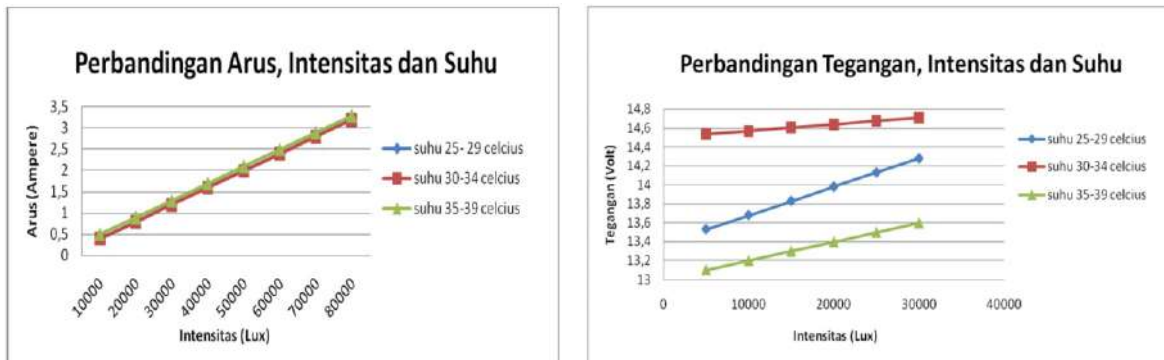


Gambar 0-7 Arus vs Lux dan Tegangan vs Lux [130 Wpp]



Gambar 0-8 Arus vs Suhu dan Tegangan vs Suhu [130Wpp]

Dari data data yang ada dapat ditarik suatu hubungan khusus dari arus dan tegangan terhadap intensitas cahaya dan suhu. Dengan menggolongkan suhu kedalam suhu 25-29°C, 30-34°C, dan 35-39°C. Yang pertama untuk hubungan arus, tegangan terhadap intensitas cahaya dan suhu pada solar cell dengan 80 Wattpeak adalah sebagai berikut :



Gambar 0-9 Arus, Intensitas, Suhu dan Tegangan, Intensitas, Suhu [80Wpp]

Pada solar cell dengan kapasitas 80 Wattpeak, dengan nilai y adalah nilai arus dan x adalah nilai intensitas cahaya

- Untuk suhu 25-29 derajat celcius persamaannya adalah

$$y = 4E-05x - 0,003$$

(2)

 dengan nilai keakuratan garis/kehandalan perkiraan sebesar 0.892
- Untuk suhu 30-34 derajat celcius, persamaan garisnya adalah

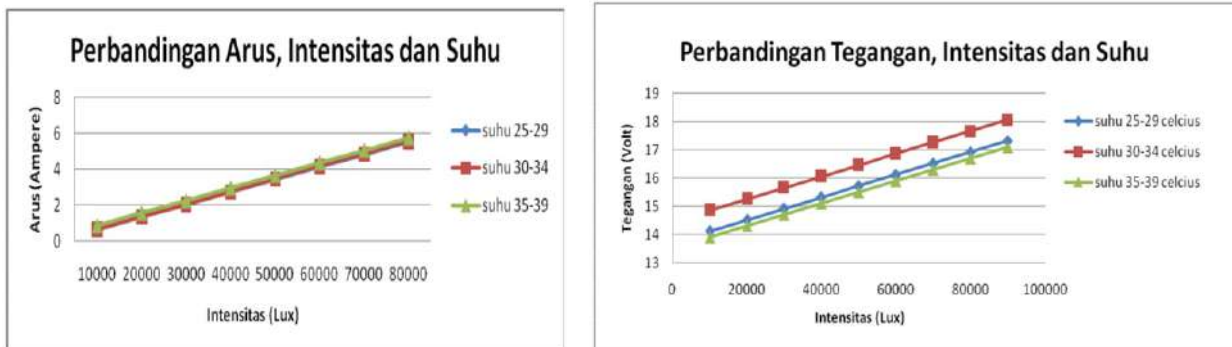
$$y = 4E-05x - 0,002$$

(3)

 dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.985
- Sedangkan untuk suhu 35-39 derajat celcius, persamaan garisnya adalah

$$y = 4E-05x + 0,092 \quad (4)$$

dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.952



Gambar 0-10 Arus, Intensitas, Suhu dan Tegangan, Intensitas, Suhu [130Wpp]

Sedangkan untuk solar cell dengan kapasitas 130 wattpeak, dengan nilai y adalah nilai arus dan x adalah nilai intensitas cahaya

- Untuk suhu 25-29 derajat celcius, persamaan garisnya adalah

$$y = 7E-05x - 0,039 \quad (5)$$

dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.985

- Untuk suhu 30-34 derajat celcius, persamaan garisnya adalah

$$y = 7E-05x - 0,027 \quad (6)$$

dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.989

- Sedangkan untuk suhu 35-39 derajat celcius, persamaan garisnya adalah

$$y = 7E-05x + 0,168 \quad (7)$$

dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.933

ANALISA

Suhu solar cell berubah ubah setiap waktu, umumnya suhu pada pagi dan sore hari rendah, suhu maksimal untuk pagi hari (sebelum pk.8) adalah 29 derajat celcius sedangkan sore hari (setelah pk.17) sebesar 34,4 derajat celcius, dan mencapai puncaknya pada siang hari dengan suhu maksimal sebesar 53,9 derajat celcius (9:49:34 AM), sedangkan intensitas cahaya yang masuk ke solar cell juga berubah ubah setiap waktu, umumnya intensitas cahaya pada pagi dan sore hari rendah, intensitas cahaya maksimal untuk pagi hari (sebelum pk.8) adalah 12240 lux sedangkan sore hari (setelah pk.17) sebesar 7940 lux, dan mencapai puncaknya pada siang hari dengan intensitas cahaya maksimal sebesar 123.200 lux (12:01:00 PM). Pada kondisi berawan arus yang dihasilkan dapat kurang dari 1 Ampere, sedangkan pada kondisi hujan arus yang dihasilkan dapat kurang dari 0,5 Ampere. Kenaikan intensitas cahaya dan suhu dapat meningkatkan arus yang dihasilkan.

Dari beberapa pengujian yang dilakukan dapat dihitung bahwa dalam satu hari solar cell dengan 80 Wattpeak dapat meningkatkan tegangan aki 35 Ah rata rata sebesar 0,8 volt sedangkan solar cell dengan 130 Wattpeak dapat meningkatkan tegangan aki 35 Ah sebesar 0,9. Selain tegangan, dapat dihitung pula energi keluaran solar cell rata rata (kapasitas 130 Wattpeak) yang masuk ke baterai, yaitu sebesar 315,3067 Watthour, sedangkan energi keluaran dari baterai beban adalah sebesar 160,0129 watthours, jadi didapatkan nilai efisiensi sistem sebesar 50,75%, dengan sistem terdiri dari baterai, solar charge controller beserta kabel penghubungnya.

KESIMPULAN

1. Pada 80Wattpeak arus maksimal sebesar 4,2 Amper dan tegangan maksimal sebesar 18 Volt. Pada 130 Wattpeak arus maksimal sebesar 5,1 Amper dan tegangan maksimal sebesar 20 Volt
2. Pada 80 Wattpeak suhu maksimal sebesar 42,867 °C dan intensitas maksimal sebesar 114.700 lux. Pada 130 Wattpeak suhu maksimal sebesar 39,41 °C dan intensitas maksimal sebesar 110.600 lux.
3. Kondisi berawan menghasilkan arus <1 A dan kondisi hujan menghasilkan arus <0,5 A.
4. Dalam satu hari solar cell dapat meningkatkan tegangan aki 35 Ah sebesar 0,8 volt (80 Wp) dan 0,9 volt (130 Wp).
5. Energi keluaran solar cell rata rata (130 Wp) ke baterai adalah 315,3067 Wh, sedangkan energi keluaran dari baterai ke beban adalah 160,0129 Wh, jadi efisiensi sistem (baterai, DC regulator dan kabel penghubung sebesar 50,75%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Christiana Honsberg & Stuart Bowden, "Photovoltaic: Devices, Systems, and Application PVCDROM Beta of the 2nd Edition".
- [2] McMahon, T.J., & Von Roedern, B. (1997). *Effect of Light Intensity on Current Collection in Thin-Film Solar Cells*. California: Midwest Research Institute.
- [3] Tuantong, T., Choosiri, N., & Kongrat, P. *Effect of Physical Properties on the Efficiency of the Single Crystal Silicon Solar Cells*. Thailand: Thaksin University.
- [4] *solar cell*. May 29, 2019. http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell.
- [5] *Battery and energy Technologies*. 2015. <http://www.mpoweruk.com/index.htm>
- [6] <http://ebtke.esdm.go.id/post/2018/08/31/2007/buku.panduan.instalasi.pembangkit.listrk.tenaga.surya> 2017
- [7] *Panduan instalasi pembangkit listrik tenaga surya 2017* www.endev-indonesia.info
- [8] Contaned Energy Indonesia www.containedenergy.com *Energi Baru dan Terbarukan*, Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat (2010)

KARAKTERISASI BUNYI DARI SUATU JENIS MIKROFON PADA SUATU SUMBER BUNYI DENGAN METODE FFT UNTUK APLIKASI PENDETEKSI KEGAGALAN SISTEM PERMESINAN

I Made Widana^{1*****}, James Julian Siregar², I Gede Eka Lesmana³, dan Nely Toding Bunga⁴

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Jakarta

³Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

⁴Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK. Bunyi yang dihasilkan dari suatu sumber bunyi memiliki jenis gelombang yang sangat unik dan berbeda-beda. Secara umum, semakin besar frekuensi dari suatu gelombang bunyi, maka semakin besar *magnitude* yang ada. Pada penelitian ini digunakan mikrofon pada sistem proses pengenalan bunyi yang berfungsi untuk merekam bunyi dan laptop serta *software* Matlab untuk proses pengolahannya. Metode yang digunakan adalah *Fast Fourier Transform* (FFT). Metode ini dapat menunjukkan karakteristik yang dimiliki oleh suatu jenis mikrofon. Hasil karakterisasi tersebut dapat digunakan untuk menjustifikasi kelayakan suatu mikrofon yang akan dijadikan alat perekam bunyi untuk aplikasi pendeteksi kegagalan sistem permesinan.

Kata kunci— Mikrofon ; Bunyi ; *Fast Fourier Transform* (FFT)

PENDAHULUAN

Kemajuan dalam hal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) semakin pesat. Beberapa pekerjaan di kehidupan manusia sudah semakin mudah untuk dilakukan. Mulai dari pekerjaan sederhana hingga pekerjaan yang rumit sudah dibantu dengan alat-alat serta perlengkapan-perengkapan canggih. Alat-alat serta perlengkapan-perengkapan tersebut meliputi perlengkapan sederhana hingga mesin besar dan rumit seperti yang ada di industri modern.

Kerusakan ataupun galat dapat terjadi pada alat-alat dan perlengkapan-perengkapan tersebut. Kerusakan atau galat semakin mudah terjadi apabila operator alat atau perlengkapan tersebut belum dapat mengoperasikannya dengan baik dan benar. Permasalahan yang timbul semakin bertambah apabila kita tidak dapat menemukan alat lain untuk mencari kerusakan atau galat yang terjadi dan untuk memperbaiki kesalahan atau galat tersebut.

Kerusakan atau galat ini bisa ditemukan dengan bermacam-macam cara, salah satu caranya yaitu melalui media bunyi yang dihasilkan dari peralatan atau perlengkapan yang sedang rusak atau galat tersebut. Bunyi yang dikeluarkan oleh peralatan atau perlengkapan akan masuk ke dalam klasifikasi sinyal yang akan diidentifikasi. Metode yang dapat digunakan adalah metode *Fast Fourier Transform* (FFT) melalui *software Matlab*.

Pada domain waktu, proses analisis suatu bunyi belum dapat dilakukan. Analisis dapat dilakukan apabila sinyal sudah berbentuk spektrum, sehingga diperlukan transformasi atau pengubahan sunyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi. Fungsi yang digunakan untuk dapat melihat spektrum getaran dari sinyal domain waktu adalah *Fast Fourier Transform* (FFT). FFT mampu menunjukkan kandungan frekuensi yang ada di dalam sinyal dan menunjukkan seberapa banyak komponen frekuensi di dalam sinyal.[1]

Data bunyi yang telah disimpan biasanya dapat diubah ke dalam berbagai format audio seperti *mp3*, *waf*, *real audio*, *midi*, dan lain sebagainya. Format penyimpanan bunyi yang dipakai dalam penelitian ini yaitu format *wav*, karena *software* aplikasi *matlab* hanya bisa menyimpan format bunti dalam bentuk *waf*. [2]

Pada banyak penelitian yang telah dilakukan, belum ditemukan penelitian yang menganalisis ataupun mendeteksi kegagalan/kerusakan suatu system permesinan dari media bunyi dengan menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT).[3] Akan tetapi, perlu dilakukan proses karakterisasi bunyi dari mikrofon yang akan digunakan untuk mengambil data bunyi. Pada saat proses karakterisasi tersebut juga menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT). Proses karakterisasi ini akan menunjukkan karakter yang dimiliki oleh mikrofon yang akan digunakan untuk pengambilan data bunyi. Hal ini sangat menarik dan cukup penting untuk

***** Corresponding author: halomdwidana@gmail.com

dipelajari, khususnya bagi mahasiswa teknik mesin. Oleh karena itu, topik yang akan menjadi pembahasan dari penelitian ini adalah mengenai karakterisasi bunyi dari suatu jenis mikrofon pada suatu sumber bunyi dengan metode FFT untuk aplikasi pendeteksi kegagalan suatu sistem permesinan.

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengkarakterisasi suatu jenis mikrofon dengan menggunakan metode FFT
2. Untuk menjustifikasi suatu jenis mikrofon untuk aplikasi pendeteksi kegagalan suatu sistem permesinan

Berikut adalah batasan masalah pada penelitian ini:

1. Pengambilan data menggunakan 1 jenis mikrofon sebagai alat untuk mengambil data bunyi
2. Menggunakan *speaker* sebagai sumber bunyi
3. Menggunakan sinyal dengan frekuensi 100 Hz, 1000 Hz, 5000 Hz, dan 10000 Hz
4. Menggunakan metode pengambilan data bunyi dengan cara menggerakkan mikrofon berputar sejauh 180°
5. Menggunakan besar nilai galat (*error*) dari data sebesar 5% dan nilai tingkat kepercayaan (*confidence level*) sebesar 95%

METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan sejak bulan September 2018 hingga bulan Juli 2019 di Laboratorium Mesin Universitas Pancasila dan Studio Musik Sepuluh Cinere.

Alat-Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian

1. Laptop dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi Laptop Yang Digunakan

No	Nama Hardware	Detail
1	Laptop	ASUS X550IU
2	Processor	7 th Gen AMD APU FX-9830P
3	Graphics	AMD Radeon RX 460

2. Mikrofon merek *Boya* tipe *BY-WMI* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Transducer : Electret Condenser
Polar Pattern : Omni-directional
Rentang Frekuensi : 65 Hz – 18 kHz
Signal/noise ratio : 74 dB SPL
Sensitivitas : $-30 \text{ dB} \pm 3 \text{ dB} / 0 \text{ dB} = 1 \text{ V/Pa}, 1 \text{ kHz}$

3. *Speaker Bluetooth* merek *Simbadda* tipe *CST560N*
4. *Servo motor* ukuran kecil
5. *Software Audacity* sebagai *software* aplikasi perekam bunyi
6. *Software Matlab* untuk memproses data bunyi
7. *Software* aplikasi *Frequency Generator*

Bahan yang Digunakan dalam Penelitian

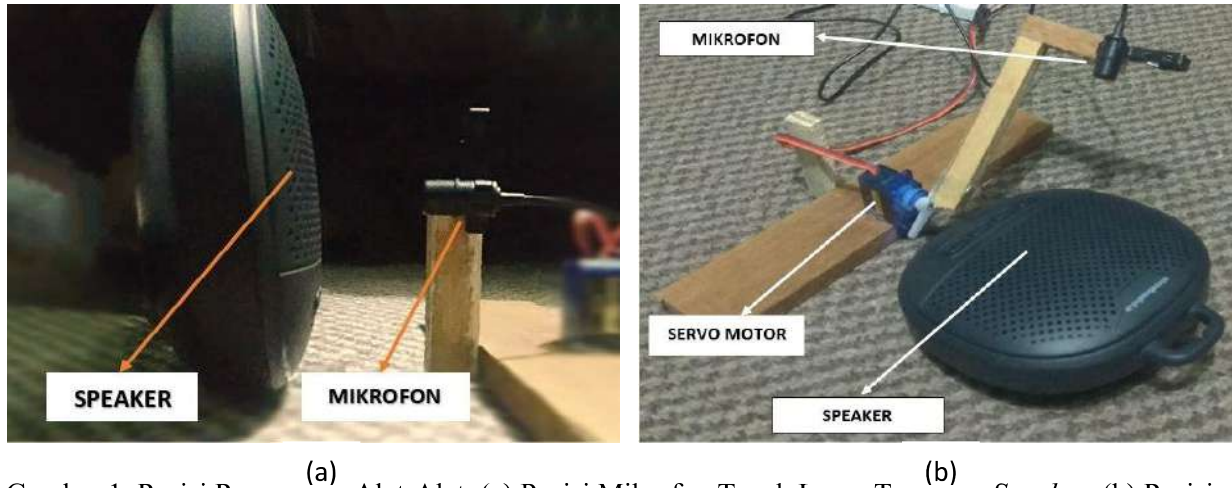
Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan adalah bunyi yang dihasilkan oleh aplikasi *Frequency Generator* dengan frekuensi sebagai berikut;

1. 100 Hz
2. 1000 Hz
3. 5000 Hz
4. 10000 Hz

Langkah Kerja

1. Melakukan Pengaturan Alat-Alat

Posisi yang ditentukan pada langkah ini yaitu: mikrofon diletakkan tegak lurus dengan *speaker* dengan variasi jarak 3 cm, 5 cm, dan 10 cm dan posisi mikrofon yang bergerak berputar setengah lingkaran (180°) di atas *speaker*. Selain itu, variasi juga diberikan pada bukaan *volume* bunyi dari *speaker* yang diatur melalui ponsel *Android*, variasi-variasinya antara lain: bukaan 100% (penuh), bukaan 75% ($3/4$), bukaan 50% ($1/2$), dan bukaan 25% ($1/4$). Berikut adalah gambar pengaturan alat yang dilakukan di dalam penelitian ini:



Gambar 1. Posisi Pengaturan Alat-Alat: (a) Posisi Mikrofon Tegak Lurus Terhadap *Speaker*; (b) Posisi Mikrofon Yang Digerakkan Di Atas *Speaker*

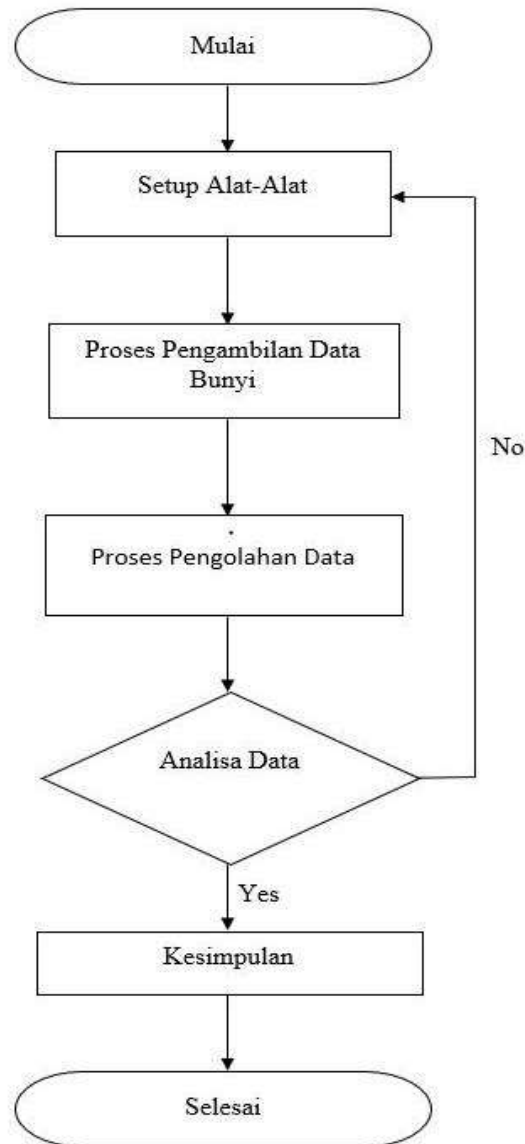
130) Proses Pengambilan Data Bunyi

Proses ini adalah proses pengambilan data bunyi yang menghasilkan *file* rekaman bunyi dan disimpan dengan ekstensi “.wav” menggunakan *software recording* (perekam bunyi) yang bernama *Audacity*. Proses perekaman frekuensi bunyi ini dilakukan dengan memakai seluruh variasi yang telah ditentukan. Setiap variasi dilakukan perekaman sebanyak 5 kali agar dapat mengetahui besar *error* di setiap data.

131) Proses Pengolahan Data

Sesudah semua data rekaman bunyi terkumpul dengan *format waf*, selanjutnya dilakukan proses pengolahan data. Pengolahan data ini dilakukan dengan menggunakan *software Matlab R2015a*. Di dalam *software Matlab R2015a* ini dilakukan proses *coding* untuk memproses *file-file* bunyi yang ada agar dapat menampilkan grafik FFT (*Fast Fourier Transform*). Di dalam *script coding* pada *software Matlab* ini juga dilakukan proses penyimpanan data ke dalam bentuk “.txt”. Hal ini dilakukan agar data-data numerik yang ada dari hasil *coding* FFT di *software Matlab* terhadap setiap data rekaman bunyi bisa di-*export* ke *Microsoft Excel* dan *OriginPro 8* untuk dilanjutkan proses pengolahan data berikutnya. Pengolahan data berikutnya yaitu analisa data. Di dalam Analisa data terdapat perhitungan *error* dari setiap data yang ada yang telah di-*input* ke dalam *software Matlab* menggunakan *software Excel* dan *OriginPro8*.

Diagram Alir Penelitian



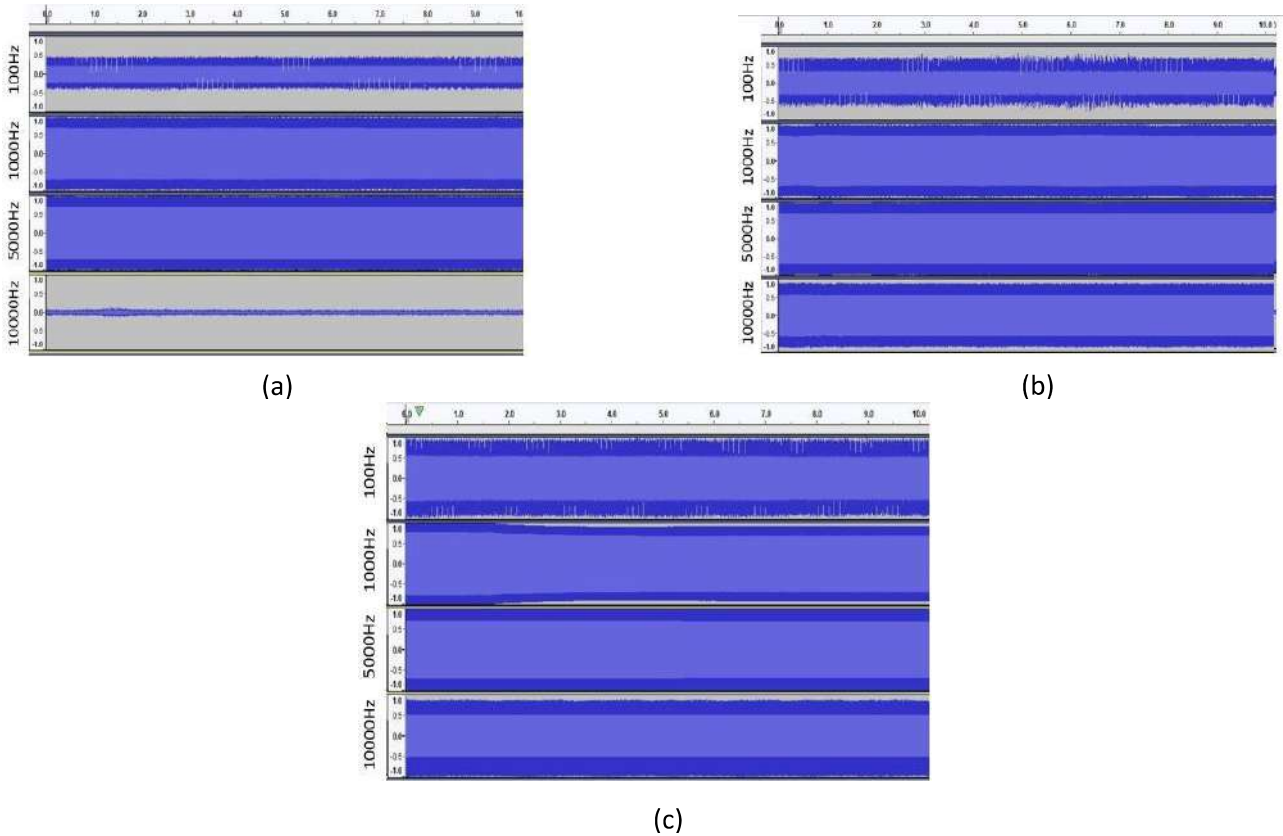
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN ANALISA DATA

Hasil Proses Pengambilan Data Bunyi

Proses pengambilan data bunyi dilakukan dengan menggunakan *software* aplikasi perekam bunyi yang bernama *Audacity*. Hasil dari proses pengambilan data bunyi ini yaitu berupa suatu grafik *waveform* yang menunjukkan *Amplitude Magnitude* (Besarnya Amplitudo) terhadap satuan waktu dari setiap hasil rekaman bunyi yang telah dilakukan. Waktu yang digunakan untuk melakukan perekaman setiap data adalah selama 10 detik.

Pada proses ini ditampilkan grafik *Amplitude Magnitude* dari mikrofon yang digunakan. Berikut adalah grafik *waveform* yang dihasilkan setelah melakukan proses pengambilan data bunyi dari frekuensi 100 Hz, 1000 Hz, 5000Hz, dan 10000 Hz yang diambil dengan posisi tegak lurus :



Gambar 3. *Waveform* Dari Pengambilan Data Bunyi Dengan: (a) Jarak 3 cm; (b) Jarak 5 cm; (c) Jarak 10 cm

Dari Gambar 3 ditunjukkan bahwa dengan menggunakan semua jenis variasi yang ada, dapat dijustifikasi bahwa mikrofon yang digunakan di dalam penelitian ini memiliki sifat yang cukup sensitif. Hal ini dibuktikan dari grafik *waveform software* perekam bunyi *Audacity*. Ketika menggunakan variasi jarak terdekat (3 cm), jarak menengah (5 cm), dan jarak terjauh (10 cm) antara mikrofon dan *speaker*, mikrofon yang digunakan tetap memiliki *peak* (puncak) *amplitude magnitude* yang cukup tinggi dan terlihat penuh pada *peak*-nya.

Perhitungan Galat Dari Hasil Pengambilan Data Bunyi

Perhitungan galat atau dalam Bahasa Inggris disebut dengan *error* digunakan sebagai suatu parameter untuk membatasi kualitas suatu data. Galat memiliki hubungan dengan tingkat kepercayaan atau dalam Bahasa Inggris disebut *confidence level*. Ketika besar nilai persentase galat semakin besar, maka semakin kecil besar nilai persentase tingkat kepercayaannya. Secara umum, hasil data pengujian dan/atau pengukuran yang baik adalah data yang memiliki nilai persentase galat kecil dan nilai persentase tingkat kepercayaan yang besar. Di dalam penelitian ini digunakan besar tingkat kepercayaan 95% dan besar nilai galat sebesar 5%.

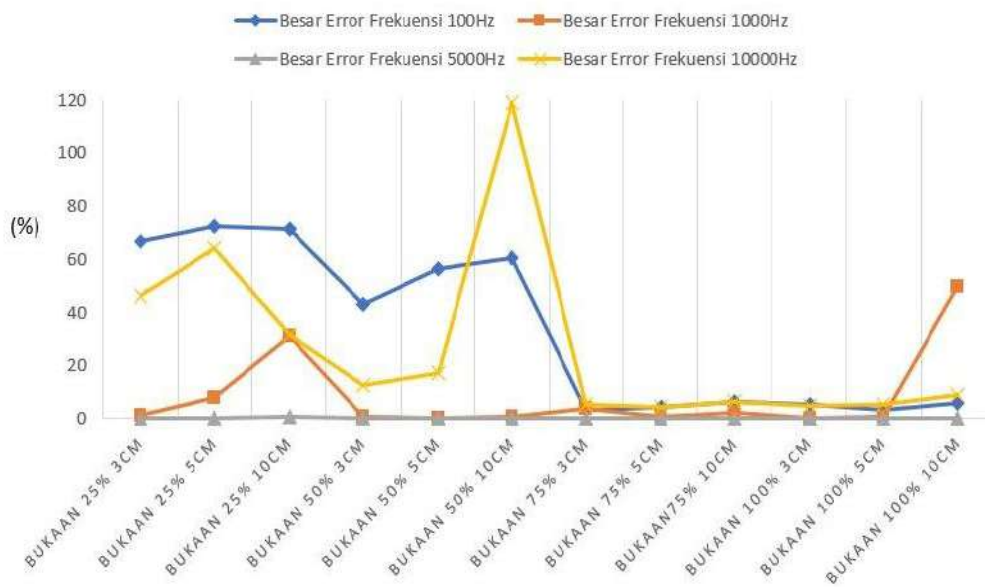
Pada penelitian ini dilakukan perhitungan rata-rata dan standard deviasi dari data terlebih dahulu sebelum memperoleh nilai persentase galat. Perhitungan keseluruhan dari rata-rata dan standard deviasi serta nilai galat yang dimiliki oleh masing-masing data dilakukan dengan menggunakan *formula* pada *software Microsoft Excel 2016*. *Formula-formula* tersebut telah tersedia di dalam *software Microsoft Excel 2016*. Berikut adalah tabel dari hasil perhitungan galat dari pengambilan data bunyi dari mikrofon yang digunakan dalam penelitian ini :

(b)

Tabel 2. Hasil Perhitungan Galat

No.	Variasi	Besar Error Frekuensi 100Hz	Besar Error Frekuensi 1000Hz	Besar Error Frekuensi 5000Hz	Besar Error Frekuensi 10000Hz
1	Bukaan 25% 3cm	66.7434	0.99834	0.35746	46.41668
2	Bukaan 25% 5cm	72.45375	8.04559	0.08712	64.32785
3	Bukaan 25% 10cm	71.32435	31.38483	0.9628	31.4785
4	Bukaan 50% 3cm	43.29552	0.935	0.17531	12.67582
5	Bukaan 50% 5cm	56.546	0.11565	0.2634	17.46409
6	Bukaan 50% 10cm	60.65821	0.71036	0.06406	119.1828
7	Bukaan 75% 3cm	3.43616	3.89103	0.09807	5.56852
8	Bukaan 75% 5cm	4.49363	0.51077	0.0548	4.49363
9	Bukaan 75% 10cm	6.45762	2.08215	0.06573	6.45762
10	Bukaan 100% 3cm	5.14045	0.15094	0.05141	4.6337
11	Bukaan 100% 5cm	3.45093	0.67807	0.06744	5.22951
12	Bukaan 100% 10cm	6.04966	49.88408	0.07534	8.81704

Setelah di peroleh data dari Tabel 2, dapat ditampilkan grafik dari hasil perhitungan galat dari data pengambilan data bunyi yang telah dilakukan. Berikut adalah grafik dari hasil perhitungan galat pengambilan data bunyi oleh mikrofon yang digunakan di dalam penelitian ini:

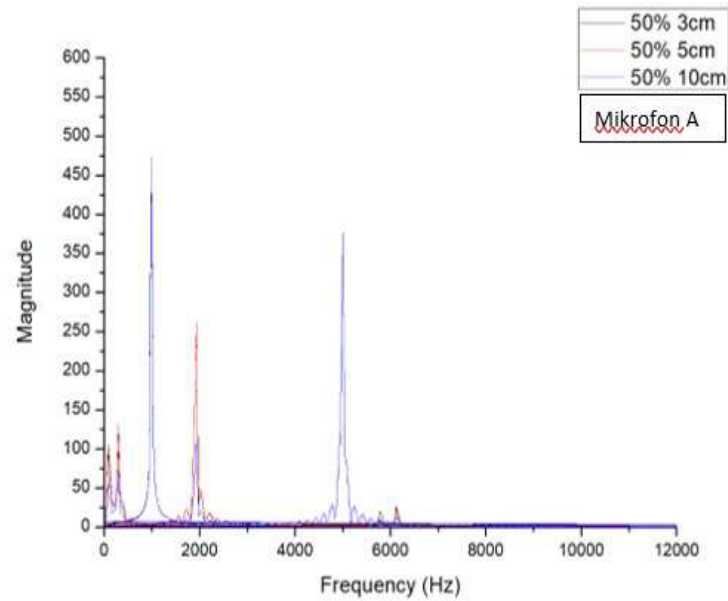


Gambar 4. Grafik Besar Galat (*Error*) Pada Mikrofon Yang Digunakan Di Dalam Penelitian

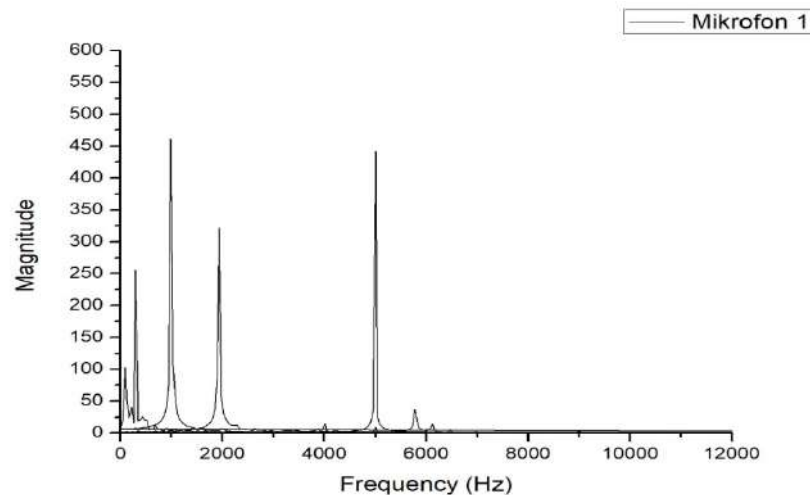
Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa besar persentase galat (*error*) dari hasil pengambilan data bunyi melalui mikrofon yang digunakan memiliki nilai yang cukup besar, yaitu hingga lebih dari 100%. Nilai ini sangat jauh dari batas yang digunakan (5% nilai galat). Namun, pada bunyi dengan frekuensi 5000 Hz masih memiliki nilai galat yang rendah, dan pada bunyi frekuensi 100 Hz dan 10000 Hz memiliki besar persentase galat yang sangat buruk.

Perbandingan Rentang Respon Frekuensi Mikrofon

Setiap jenis dan merek mikrofon memiliki spesifikasi yang berbeda-beda. Salah satu hal yang berbeda pada setiap jenis mikrofon yaitu pada rentang respon frekuensi yang mampu diserap oleh mikrofon. Pada bagian ini dilakukan analisis grafik rentang respon frekuensi dari mikrofon yang digunakan. Grafik tersebut diperoleh dengan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) yang diproses oleh *software matlab*. Berikut adalah grafik rentang frekuensi respon dari mikrofon yang digunakan dalam penelitian ini :



Gambar 5. Grafik Frekuensi Respon Dengan Posisi Tegak Lurus Antara Mikrofon dan *Speaker*



Gambar 6. Grafik Frekuensi Respon Dengan Posisi Mikrofon Yang Digerakan Berputar Di Atas *Speaker*

Dari Gambar 5 dan 6 dapat dilihat bahwa mikrofon yang digunakan hanya dapat menyerap bunyi secara tepat pada bunyi dengan frekuensi 1000 Hz dan 5000 Hz. Sementara itu, untuk bunyi dengan frekuensi 100 Hz dan 10000 Hz tidak ditampilkan secara tepat *peak*-nya di sumbu x pada grafik frekuensi respon.

KESIMPULAN

1. Mikrofon yang digunakan dalam penelitian ini memiliki sensitivitas yang tinggi. Hal ini ditunjukkan oleh grafik *waveform* yang memiliki titik puncak (*peak*) tinggi pada aplikasi perekam bunyi *Audacity*.
2. Mikrofon yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai persentase galat yang sangat besar yaitu > 100% pada bunyi dengan frekuensi terendah (100 Hz) dan bunyi frekuensi tertinggi (10000 Hz).
3. Mikrofon yang digunakan dalam penelitian ini hanya dapat menyerap bunyi dengan frekuensi 1000 Hz dan 5000 Hz, sementara frekuensi 100 Hz dan 10000 Hz tidak diterima secara tepat pada grafik frekuensi respon.
4. Mikrofon yang digunakan dalam penelitian ini tidak ideal untuk melakukan proses pendeteksian sistem permesinan karena besarnya nilai nilai galat (> 100%) dan tidak semua jenis frekuensi dapat diserap secara tepat.

SARAN

Sebaiknya penelitian ini dapat menggunakan jenis mikrofon yang memiliki spesifikasi lebih baik lagi agar layak untuk melakukan proses deteksi kegagalan pada suatu sistem permesinan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Farokhzad, "Vibration Based Fault Detection of Centrifugal Pump by Fast Fourier Transform and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System," *J. Mech. Eng. Technol.*, vol. 1, 2013.
- [2] D. Gunawan and F. Hilman, *Pengolahan Sinyal Digital Dengan Pemrograman Matlab*, Ke-1. Jogjakarta: Graha Ilmu, 2012.
- [3] T. Harčarik, J. Bocko, and K. Masláková, "Frequency analysis of acoustic signal using the Fast Fourier Transformation in MATLAB," *Procedia Eng.*, vol. 48, pp. 199–204, 2012.

ANALISIS IMPLEMENTASI *E-GOVERNMENT WEBSITE* BADAN KEPEGAWAIAN DAERAH PROVINSI KALIMANTAN TENGAH MENGGUKAN WEBQUAL 4.0

Suriski Sitinjak

Badan Kepegawaian Daerah Pemerintah Provinsi Kalimantan Tengah
suriskisitinjak@gmail.com

ABSTRAK. Sebagai bagian dari penyelenggara pemerintahan, Badan Kepegawaian Daerah Provinsi Kalimantan Tengah memanfaatkan teknologi informasi untuk mendukung terselenggaranya *good governance* dan meningkatkan layanan publik yang efektif dan efisien, salah satunya dengan situs website Badan Kepegawaian Daerah Provinsi Kalimantan Tengah. Penggunaan *WebQual 4.0* pada penelitian kali ini bertujuan menganalisa tingkat kualitas *website* tersebut berdasarkan persepsi pengguna dan menggunakan skala Likert sebagai skala jawaban dan direpresentasikan dalam *rating scale*. Diperoleh masing-masing dimensi menunjukkan responden setuju bahwa *website* memiliki kegunaan atau *usability* (78,38%), memiliki informasi yang berkualitas (79,50%), memiliki kualitas interaksi pelayanan (70,06%) dan secara keseluruhan tampilan *website* berkualitas (83,50%). Dimensi *WebQual* yang berkontribusi paling besar adalah dimensi kualitas informasi. Sedangkan dimensi yang perlu mendapatkan prioritas perbaikan dan/atau pengembangan adalah kualitas interaksi pelayanan. Melalui penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk meningkatkan kualitas layanan *website* berdasarkan analisa hasil pengukuran.

Kata kunci— *website; e-government; WebQual 4.0; Badan Kepegawaian Daerah; kalimantan tengah.*

PENDAHULUAN

Penerapan *e-government* sendiri telah tertuang dalam Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2003 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan *e-government*. Pembuatan sistus informasi disetiap lembaga merupakan salah satu strategi pengembangan *e-government* yaitu untuk melaksanakan pengembangan secara sistematis melalui tahapan yang relistis dan terukur [1]. *E-government* merupakan upaya pemanfaatan dan pendayagunaan telematika untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas biaya penyelenggaraan pemerintahan, memberikan berbagai jasa pelayanan kepada masyarakat secara lebih baik, menyediakan akses informasi kepada publik secara lebih luas, dan menjadikan penyelenggaraan pemerintahan lebih bertanggung jawab (*accountable*) serta transparan kepada masyarakat [2]. Atau dengan kata lain *e-government* merupakan penyelenggaraan pemerintahan berbasis elektronik (teknologi informasi dan komunikasi) untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, transparansi dan akuntabilitas kinerja pemerintah dalam hubungannya dengan masyarakat, komunitas bisnis, dan kelompok terkait lainnya menuju *good governance* [3].

Sesuai dengan Peraturan Gubernur Nomor 57 Tahun 2016 Pasal 3 bahwa Badan Kepegawaian Daerah (BKD) Provinsi Kalimantan Tengah mempunyai tugas di bidang manajemen Aparatur Sipil Negara (ASN) daerah. BKD Provinsi Kalimantan Tengah menyelenggarakan fungsi perumusan bahan pembinaan dan kebijakan teknis di bidang kepegawaian; penyiapan bahan pembinaan kepegawaian dan menghimpun peraturan perundang-undangan di bidang kepegawaian; penyiapan penyusunan Peraturan Perundang-undangan daerah di bidang kepegawaian, sesuai dengan norma, standar dan prosedur yang ditetapkan pemerintah; penyiapan bahan dan pelaksanaan pengangkatan, pemindahan dan pemberhentian pegawai; penyiapan bahan dan pelaksanaan pembinaan disiplin, peningkatan kesejahteraan dan bantuan sosial serta kewirausahaan bagi ASN; penyiapan bahan dan pelaksanaan pembinaan kebugaran jasmani dan pembinaan mental kerohanian serta seni budaya bagi ASN; pelaksanaan koordinasi dan bimbingan kelompok jabatan fungsional; pembinaan, pelayanan, pengawasan, pengendalian, monitoring, evaluasi dan pelaporan penyelenggaraan kepegawaian daerah; dan penyelenggaraan urusan kesekretariatan Badan. Dalam melakukan tugas pokok fungsi (tupoksi) tersebut BKD Provinsi Kalimantan Tengah sebagai salah satu perangkat daerah dan bagian dari penyelenggara pemerintahan telah memanfaatkan teknologi informasi untuk mendukung terselenggaranya *good governance* dan meningkatkan layanan publik yang efektif dan efisien, salah satunya dengan *website* BKD Provinsi Kalimantan

Tengah <http://bkd.kalteng.go.id>. Akan tetapi analisis pengukuran tercapainya tingkat tahapan dan keberhasilan implementasi *e-government* tersebut belum dan perlu dilakukan untuk memberikan gambaran pengembangan dan pemanfaatan *website* yang akan datang untuk tercapainya percepatan pelayanan kepada ASN dan masyarakat. Penggunaan *WebQual 4.0* sendiri telah berhasil diterapkan pada beberapa penelitian sejenis dengan pengukuran kualitas *website* dan membantu memahami dimensi dan instrumen yang mempengaruhi kepuasan pengguna akhir. Seperti pada penelitian [4] menghasilkan bahwa *interaction quality* mempunyai pengaruh langsung terhadap pengguna. Pada penelitian [5] menghasilkan bahwa *information quality* dan *interaction quality* yang dinilai berpengaruh terhadap kepuasan pengguna *website*. Selain itu pada penelitian [6] berdasarkan hasil analisis responden setuju bahwa *website* memiliki *usability*, informasi yang ditampilkan berkualitas dan cukup dalam interaksi pelayanan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan pada penelitian kali ini dapat diidentifikasi sebagai berikut:

Bagaimana mengetahui tingkat kualitas *website* menggunakan model *WebQual 4.0*

Dimensi *WebQual* mana yang paling berkontribusi lebih besar dan mana yang paling perlu mendapat prioritas perhatian untuk perbaikan atau pengembangan

Tindakan yang harus dilakukan manajemen (rekomendasi) guna meningkatkan kualitas *website* BKD Provinsi Kalimantan Tengah

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah melakukan analisis implementasi *e-government*, yaitu *website* BKD Provinsi Kalimantan Tengah dari persepsi pengguna menggunakan *WebQual 4.0* sebagai instrumen pengukuran. Kedua, evaluasi yang melibatkan pengguna akhir juga akan didapatkan dimensi/atribut apa saja yang perlu mendapatkan prioritas perbaikan dan/atau pengembangan serta rekomendasi untuk meningkatkan kualitas layanan *website* berdasarkan analisa hasil pengukuran.

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah adanya rekomendasi bagaimana membangun *website* BKD Provinsi Kalimantan Tengah dengan kualitas yang baik berdasarkan pada dimensi Kualitas Informasi, Kualitas Interaksi Pelayanan dan Kegunaan *website*.

METODOLOGI

d. E-Government

Tujuan pembangunan *e-government* [3] adalah sebagai berikut:

Meningkatkan mutu layanan publik melalui pemanfaatan teknologi informasi (IT) dalam proses penyelenggaraan pemerintahan

Terbentuknya pemerintahan yang bersih, transparan, dan mampu menjawab tuntutan perubahan secara efektif

Perbaikan organisasi, sistem manajemen, dan proses kerja pemerintahan.

Tahapan perkembangan implementasi *e-government* di Indonesia dibagi menjadi empat [7]:

Web Presence, yaitu memunculkan *website* daerah di internet. dalam tahap ini informasi dasar yang dibutuhkan masyarakat ditampilkan dalam *website* pemerintah

Interaction, yaitu web daerah yang menyediakan fasilitas interaksi antara masyarakat dan Pemerintah Daerah. Dalam tahap ini, informasi yang ditampilkan lebih bervariasi, seperti fasilitas unduh dan komunikasi E-mail dalam *website* pemerintah

Transaction, yaitu web daerah yang selain memiliki fasilitas interaksi juga dilengkapi dengan fasilitas transaksi pelayanan publik dari pemerintah

Transformation, yaitu dalam hal ini pelayanan pemerintah meningkat secara terintegrasi, tidak hanya menghubungkan pemerintah dengan masyarakat tetapi juga dengan organisasi lain yang terkait (pemerintah ke antarpemerintah, sektor nonpemerintah, serta sektor swasta)

Dalam konsep *e-government* dikenal empat jenis klasifikasi [8], yaitu:

Government to Citizens (G-to-C): mendekatkan pemerintah dengan rakyatnya melalui kanal-kanal akses yang beragam agar masyarakat dapat dengan mudah menjangkau pemerintahnya.

Government to Business (G-to-B): membentuk relasi interaksi yang baik dan efektif dengan industri swasta.

Government to Governments (G-to-G): memperlancar kerjasama antar negara dan kerjasama antar entiti-entiti negara (masyarakat, industri, perusahaan dan lain-lain)

Government to Employees (G-to-E): meningkatkan kinerja dan kesejahteraan para pegawai negeri atau karyawan pemerintah yang bekerja di sejumlah institusi sebagai pelayan masyarakat.

WebQual

WebQual merupakan instrumen untuk mengukur kualitas *website* dari persepsi pengguna [9]. Jika *WebQual 1.0* menitikberatkan analisa kualitas informasi dan memiliki kekurangan di interaksi layanan, *WebQual 2.0* sebaliknya, yaitu lebih menekankan pada analisa terhadap interaksi tetapi terasa kurang pada analisa kualitas informasi [10].

WebQual 4.0 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 memiliki tiga area/dimensi, yaitu kegunaan (*usability*), kualitas informasi (*information quality*) dan kualitas interaksi dan layanan (*interaction and service quality*) [11]. Standar instrumen *WebQual 4.0* terdiri dari 23 instrumen.

Tabel 1 Instrumen *Webqual 4.0*.

Dimensi	<i>WebQual</i> Item
Usability	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Website</i> mudah dioperasikan 2. Interaksi dengan <i>website</i> jelas dan dapat dimengerti 3. <i>Website</i> mudah dinavigasi 4. <i>Website</i> mudah digunakan 5. <i>Website</i> memiliki tampilan yang menarik 6. Desain sesuai dengan jenis <i>website</i> pemerintahan 7. <i>Website</i> tampak meyakinkan dan kompeten 8. <i>Website</i> memberikan sebuah pengalaman positif
Kualitas Informasi	<ol style="list-style-type: none"> 9. <i>Website</i> menyediakan informasi yang akurat 10. <i>Website</i> menyajikan informasi yang dapat dipercaya 11. <i>Website</i> menyediakan informasi yang <i>up to date</i> 12. <i>Website</i> menyediakan informasi yang relevan 13. <i>Website</i> menyajikan informasi yang mudah dimenegerti 14. <i>Website</i> menyediakan informasi yang cukup terperinci 15. <i>Website</i> memberikan informasi dengan format yang tepat
Kualitas Interaksi Pelayanan	<ol style="list-style-type: none"> 16. <i>Website</i> memiliki reputasi yang baik 17. <i>Website</i> memberikan rasa aman ketika pengguna melakukan transaksi 18. Informasi pribadi pengguna terjaga dengan aman 19. <i>Website</i> menciptakan ruang untuk personalisasi 20. <i>Website</i> memberikan ruang untuk komunitas 21. <i>Website</i> memudahkan untuk berkomunikasi dengan organisasi 22. Pengguna merasa yakin bahwa barang/jasa sampai sesuai yang dijanjikan
Overall	<ol style="list-style-type: none"> 23. Keseluruhan tampilan dari <i>website</i>

Website BKD Provinsi Kalimantan Tengah merupakan jenis *website* pemerintahan yang merupakan tipikal *website* penyedia informasi, sehingga tiga pertanyaan pada instrumen *WebQual* yang berkaitan dengan transaksi dan informasi pribadi tidak ditampilkan:

- 1) 17: *Website* memberikan rasa aman ketika pengguna melakukan transaksi
- 2) 18: Informasi pribadi pengguna terjaga dengan aman
- 3) 22: Pengguna merasa yakin bahwa barang/jasa sampai sesuai yang dijanjikan

Seperti penelitian yang dilakukan oleh Barnes dan Vigen [11] yang menggunakan model *WebQual 4.0* untuk kualitas *website* forum dan penelitian yang dilakukan oleh Candra Irawan [12] yang menggunakan model *WebQual 4.0* untuk mengevaluasi kualitas *website* pemerintahan menggunakan 20 instrumen *WebQual* tersebut untuk pengukuran.

Semua instrumen pada masing-masing dimensi pernah dilakukan uji validitas dan uji reliabilitas. Uji validitas digunakan untuk mengetahui valid tidaknya instrumen pengukuran [4] dan uji reliabilitas yang menunjukkan sejauh mana suatu alat ukur dapat dipercaya atau dapat diandalkan [13]. Dari hasil pengujian validitas dan reliabilitas diperoleh bahwa semua instrumen pada dimensi *usability*, *information quality* dan *interaction service quality* adalah valid dan reliabel [4],[12],[14].

Skala Likert, Skor Ideal dan Rating Scale

Skala likert adalah skala pengukuran yang digunakan untuk mengukur tingkat kepuasan pengguna dikembangkan oleh Likert pada Tahun 1932 [15]. Skala likert memiliki empat atau lebih butir-butir pertanyaan yang dikombinasikan sehingga membentuk sebuah skor atau nilai yang mempersentasikan sifat individu, misalkan pengetahuan, sikap dan perilaku [16]. Skala likert dapat juga dikatakan sebagai skala psikometrik yang umum digunakan dalam kuesioner. Skala likert yang digunakan ditunjukkan terdiri dari 5 yaitu Sangat Tidak Setuju (STS) nilai skala 1, Tidak Setuju (TS) nilai skala 2, Netral (N) nilai skala 3, Setuju (S) nilai skala 4 dan Sangat Setuju (SS) nilai skala 5.

Skor ideal (kriterium) digunakan untuk menentukan *rating scale* berdasarkan nilai skala dan jumlah responden. Digunakan rumus [17]:

$$Skor\ Kriteria = nilai\ skala\ jawaban\ x\ jumlah\ reponden$$

(1)

selanjutnya menentukan nilai *rating scale* dengan normalisasi skor kriteria menggunakan rumus:

$$Skor\ kriteria = \frac{nilai\ skala\ jawaban}{nilai\ skala\ terbesar} \times 100 \tag{2}$$

Penentuan skor kriteria menggunakan persamaan (2) agar kemudian dapat mengetahui *rating scale*. Untuk memperoleh skor kriteria masing-masing skala jawaban, contoh perhitungannya misalkan skala jawaban Sangat Tidak Setuju (STS) berarti nilai skala adalah 1, sehingga nilai skor kriteria adalah hasil kali nilai skala dengan nilai skala tertinggi 5 diperoleh nilai skor kriteria 20 untuk skala jawaban Sangat Tidak Setuju (STS). Untuk mengetahui nilai skor kriteria skala jawaban yang lain dilakukan hal yang sama.

Nilai batas bawah terendah adalah 1 karena semua pertanyaan kuesioner harus dijawab, selanjutnya nilai batas bawah ditentukan masing-masing skala ditambah 1 seperti ditunjukkan Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Skor Kriteria dan *Rating Scale*.

Skala Jawaban	Nilai Skala Jawaban	Skor Kriteria	Rating Scale (%)
Sangat Tidak Setuju (STS)	1	20	1-20
Tidak Setuju (TS)	2	40	21-40
Netral (N)	3	60	41-60
Setuju (S)	4	80	61-80
Sangat Setuju (SS)	5	100	81-100

Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai skor akhir yang akan dicocokkan dengan *rating scale* untuk mengetahui daerah atau posisi skala setiap pertanyaan, dengan menggunakan rumus berikut:

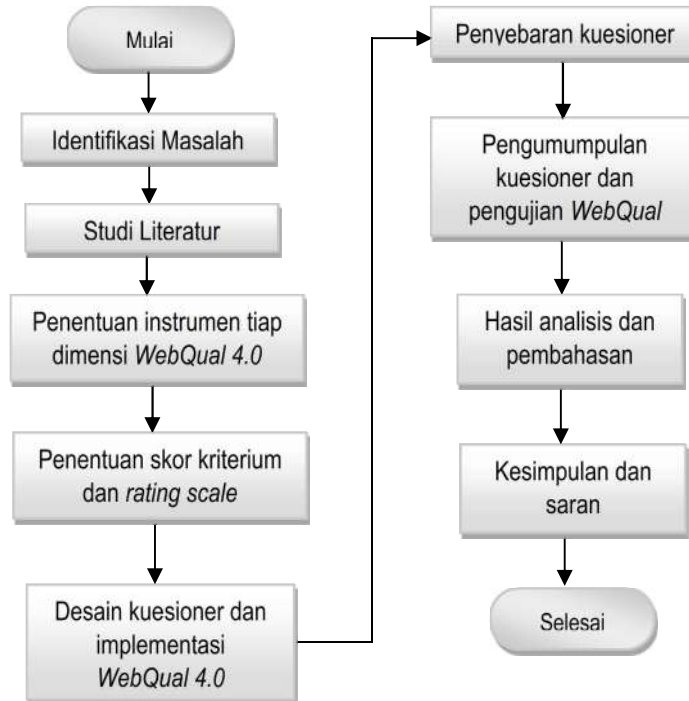
$$Skor\ akhir = \frac{\sum(frekuensi\ kemunculan\ jawaban\ x\ nilai\ skala)}{nilai\ skala\ terbesar\ x\ jumlah\ responden} \times 100 \tag{3}$$

Pada persamaan (3) di atas yang dimaksud frekuensi kemunculan jawaban adalah banyaknya responden yang memilih suatu skala jawaban. Sebagai contoh, instrumen *WebQual* “*website* mudah dioperasikan” pada dimensi *usability* terdapat STS=0, TS=0, N=4, S=64 dan SS=12 dari total 80 responden, kemudian jumlahkan perkalian antara frekuensi kemunculan jawaban dengan nilai skala (0*1 + 0*2 + 4*3 + 64*4 + 12*5) dan bagi hasilnya dengan perkalian antara nilai skala terbesar dengan jumlah responden (5*80), sehingga perhitungan

skor akhir adalah 0,82 atau dalam persen 82%. Langkah yang sama dilakukan untuk mencari nilai skor akhir dari instrumen lainnya.

Langkah-langkah Penelitian

Tahapan penelitian seperti ditunjukkan oleh Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

HASIL

Pada pembahasan berikut dipaparkan mengenai hasil perhitungan dan analisa hasil kesioner yang diperoleh dari 80 responden yang dipilih dengan karakteristik bahwa responden bisa menggunakan internet atau pernah mengunjungi *website* <http://bkd.kalteng.go.id>.

Gambar 2 merupakan tampilan halaman utama *website* Badan Kepegawaian Daerah Provinsi Kalimantan Tengah.



Gambar 2. Halaman utama *website* BKD Provinsi Kalimantan Tengah

Statistik data responden menunjukkan 80% responden yang berusia di atas 30 tahun dan 20% dibawah 30 tahun. Berdasarkan pendidikan terakhir, 5% pendidikan terakhirnya SLTA/ sederajat, 6% lulusan Diploma III, 76% lulusan S-1 dan 13% lulusan S-2. Sedangkan berdasarkan pekerjaan, 71% PNS, 13% pegawai kontrak / honorer dan selebihnya Karyawan Swasta/Wiraswasta, Dosen atau lainnya sebanyak 16%.

e. Pengujian WebQual 4.0

Kuesioner penelitian terdiri atas 20 pertanyaan dari instrumen *WebQual 4.0* dengan jawaban menggunakan pilihan skala Likert. Selanjutnya dilakukan perhitungan skor akhir menggunakan persamaan (3). Skor akhir direpresentasikan dalam persen agar dapat langsung disesuaikan dengan *rating scale*. Daftar pertanyaan, hasil kuesioner dan perhitungan skor akhir ditunjukkan oleh Tabel 3.

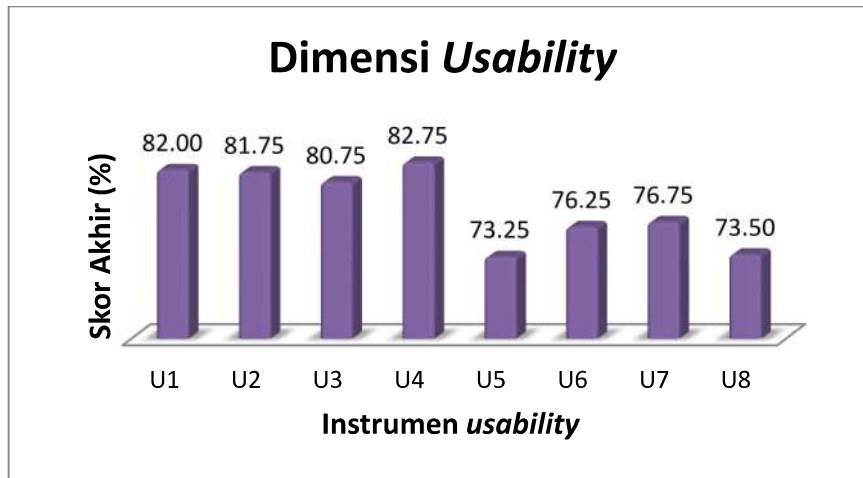
Tabel 3 Pertanyaan Kuesioner Penelitian.

Kode	Pertanyaan	STS	TS	N	S	SS	Skor Akhir (%)
Usability							
U1	Apakah <i>website</i> mudah dioperasikan?	0	0	4	64	12	82,00
U2	Apakah Interaksi dengan <i>website</i> jelas dan dapat dimengerti?	0	0	7	59	14	81,75
U3	Apakah <i>website</i> mudah dinavigasi?	0	0	7	58	14	80,75
U4	Apakah <i>website</i> mudah digunakan?	0	0	6	57	17	82,75
U5	Apakah <i>website</i> memiliki tampilan yang menarik?	0	5	23	46	6	73,25
U6	Apakah desain sesuai dengan jenis <i>website</i> pemerintahan?	0	1	24	44	11	76,25
U7	Apakah <i>website</i> tampak meyakinkan dan kompeten?	0	1	16	58	5	76,75
U8	Apakah <i>website</i> memberikan sebuah pengalaman positif?	0	5	23	45	7	73,50
Rata-rata nilai dimensi Usability							78,38
Kualitas Informasi							
IQ9	Apakah <i>website</i> menyediakan informasi yang akurat?	0	1	10	49	20	82,00
IQ10	Apakah <i>website</i> menyajikan informasi yang dapat dipercaya?	0	1	6	49	24	84,00
IQ11	Apakah <i>website</i> menyediakan informasi yang <i>up to date</i> ?	0	3	15	54	8	76,75
IQ12	Apakah <i>website</i> menyediakan informasi yang relevan?	0	0	10	57	13	80,75
IQ13	Apakah <i>website</i> menyajikan informasi yang mudah dimengerti?	0	1	7	60	12	80,75
IQ14	Apakah <i>website</i> menyediakan informasi yang cukup terperinci?	0	2	19	53	6	75,75
IQ15	Apakah <i>website</i> memberikan informasi dengan format yang tepat?	0	2	17	54	7	76,50
Rata-rata nilai dimensi Kualitas Informasi							79,50
Kualitas Interaksi Pelayanan							
SQ16	Apakah <i>website</i> memiliki reputasi yang baik?	0	0	17	50	13	79,00
SQ17	Apakah <i>website</i> menciptakan ruang untuk personalisasi?	0	12	32	32	4	67,00
SQ18	Apakah <i>website</i> memberikan ruang untuk komunitas?	0	16	32	30	2	64,50
SQ19	Apakah <i>website</i> memudahkan untuk berkomunikasi dengan organisasi?	0	7	29	42	2	69,75
Rata-rata nilai dimensi Kualitas Interaksi Pelayanan							70,06
Overall							
O20	Apakah keseluruhan tampilan dari <i>website</i> baik?	0	0	9	48	23	83,50

Dari ketiga dimensi tersebut, terlihat bahwa yang paling menonjol dari *website e-government* BKD Provinsi Kalimantan Tengah <http://bkd.kalteng.go.id> adalah kualitas informasi, yaitu 79,50% dan disusul oleh dimensi *usability* 78,38% dan yang terendah adalah dimensi kualitas interaksi pelayanan 70,06%. Sedangkan secara keseluruhan tampilan *website* baik 83,50%.

e. Dimensi Usability

Untuk dimensi *usability* diperoleh nilai 78,38% yaitu masuk dalam skala Setuju, artinya dari segi kegunaan (*usability*) responden Setuju bahwa *website* tergolong mudah dioperasikan, digunakan dan dipahami, navigasi mudah dilakukan, tampilan menarik, desain sesuai dengan *website* pemerintahan serta kompeten.

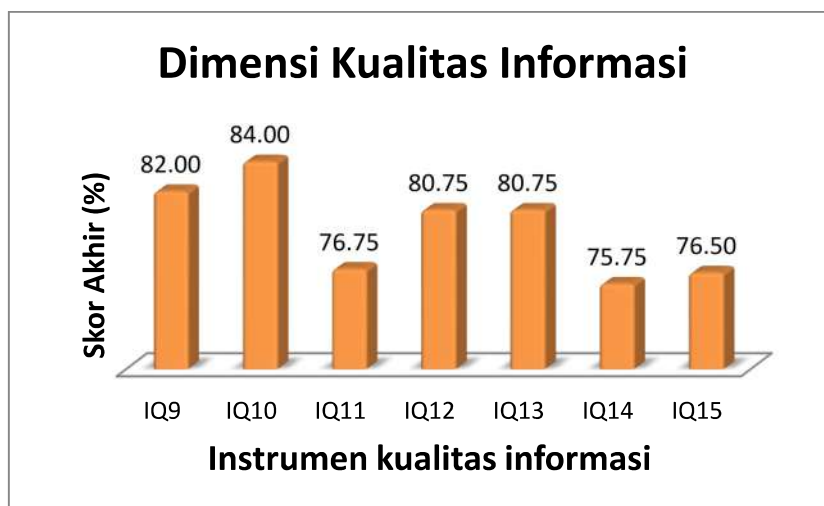


Gambar 3. Penilaian instrumen dalam dimensi *usability*

Apabila dilihat dari setiap instrumen dalam dimensi *usability* ini, kode U5 pada Gambar 3 memiliki nilai paling rendah, yaitu sebesar 73,25%, artinya tampilan yang menarik dari *website* perlu mendapat prioritas perhatian untuk perbaikan atau pengembangan. Sedangkan kode U4 pada Gambar 3 memiliki nilai paling tinggi, yaitu 82,75% menunjukkan instrumen yang paling menonjol atau paling berkontribusi adalah kemudahan *website* untuk digunakan.

f. *Dimensi Kualitas Informasi*

Untuk dimensi kualitas informasi yang memperoleh nilai 79,50% berarti bahwa responden setuju *website* memiliki kualitas informasi, yaitu memiliki informasi yang akurat, dapat dipercaya, *up to date*, relevan, mudah dimengerti, cukup terperinci dan tersaji dalam format yang tepat. Pada dimensi ini seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4, kode IQ10 memiliki nilai yang paling tinggi, yaitu 84% menunjukkan instrumen yang paling menonjol atau berkontribusi adalah *website* menyajikan informasi yang dapat dipercaya. Sedangkan kode IQ14 pada gambar 4 menunjukkan nilai paling rendah, yaitu sebesar 75,75% menunjukkan instrumen yang jadi prioritas untuk perbaikan atau pengembangan adalah penyajian informasi *website* dengan format yang tepat.

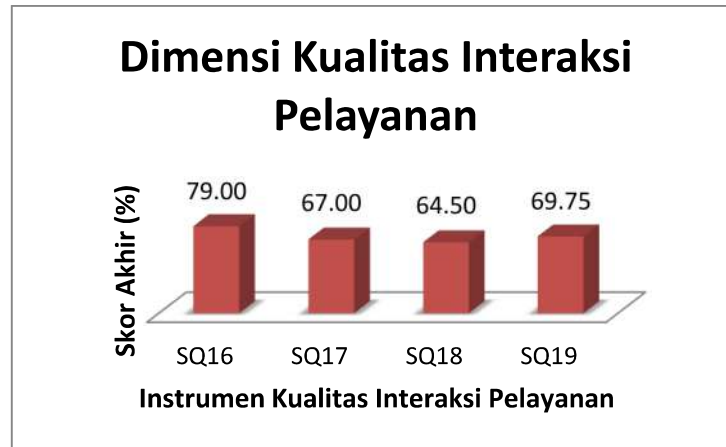


Gambar 4. Penilaian instrumen dalam dimensi kualitas informasi

g. *Dimensi Kualitas Interaksi Pelayanan*

Untuk dimensi kualitas interaksi pelayanan yang memperoleh nilai 70,06% berarti bahwa responden setuju *website* memiliki kualitas interaksi pelayanan. Akan tetapi pada dimensi ini beberapa instrumen perlu mendapatkan perhatian untuk perbaikan atau pengembangan. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 kode

SQ18 memiliki nilai paling rendah yaitu 64,50% disusul oleh kode SQ17 sebesar 67,00% dan kode SQ19 sebesar 69,75%. Hal tersebut menunjukkan bahwa yang menjadi prioritas untuk perbaikan atau pengembangan pada dimensi ini adalah bagaimana agar *website* dapat menciptakan ruang ruang bagi komunitas dan memberikan personalisasi bagi pengguna, serta menunjukkan bahwa *website* kemudahan untuk berkomunikasi dengan organisasi dalam hal ini adalah BKD Provinsi Kalimantan Tengah.



Gambar 5. Penilaian instrumen dalam dimensi kualitas interaksi pelayanan

f. Perspektif e-government

Sebagai penyelenggara pemerintahan yang memberikan layanan baik kepada masyarakat (*Government to Citizen*) dan Pegawai Negeri Sipil (*Government to Employee*) pengembangan *website* BKD Provinsi Kalimantan Tengah jika dilihat dari tahapan pengembangan *e-government*, masih dalam tahapan *interaction* dimana *website* bukan hanya sebagai penyedia informasi dasar yang dibutuhkan masyarakat ataupun PNS walaupun tidak semua informasi yang berkaitan dengan pelayanan kepegawaian sudah tersedia di *website* (tahapan *web presence*), tetapi sudah pada tahapan sebagai penyedia fasilitas interaksi antara masyarakat dan BKD. Informasi yang ditampilkan lebih bervariasi, seperti fasilitas unduh file berita/pengumuman dan komunikasi e-mail dalam *website* pemerintah sudah tersedia meskipun kurang diketahui oleh pengguna.

Untuk dapat menuju tahapan selanjutnya yaitu tahapan *transaction*, *website* perlu dilakukan pengembangan dimana *website* selain memiliki fasilitas interaksi juga dilengkapi dengan fasilitas transaksi pelayanan publik dari BKD. Transaksi dalam hal ini adalah bagaimana proses layanan kepegawaian dapat diusulkan melalui *website* dan informasi selesainya berkaspun dapat diakses melalui *website*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas diperoleh bahwa masing-masing dimensi menunjukkan responden setuju bahwa *website e-government* Badan Kepegawaian Daerah Provinsi Kalimantan Tengah (<http://bkd.kalteng.go.id>) memiliki kegunaan atau *usability* (78,38%), memiliki informasi yang berkualitas (79,50%), memiliki kualitas interaksi pelayanan (70,06%) dan secara keseluruhan tampilan *website* berkualitas (83,50%). Dimensi *WebQual* yang berkontribusi paling besar adalah dimensi kualitas informasi. Sedangkan dimensi yang perlu mendapatkan prioritas perbaikan dan/atau pengembangan adalah kualitas interaksi pelayanan. Dengan melihat instrumen yang paling rendah berdasarkan perhitungan pengujian dimensi *WebQual* tersebut rekomendasi bagi pengembangan *website* yang yaitu :

agar kedepan *website* dapat dikembangkan dengan tampilan yang lebih atraktif disesuaikan dengan kriteria yang mengacu pada *website* pemerintahan pada umumnya dan pelayanan kepegawaian pada khususnya.

sesuai dengan tupoksi BKD Provinsi Kalimantan Tengah penyelenggara pelayanan kepegawaian lebih baik apabila *website* digunakan maksimal sebagai sarana untuk mempercepat proses pelayanan kepegawaian, misal dengan adanya e-formulir atau checklist persyaratan kelengkapan berkas yang dapat diunduh melalui situs dan diunggah kembali jika sudah diisi untuk layanan permohonan usul mutasi, kenaikan pangkat, Kartu Pegawai, Perbaikan Surat Keputusan, pensiun, ijin/tugas belajar, pencatuman gelar, ujian dinas tingkat I dan II, ujian kenaikan pangkat penyesuaian ijazah, pengangkatan pertama atau kenaikan jabatan fungsional, KARIS/KARSU. Namun hal tersebut menjadi tantangan baru berkaitan dengan autentikasi berkas persyaratan.

adanya pengembangan fasilitas chat atau FAQ yang dapat memudahkan pengguna untuk berkomunikasi dengan organisasi atau jika ingin berkonsultasi.

adanya pengembangan fasilitas informasi status/disposisi berkas yang masuk, jadi user mudah mengetahui sampai mana berkas usulan mereka, sehingga tidak perlu datang ke kantor.

DAFTAR PUSTAKA

1. Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2003 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan *e-government*.
2. S. Eddy, *Pentingnya Revitalisasi e-government di Indonesia, Prosiding Konferensi Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Indonesia* Institut Teknologi Bandung, pp.38-43(2006).
3. L. Cecilia, *Audit IT Governance Kabupaten Sleman, Jurnal Informatika Mulawarman*, Vol 4 No. 2 Juli 2009, pp. 38-48(2009).
4. F. Rohman, D. Kurniawan, *Pengukuran Kualitas Website Badan Nasional Penanggulangan Bencana Menggunakan Metode WebQual 4.0, Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer*, Vol.3.No.1,pp.31-38 (2017).
5. Khairunisa, Sri Wasiyanti, *Pengukuran Kualitas Website Pemerintah Depok Terhadap Kepuasan Pengguna Dengan Metode WebQual 4.0, Jurnal Swabumi*, Vol.6 No.1, pp.35-43 (2018).
6. Diana, N.D.M. Veronika, *Analisis Kualitas Website Provinsi Bengkulu Menggunakan Metode WebQual 4.0, Jurnal Pseudocode*, Vol.V No.1, pp.10-17 (2018).
7. Santoso Nugroho. *Political Environment dalam Implementasi Electronic Government*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press (2007).
8. R.E. Indrajit. *Electronic Government - Strategi Pembangunan dan Pengembangan Sistem Pelayanan Publik Berbasis Teknologi Digital*. Yogyakarta: Andi Offset p.7-9 (2006).
9. S.J. Barnes, R.T. Vidgen, *Assessing the quality of Auction websites, Proceedings of the Hawaii International Conference on Systems Sciences*. Maui, HI (2001).
10. S.J. Barnes, R.T. Vidgen, *An evaluation of cyber-bookshops : the WebQual method, International Journal of Electronic Commerce*. Vol.6 No.1, pp.11-30 (2001).
11. S.J. Barnes, R.T. Vidgen, *Measuring Website Quality Improvement: A Case study of the Forum on Strategic management knowledge exchange*, New York: Industrial management & Data System pp.397-309 (2003).
12. Candra Irawan, *Evaluasi Kualitas Website Pemerintah Daerah dengan Menggunakan WebQual (Studi Kasus Pada Kabupaten Ogan Ilir)*, KNTIA, pp.B1-B8 (2011).
13. Singarimbun M, Sofian E, *Metode Penelitian Survey*. Pustaka LP3ES Indonesia, Jakarta, 1995.
14. D.B. Napitupulu, *Evaluasi Kualitas Website Universitas XYZ dengan Pendekatan Webqual, Buletin Pos dan Telekomunikasi*. Vol.14 No.1, pp.51-64 (2016).
15. Rensis Likert, *A Technique for the Measurment of Attitudes*. New York (1932).
16. Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*, Alfabeta Bandung (2010).
17. Maryuliana, I.M.I Subroto, S.F.C. Haviana, *Sistem Informasi Angket Pengukuran Skala Kebutuhan Materi Pembelajaran Tambahan Sebagai Pendukung Pengambilan Keputusan di Sekolah Menengah Atas Menggunakan Skala Likert, Jurnal Transistor Elektro dan Informatika*, Vol.1, No.2 pp.1-12 (2016).

GREEN CAMPUS DAN RUANG INTERAKSI SOSIAL MAHASISWA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PANCASILA

Ashri Prawesthi D¹§§§§§§, Margaret Arni Bayu Murti², dan Cynthia Puspitasari³

¹Dosen Tetap Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Dosen Tidak Tetap Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

³Dosen Tetap Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK. Menurunnya kualitas lingkungan di berbagai belahan dunia menyebabkan munculnya keharusan untuk mengupayakan kegiatan-kegiatan perbaikan lingkungan hidup. Salah satu lembaga yang ikut serta dalam perbaikan lingkungan hidup adalah kampus. Sebagai lembaga pendidikan tinggi, sepatutnya pemikiran-pemikiran yang telah dikeluarkan melalui hasil penelitian dapat diwujudkan dalam kehidupan kampus yang melibatkan pejabat, pengajar, mahasiswa, dan staf pendukung. Pada 2013, United Nations Environment Programme (UNEP) telah mengeluarkan kriteria kampus hijau yang dapat diaplikasi di seluruh universitas dunia. Salah satu fungsi ruang yang seringkali digunakan oleh mahasiswa di Fakultas Teknik Universitas Pancasila (FTUP) adalah ruang interaksi. Sebagai tempat untuk bersosialisasi, maka penting untuk mengaplikasi kriteria kampus hijau di dalam fungsi ruang tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengidentifikasi keberadaan ruang interaksi mahasiswa dalam lingkungan FTUP; (2) Kegiatan apa yang dikerjakan dalam ruang tersebut dan bagaimana *setting* ruangnya; (3) Ruang interaksi dan lokasi yang diharapkan oleh mahasiswa. Metode penelitian berupa gabungan antara kualitatif dan kuantitatif dengan menggunakan alat survei berupa kamera, *video recorder*, penyebaran kertas gambar, pengamatan terlibat, serta pedoman wawancara. Analisis yang dilakukan adalah dengan menghitung secara kuantitatif ruang-ruang mana yang disukai mahasiswa untuk berinteraksi dan juga analisis interpretasi gambar untuk mengetahui ruang ideal yang diharapkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa berinteraksi sosial di area publik seperti lobi untuk mengerjakan tugas dengan kebutuhan *wireless fidelity (Wi-Fi)* tinggi untuk memperlancar kegiatan mereka. *Setting* ruang mengutamakan meja dan tempat duduk sehingga mahasiswa dapat mengerjakan tugas sekaligus berinteraksi dengan sesama teman. Kebutuhan suhu udara yang sejuk juga dibutuhkan untuk kenyamanan selama berinteraksi. Kesimpulan dari penelitian adalah perencanaan dan renovasi pembangunan ruang interaksi mahasiswa harus mengacu pada kriteria *green campus*: a) perencanaan, desain, dan pengembangan; b) Teknologi informatika hijau.

Kata kunci—*green campus, ruang interaksi sosial mahasiswa*

PENDAHULUAN

Sustainable Development Goals (SDGs) telah mengajak seluruh masyarakat berpartisipasi demi terciptanya bumi yang lebih aman dan nyaman bagi kehidupan generasi selanjutnya. Universitas sebagai lembaga pendidikan tinggi memiliki kekuatan untuk mewujudkan berbagai teori yang ada di dalam kehidupan kampus. UNEP (2013) mengingatkan bahwa dunia kampus tidak lagi mendidik dengan “lakukan apa yang saya katakan” namun “lakukan apa yang saya lakukan.” Pernyataan ini menuntut para pengajar dan pejabat di universitas harus memahami dan mengaplikasi kegiatan “hijau” yang mendukung keberlanjutan lingkungan hidup sehingga mahasiswa dan staf pendukung pun juga melakukannya.

Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi, program program diploma, program sarjana, program magister, program doktor, dan program profesi, serta program spesialis adalah jenjang pendidikan setelah pendidikan menengah yang diselenggarakan oleh perguruan tinggi berdasarkan kebudayaan bangsa Indonesia.

Universitas Pancasila yang berdiri sejak 1966 Fakultas Teknik Universitas Pancasila (FTUP) telah memiliki enam program studi S1, satu program studi D3, dan satu prodi S2 (<http://teknik.univpancasila.ac.id>, situs diakses 12 Agustus 2019).

§§§§§§ Corresponding author: ashripd@yahoo.com

Saat ini Universitas Pancasila sedang menjalani tahap awal persiapan *green campus*. Kegiatan tersebut menjadi dasar untuk memeriksa kondisi ruang-ruang yang ada di FTUP berdasarkan kriteria kampus hijau. Menurut UNEP, terdapat 10 kriteria *green campus*, yaitu:

1. Energi, karbon, dan perubahan iklim
2. Air
3. Sampah
4. Keanekaragaman hayati dan ekosistem
5. Perencanaan, desain, dan pengembangan
6. Pembelian
7. Kantor hijau
8. Laboratorium hijau
9. Teknologi Informatika hijau
10. Transportasi

Salah satu tugas mahasiswa yang termasuk ke dalam usia remaja yaitu 11-20 tahun dalam proses perkembangannya adalah memperluas hubungan antarpribadi dan berkomunikasi secara lebih dewasa dengan teman sebaya. Perkembangan sosial menjadi salah satu indikator penting bagi kematangan sosial remaja. Kematangan ini dipengaruhi oleh kemampuan berafiliasi (bekerja sama), hubungan antarpribadi (teman sebaya), yang sejenis maupun dengan lawan jenis dan pencapaian prestasi (Hidayat 2011). Kegiatan memperluas hubungan antarpribadi dan berkomunikasi dengan teman sebaya, kami definisikan menjadi kegiatan interaksi sosial yang dapat menguatkan kelompok mahasiswa atau diri mahasiswa itu sendiri (Hasriyanti, et al. 2018).

Salah satu masalah yang dapat timbul dalam jiwa mahasiswa adalah kesulitan penyesuaian diri dengan meningkatnya pengaruh dari kelompok sebaya dan perubahan dalam perilaku sosial. Selain sebagai lembaga pendidikan formal, universitas memiliki peran sebagai tempat melakukan kegiatan interaksi sosial supaya mahasiswa memperoleh pengalaman berkomunikasi dan bekerja sama di masa bekerja.

Untuk mewadahi interaksi sosial dibutuhkan tempat yang dapat mengumpulkan mahasiswa atau komunitas mahasiswa. Tempat interaksi ini diharapkan kemudian dapat menampung orang tanpa melihat perbedaan, penuh toleransi, dan mendukung pluralisme (Fischer 1982 dalam Gieryn 2000). Untuk menciptakan ruang interaksi sosial yang efektif dibutuhkan desain yang membuat nyaman mahasiswa. Bukan hanya sebagai tempat mengobrol, namun juga membahas tugas dan menyelesaikannya sehingga terbentuk fungsi yang baik dalam perkembangan sosialisasi dan belajar mahasiswa di kampus.

Dalam penelitian ini fokus kriteria *green campus* yaitu pada:

1. Perencanaan, desain dan pengembangan
2. Teknologi Informatika hijau

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi keberadaan ruang interaksi mahasiswa dalam lingkungan FTUP; (2) kegiatan apa yang dikerjakan dalam ruang tersebut dan bagaimana *setting* ruangnya; (3) ruang interaksi dan lokasi yang diharapkan oleh mahasiswa.

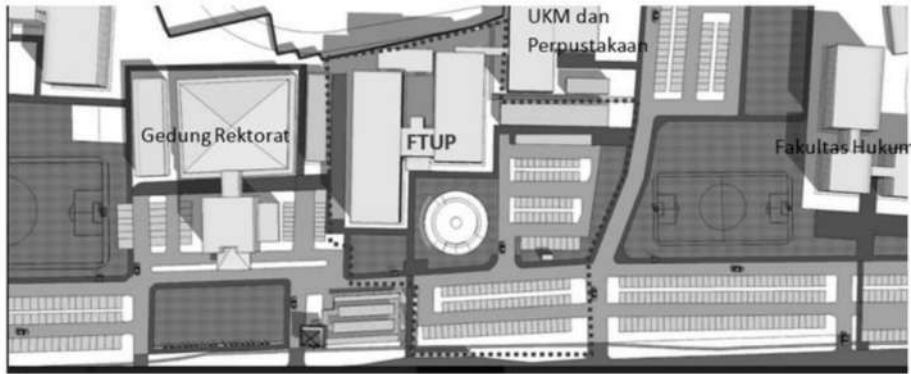
METODE PENELITIAN

Metode penelitian berupa gabungan antara kualitatif dan kuantitatif dengan menggunakan alat survei berupa kamera, *video recorder*, penyebaran kertas gambar, pengamatan terlibat, serta pedoman wawancara kepada responden dan narasumber (Creswell 2002). Responden adalah mahasiswa aktif dari enam program studi FTUP sebanyak 20% dari tiap prodi.

Analisis yang dilakukan adalah dengan menghitung secara kuantitatif ruang-ruang apa yang disukai mahasiswa untuk berinteraksi dan juga analisis interpretasi gambar untuk mengetahui ruang ideal yang diharapkan.

Penelitian ini dilaksanakan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Pancasila dari lantai dasar hingga lantai 4 (empat). Selain gedung FTUP dan *Annex*, pengamatan juga dilakukan di taman sekitar FTUP, Kantin, lokasi parkir dan juga ruang-ruang luar lain selain di dalam gedung. Pemilihan FTUP sebagai lokasi penelitian adalah karena peneliti merupakan pengajar di FTUP dan juga FTUP sebagai *pilot project* program *green campus*.

Berdasarkan gambar masterplan gedung FTUP, maka lokasi pengamatan dalam penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Batasan Lokasi Pengamatan FTUP
Sumber: Tim Perencana *Masterplan* Universitas Pancasila 2016

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil survei yang dilaksanakan pada Mei-Juli 2019, ditemukan hasil sebagai berikut:

g. *Lama mahasiswa berada di kampus*

Pertanyaan ini untuk mengetahui seberapa lama mahasiswa berada di kampus. Selain belajar, beberapa mahasiswa ada yang mengikuti kegiatan ekstra kurikuler, ada yang senang bercengkerama dengan grupnya dan ada juga yang langsung pulang.

Jawaban responden menjelaskan bahwa rata-rata mahasiswa berada di kampus adalah 10,8 jam. Dengan perincian jawaban yang berada di kampus kurang dari 5 jam sebanyak 2%, antara 5 – 10 jam sebanyak 54% dan yang berada di kampus di atas 10 jam sebanyak 44%.



Diagram 1. Lama rata-rata mahasiswa berada di kampus
Sumber: hasil survei 2019

Apabila jadwal belajar mengajar di kelas dalam satu hari adalah 7 jam maka terdapat beberapa mahasiswa yang masih berada di kampus sekitar 50% untuk melakukan kegiatan lain selain belajar.

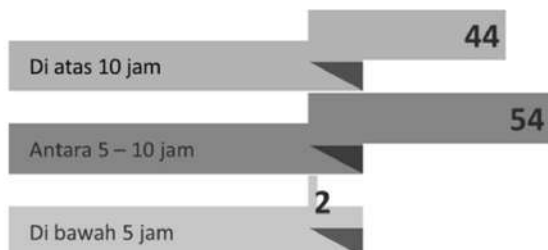


Diagram 2. Perincian Lama Rata-rata Mahasiswa Berada di Kampus
Sumber: hasil survei 2019

Dari hasil penyebaran kuisioner, didapatkan juga hasil bahwa 60% responden langsung pulang setelah belajar di kelas dan 40% responden tetap berada di kampus untuk melakukan berbagai kegiatan. Adapun alasan responden langsung pulang adalah karena tidak suka berinteraksi dan juga tidak ada tempat untuk berkumpul.

h. Kegiatan mahasiswa yang dilakukan di FTUP selain belajar

(1) Pertanyaan ini untuk mengetahui kegiatan apa saja yang dilakukan mahasiswa selain belajar. Sebanyak 40% responden yang menjawab tidak langsung pulang ketika pelajaran telah usai, diperoleh berbagai kegiatan yang dilakukan oleh mereka. Beberapa responden menjawab bahwa mereka mengerjakan tugas, makan, *ngobrol* dengan teman, bermain, rapat/diskusi dalam organisasi dan himpunan, melakukan kegiatan ekstra kurikuler.

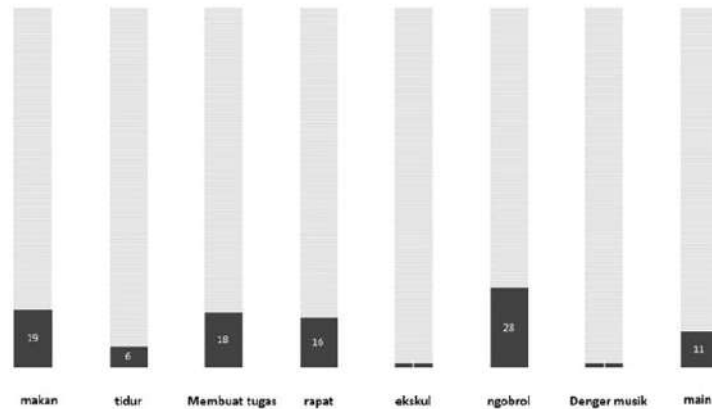


Diagram 3. Kegiatan Mahasiswa di Kampus Selain Belajar
Sumber: hasil survei, 2019

(2) Ada juga jawaban yang mengejutkan yaitu bahwa beberapa mahasiswa tidur ketika jawabannya tidak langsung pulang. Jawaban lain yang juga didapat adalah mendengarkan musik. Kedua jawaban terakhir ini jumlahnya 1%.

i. Tempat favorit mahasiswa untuk berkumpul

(3) Pertanyaan ini untuk mendapatkan gambaran, seperti apa tempat favorit yang ada dalam benak mahasiswa, sehingga dalam menyediakan ruang interaksi sosial, kenyamanan dan kesenangan untuk berinteraksi dapat dihasilkan. Jawaban responden adalah bahwa mereka berada di sana rata-rata di bawah 5 (lima) jam. Adapun rincian jawaban responden dapat dilihat sebagai berikut:

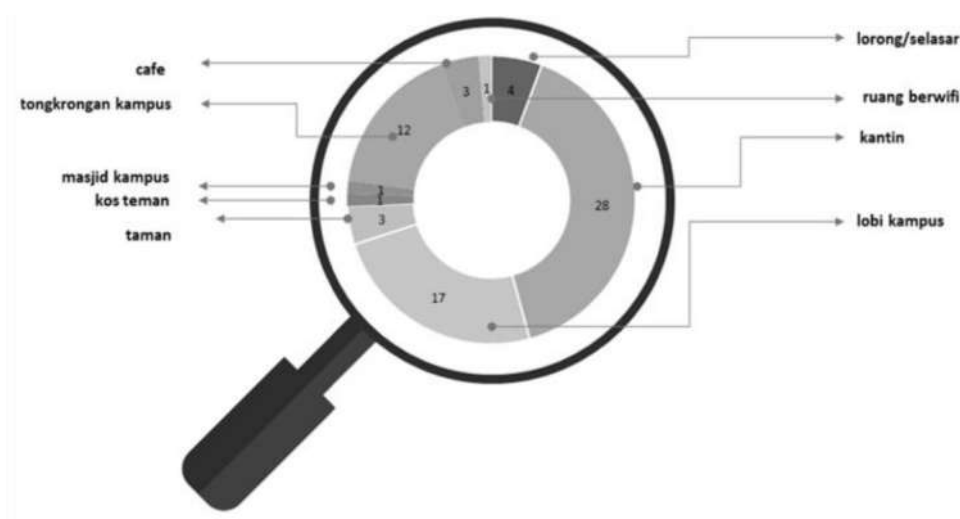


Diagram 4. Tempat Favorit untuk Berkumpul (Sumber: hasil survei 2019)

(4) Alasan mahasiswa untuk menjadikan suatu tempat menjadi favorit untuk berkumpul adalah karena kenyamanan. Jawaban lain dari responden dalam menjadikan suatu tempat favorit adalah karena tempat tersebut sepi, banyak makanan dan ada Wi-Fi-nya. Berikut ini adalah rincian jawaban responden dalam memberikan alasan mengapa tempat tersebut favorit.

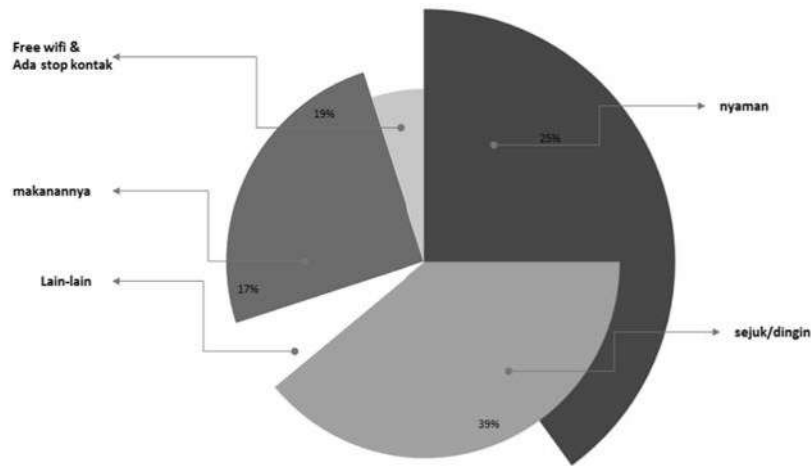


Diagram 5. Alasan Menjadikan Tempat Favorit untuk Berkumpul
Sumber: hasil survei 2019

Jawaban responden sesuai dengan teori Gieryn (2000) bahwa dalam menciptakan ruang interaksi sosial yang efektif dibutuhkan desain yang karena ruang interaksi sosial bukan hanya sebagai tempat mengobrol, namun juga membahas tugas dan menyelesaikannya sehingga terbentuk fungsi yang baik dalam perkembangan sosialisasi dan belajar mahasiswa di kampus.

Responden juga menyatakan bahwa di dalam tempat berkumpul, agar menjadi favorit atau disukai, harus memiliki/tersedia benda-benda/peralatan sebagai berikut:

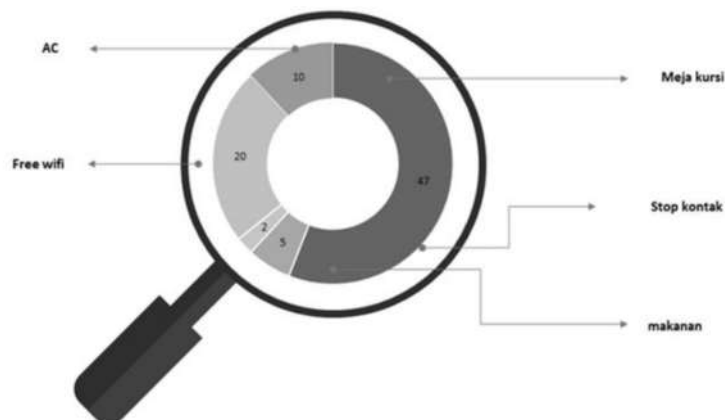


Diagram 6. Benda/peralatan yang Harus Tersedia di Tempat Favorit untuk Berkumpul
Sumber: hasil survei 2019

Meja dan kursi serta *free Wi-Fi* memiliki persentasi tertinggi untuk benda/peralatan yang harus tersedia di tempat favorit untuk berkumpul. Kebutuhan *free Wi-Fi* ini sesuai dengan perkembangan TI.

Meja dan kursi sebagai peralatan untuk membuat nyaman mahasiswa selama melakukan kegiatan terkait IoT, menjadikan kampus memiliki tantangan untuk menyiapkan ruang interaksi yang nyaman untuk kemudahan mahasiswa dalam menyelesaikan tugas atau mengisi waktu luang di luar jam perkuliahan.

j. Tempat favorit mahasiswa untuk berkumpul di FTUP

Pertanyaan ini untuk mengetahui di mana saja tempat favorit mahasiswa FTUP untuk berkumpul. Diagram berikut ini menggambarkan bahwa tempat favorit mahasiswa di lingkungan FTUP. Sebanyak 47% responden menjawab kantin yang menjadi ruang favorit untuk berkumpul. Selanjutnya lobby, taman, ruang UKM, dan juga *tongkrongan* mahasiswa.

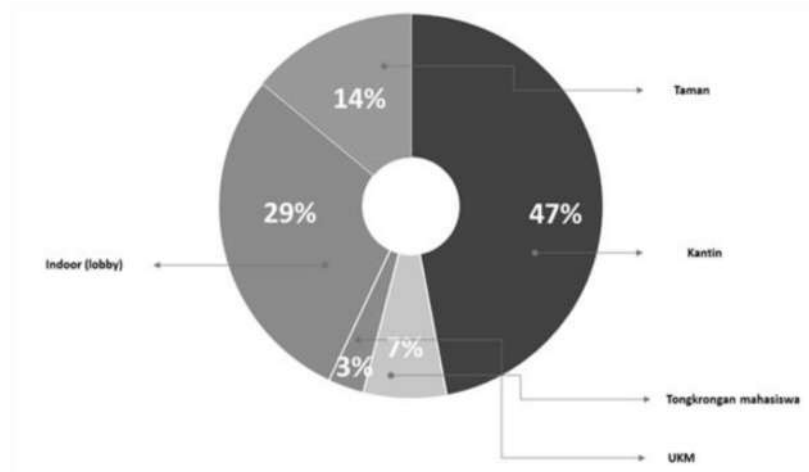


Diagram 7. Tempat Favorit untuk Berkumpul di FTUP
Sumber: hasil survei 2019

Hal menarik di sini adalah bahwa terdapat jawaban responden bahwa tempat favoritnya adalah *tongkrongan*. *Tongkrongan* berasal dari istilah tempat nongkrong atau tempat jongkok yang juga bisa diartikan tempat duduk-duduk. Ada yang di selasar, ada yang di taman, ada di lobi dan ada yang di kantin.



Gambar 2. Tempat Favorit untuk Berkumpul di FTUP
Foto Kiri Atas: Lobi FTUP; Foto Kanan Atas: Kantin FTUP; Foto Tengah Bawah: Selasar FTUP
Sumber: hasil survei 2019

Tempat favorit ini pada umumnya ruang yang tidak memiliki sekat penuh, sehingga pengudaraan dan pemandangan tidak terbatas oleh dinding. Selain itu, taman dengan penghijauan juga diminati karena memberikan kesan santai setelah melaksanakan kegiatan perkuliahan selama kurang lebih 8 jam.

k. Fasilitas yang dibutuhkan mahasiswa untuk tempat berkumpul di FTUP

Pertanyaan tentang fasilitas yang dibutuhkan mahasiswa untuk mengetahui apa saja yang harus disediakan di dalam ruang berkumpul di FTUP. Berikut diagramnya.

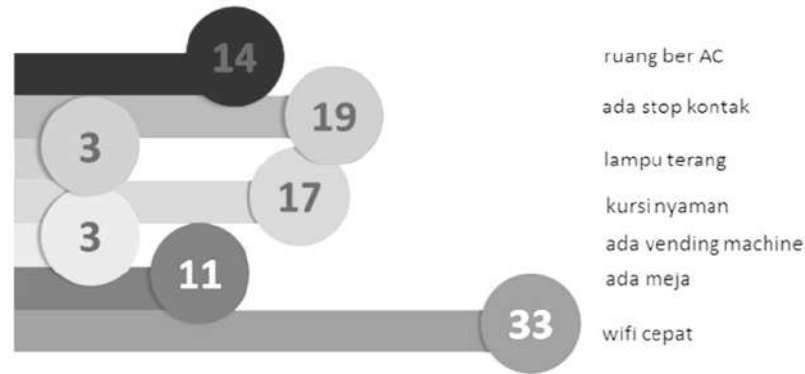


Diagram 9. Kebutuhan Fasilitas di dalam Ruang Interaksi FTUP
Sumber: hasil survei 2019

Perkembangan TI dan internet sebagai tulang punggung kehidupan menyebabkan FTUP menyediakan kebutuhan *free* Wi-Fi untuk mahasiswa dengan kapasitas yang cepat. Pengiriman tugas melalui surat elektronik kepada dosen atau pengunggahan tugas via media sosial saat ini juga menjadi salah satu indikasi peningkatan teknologi serba cepat di dunia. Interaksi mahasiswa pun saat ini tidak terbatas hanya tatap muka, namun dengan dunia maya yang menawarkan wawasan luas untuk berafiliasi (bekerja sama), hubungan antarpribadi (teman sebaya), yang sejenis maupun dengan lawan jenis dan pencapaian prestasi (Hidayat 2011).

l. Green Campus dan ruang interaksi sosial mahasiswa FTUP

Dalam tabel tindakan perencanaan, disain dan pengembangan kampus untuk mendukung pembangunan keberlanjutan yang dikeluarkan oleh *Greening Universities Toolkit*, terdapat kategori sebagai berikut:

Tabel 1. Rencana Tindak Perencanaan, Disain dan Pengembangan *Green Campus*

Category	Action
Campus planning	Campus-specific sustainability objectives included in all campus planning instruments (i.e. considering climate and weather patterns, topography, geology/soils, hydrology, urban design context).
	Space planning at campus, precinct and building scale to optimise flexibility, adaptability, diversity and multifunctionality of spaces.
	Investigation of non-building solutions to accommodate university growth
	Physical accessibility of the campus to the external community, different age groups and people with a disability
Campus Building Design	Design to the appropriate green building rating system as the minimum starting point
	Each new building/major refurbishment to incorporate at least one innovative sustainability feature beyond the requirements of the green building rating system.
Campus construction management	Construction contractors certified to ISO 14001
	Contractor staff inducted to the university’s sustainability management system.
	Management of campus construction/demolition to minimise on- and off-site impacts

Sumber: *Greening Universities Toolkit, UNEP, 2013*

Jika melihat kategori di atas, FTUP belum menerapkan tindakan dalam perencanaan, disain dan pengembangan kampus. Beberapa ruang dan fasilitasnya masih terlihat tidak efisien dalam penggunaannya.

Sebagai contoh adalah adanya ruang dengan luas yang lebih besar dari pada kegiatan yang ditampung sehingga akan terjadi pemborosan energi yang digunakan. Sebaliknya, ruang interaksi sosial mahasiswa yang selayaknya direncanakan dengan baik, justru tidak ada atau malah menggunakan ruang-ruang negatif seperti ruang di bawah tangga dll.

Selain kategori perencanaan, disain dan pengembangan kampus di atas, terdapat juga kategori untuk information technology (IT) yang dapat mendukung *green campus*. Tabel kategori IT tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Rencana Tindak Untuk Mendukung Information Technology dari Konsep Green Campus

Category	Action
IT policy and behaviour change	Adoption and implementation of IT purchasing standards (e.g. IEEE, EPEAT, etc.).
	“Switch off when not in use” awareness programs – posters, stickers, events and competitions, websites, awards and incentives.
	Standard operating environments (hardware and software)
IT management and capital works)	Reduce frequency of computer replacement programs – substitute software upgrades for hardware upgrades where possible.
	Centralised / dedicated server space(s) to avoid dispersing server heat loads across multiple buildings.
	Computer reuse program, e.g. donation to community groups / schools.
	E-waste program.
	Ensure energy saving features are enabled.

Sumber: *Greening Universities Toolkit, UNEP, 2013*

Ruang interaksi sosial mahasiswa FTUP yang akan direncanakan, sebaiknya dapat menerapkan konsep *green campus*. Dalam perencanaan dan disain ruang sebaiknya mempertimbangkan fleksibilitas berbagai kegiatan yang ditampung dan dapat beradaptasi dengan kebutuhan energi yang digunakan. Perencanaan ruang juga mengakomodasi komunitas-komunitas yang ada serta tidak lupa menerapkan aksesibilitas. Selain itu, tindakan-tindakan teknologi informasi seperti pada tabel 2., di atas juga harus diterapkan untuk menjawab tantangan hemat energi (*energy saving*) belakangan ini.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan kesimpulan:

1. Ruang interaksi FTUP berada di kantin, lobi kampus, tongkrongan kampus, lorong/selasa, taman;
2. Kegiatan apa yang dikerjakan dalam ruang interaksi sosial adalah mengobrol, makan, rapat, membuat tugas, bermain (*game*). *Setting ruang* yang ada saat ini adalah tersedianya bangku dan kursi berbahan kayu;
3. Ruang interaksi yang diharapkan oleh mahasiswa yaitu memiliki Wi-Fi yang cepat, stop kontak, meja, lampu yang terang, kursi yang nyaman, *vending machine*, lampu yang terang ;
4. Lokasi yang diharapkan oleh mahasiswa menjadi ruang interaksi sosial adalah kantin, lobi, taman Unit Kegiatan Mahasiswa, tongkrongan mahasiswa.

(5)

Saran untuk pengembangan *green campus* Universitas Pancasila adalah:

- a. Perencanaan, disain dan pengembangan
 - (6) Penggunaan multifungsi ruang sehingga menciptakan efisiensi kebutuhan ruang. Ruang interaksi mahasiswa dapat difungsikan sebagai tempat sosialisasi, mengerjakan tugas, berdiskusi dengan pengajar, atau beristirahat. Aplikasi bangunan hijau juga menjadi kriteria jika membangun ruang-ruang interaksi baru di FTUP;
- b. Teknologi Informatika (TI) hijau
 - (7) Adanya perkembangan TI saat ini, kebutuhan *wifi* dan komputer juga semakin meningkat. Peningkatan penyediaan TI di FTUP juga harus dibarengi dengan aksi TI hijau dan hemat energi.

Perencanaan, disain dan pengembangan sebuah kampus saat ini lebih bijaksana apabila memperhatikan pembangunan berkelanjutan dalam jangka panjang dengan menerapkan konsep green. Perencanaan pengembangan kampus yang dilakukan secara berkala dengan mempertimbangkan penggunaan ruang yang

efektif dengan mengoptimalkan bentuk bangunan, memperhatikan iklim dan orientasi bangunan serta menerapkan kriteria green campus yang ada.

Setiap pengembangan, sebaiknya terdapat inovasi masa kini dan masa depan dan setidaknya persyaratan minimal dalam kriteria *green campus* dipenuhi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Akademik Fakultas Teknik Universitas Pancasila. [Online] dari <http://teknik.univpancasila.ac.id/index.php/academics> [Diakses on 12 Agustus 2019].
2. Creswell, John. W. *Research Design – Desain Penelitian*. KIK Press, Jakarta (2002). p.166-169.
3. Gieryn, Thomas. F. *A Space for Place in Sociology*. Annu. Rev. Sociol. (2000). p.463-496. [Online] dari <http://www.urbanlab.org>. [Diakses 12 Agustus 2019].
4. Hasriyanti, N. et al. *Communal Space Design as Student Interaction in Polnep Campus*. (2018). doi:10.1088/1755-1315/126/1/012203. [Diakses 19 Mei 2019].
5. Hidayat, Dede Rahmat. *Permasalahan Mahasiswa. Disampaikan pada Pelatihan Penasihat Akademik Kopertis Wilayah III 1-3 April 2011*. <http://www.kopertis3.or.id/>. [Diakses 19 Mei 2019].
6. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi.
7. United Nations Environment Programme. *Greening Universities Toolkit-Transforming Universities into Green and Sustainable Campuses*. [Online] dari <https://wedocs.unep.org>. (2013). [Diakses 27 September 2019].

ANALISA BIAYA MANFAAT SOSIAL PADA PERPANJANGAN JALUR *MASS RAPID TRANSIT* RUTE LEBAK BULUS – TANGERANG SELATAN

Leo Saputro¹, Herawati Zetha R², dan Azaria Andreas³

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

³Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK

Tantangan transportasi perkotaan saat ini adalah tingginya penggunaan kendaraan pribadi baik motor maupun mobil. Menurut data Statistik Komuter Jabodetabek tahun 2014 Kota Tangerang Selatan memiliki jumlah perjalanan 253 ribu penumpang/hari, sedangkan pengguna moda transportasi umum hanya 27 ribu penumpang/hari. Hal tersebut disebabkan karena peran angkutan umum yang belum maksimal di Jabodetabek. Badan Pengelola Transportasi Jabodetabek melalui Peraturan Presiden No.55 tahun 2018 tentang Rencana Induk Transportasi Jabodetabek berupaya menyelesaikan masalah tersebut dengan sasaran utamanya untuk menciptakan sistem transportasi perkotaan berbasis angkutan umum massal di Jabodetabek. Salah satu jenis angkutan umum yang sedang direncanakan adalah *Mass Rapid Transit* untuk rute Lebak Bulus-Tangerang Selatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan proyek tersebut memiliki manfaat sosial bagi masyarakat baik secara langsung maupun tidak langsung serta layak atau tidaknya secara ekonomi, indikator yang digunakan adalah NPV dan IRR. Hasil penelitian memperlihatkan manfaat sosial yang didapat dari perpanjangan jalur MRT rute Lebak Bulus-Tangerang Selatan adalah penghematan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) sebesar Rp. 34,96 Miliar/Tahun dan penghematan Nilai Waktu sebesar Rp. 39,67 Miliar/Tahun pada tahun 2023. Hasil analisis kelayakan ekonomi didapatkan nilai NPV sebesar Rp. 16.374,46 Miliar dan nilai IRR sebesar 11% (lebih besar dari suku bunga Bank Indonesia, 6%) selama 30 tahun. Proyek perpanjangan jalur MRT rute Lebak Bulus-Tangerang Selatan dapat disimpulkan “LAYAK” secara ekonomi.

Kata Kunci : *Biaya Operasional Kendaraan, IRR, Mass Rapid Transit, Nilai Waktu, NPV*

PENDAHULUAN

Menurut data Statistik Komuter Jabodetabek pada tahun 2014 jumlah perjalanan dari kota Tangerang Selatan mencapai 253 ribu orang setiap harinya. Sedangkan pengguna transportasi umum hanya 27 ribu orang setiap harinya. Sedangkan peran angkutan umum yang dinilai belum maksimal di wilayah Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi. Sementara itu Badan Pengelola Transportasi Jabodetabek (BPTJ) melalui Perpres Nomor 55 Tahun 2018 tentang Rencana Induk Transportasi Jabodetabek (RITJ). BPTJ berupaya agar permasalahan transportasi di wilayah Jabodetabek dapat tertangani dengan baik. Dimana sasaran utama RITJ adalah untuk menciptakan sistem transportasi perkotaan berbasis angkutan umum massal yang terintegrasi di Jabodetabek. Salah satu jenis angkutan umum yang sedang direncanakan adalah perpanjangan jalur *Mass Rapid Transit* untuk rute Lebak Bulus - Tangerang Selatan. Proyek infrastruktur memiliki investasi dan resiko yang tinggi sehingga memerlukan studi untuk menentukan proyek tersebut memiliki manfaat sosial bagi masyarakat baik secara langsung maupun tidak langsung dan layak atau tidaknya menurut aspek ekonomi, indikator yang di gunakan untuk dapat menentukan apakah proyek tersebut layak atau tidaknya adalah *Net Present Value* dan *Internal Rate of Return*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa berapa besar nilai manfaat sosial yang didapat oleh masyarakat dengan adanya perpanjangan jalur *Mass Rapid Transit* Lebak Bulus–Tangerang Selatan serta mengetahui kelayakan pembangunan *Mass Rapid Transit* rute Lebak Bulus – Tangerang Selatan dari aspek ekonomi. Menurut Jeffrey M (2018) Infrastruktur umumnya dipahami sebagai faktor penting dalam kesejahteraan ekonomi suatu negara untuk menghasilkan barang dan jasa dengan cara yang lebih efisien. Dampak dari investasi dapat berbeda sehubungan dengan beberapa pertimbangan utama, termasuk cara di mana investasi dibiayai, waktu investasi sehubungan dengan siklus, dan jenis infrastruktur yang sedang dibuat. peningkatan pengeluaran infrastruktur oleh pemerintah umumnya diperkirakan akan menghasilkan output ekonomi yang lebih tinggi dalam jangka pendek dengan merangsang permintaan dan dalam jangka panjang dengan meningkatkan keseluruhan produktivitas. Investasi dalam infrastruktur inti, yang

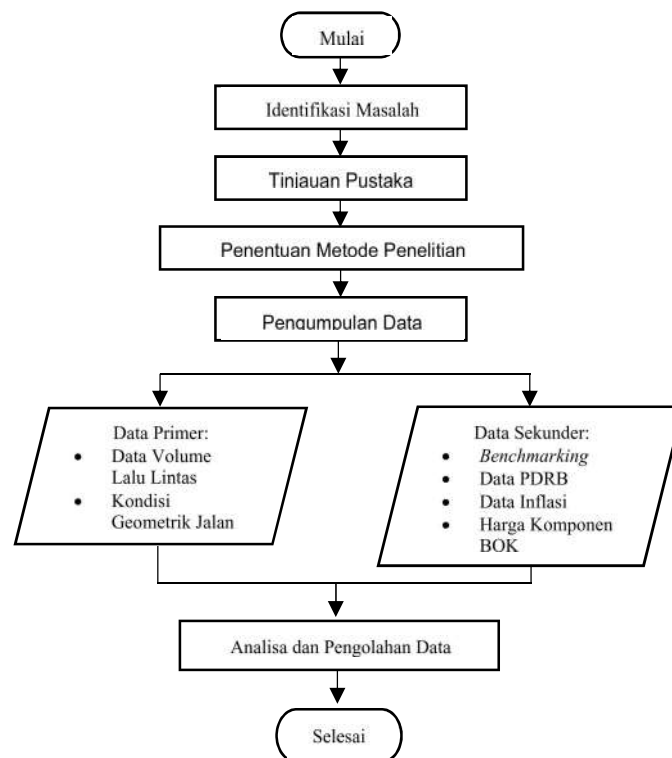
didefinisikan sebagai jalan, kereta api, Bandara, dan utilitas diharapkan dapat menghasilkan keuntungan yang lebih besar dalam output ekonomi.

METODE

Metode Penelitian

Pada penelitian kali ini menggunakan jenis pendekatan kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif merupakan salah satu jenis penelitian yang memiliki spesifikasi sistematis, terencana, dan terstruktur jelas sejak awal hingga pembuatan desain penelitiannya. Menurut Sugiyono (2003). Metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat *positivisme*, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif dengan metode survei. Lokasi penelitian terletak pada ruas Jalan Ir. H. Juanda Tangerang Selatan. Pengumpulan data dilakukan dengan dua cara, yaitu: data primer dan data sekunder. Data primer dilakukan dengan mengadakan pengamatan atau survei langsung di lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari hasil penelitian, artikel, penelusuran pustaka, dan informasi dari pihak terkait. Pelaksanaan survei lapangan untuk *traffic counting* dilakukan selama tiga hari yaitu : Sabtu, Senin, dan Kamis. Survei dilakukan pada jam sibuk pagi, siang, dan sore hari dengan interval waktu 15 menit. Pelaksanaan survei geometrik Jalan Ir. H. Juanda Tangerang Selatan untuk mengumpulkan data meliputi keadaan geometrik jalan, yaitu, tipe jalan, lebar jalur jalan, pemisahan arah, jumlah lajur lalu lintas, lebar trotoar, dan panjang ruas jalan.

Bagan Alir Penelitian



Analisis Data Lalu Lintas

Analisa data lalu lintas adalah pengolahan data hasil survei *traffic counting* dan kondisi geometrik jalan untuk mendapatkan kapasitas, derajat kejenuhan, kecepatan arus bebas, waktu tempuh, dan volume kendaraan.

Biaya Operasional Kendaraan

Biaya operasional kendaraan adalah biaya yang digunakan kendaraan untuk beroperasi dari satu titik ke titik lain. Metode yang dapat digunakan untuk menghitung Biaya Operasional Kendaraan dengan menggunakan komponen yang dikembangkan oleh Lembaga Afiliasi Penelitian dan Industri Institut Teknik Bandung (LAPI-ITB) yang bekerja sama dengan KBK Rekayasa Transportasi Jurusan Teknik Sipil-ITB melalui proyek “Perhitungan Besar Keuntungan Biaya Operasional Kendaraan” yang didanai oleh PT. Jasa

Marga serta menggunakan Pedoman Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum pada Tahun 2005. Biaya Operasional Kendaraan terdiri dari biaya tetap dan biaya tidak tetap, yaitu:

A. Biaya Tetap

Biaya tetap adalah biaya yang harus dikeluarkan secara rutin untuk jangka waktu tertentu dan tidak terpengaruh oleh operasional kendaraan tersebut, yaitu biaya depresiasi (penyusutan), biaya bunga modal, dan biaya asuransi.

B. Biaya Tidak Tetap

Biaya tidak tetap adalah biaya yang harus dikeluarkan sesuai dengan jarak tempuh dan tergantung pada pemakaian kendaraan sehingga dapat dirasakan secara langsung, biaya tidak tetap terdiri dari konsumsi bahan bakar, konsumsi pelumas, biaya pemakaian ban, dan biaya pemeliharaan.

Nilai Waktu

Nilai waktu merupakan penghematan waktu perjalanan yang dinilai secara ekonomi. Nilai waktu berkaitan dengan sejumlah uang yang terpakai oleh pengguna jalan saat berkendara. Nilai waktu dihitung berdasarkan formula/rujukan dari Jasa Marga dengan mempertimbangkan studi-studi tentang nilai waktu yang pernah ada. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Nilai Waktu} = \text{Max} \{ (K \times \text{Nilai Waktu Dasar}) ; \text{Nilai Waktu Minimum} \} \quad (5)$$

Nilai K adalah nilai faktor koreksi dengan asumsi bahwa nilai waktu dasar tersebut hanya berlaku untuk daerah DKI-Jakarta dianggap mempunyai faktor koreksi 1,0. Sedangkan nilai waktu untuk daerah lainnya dapat dihitung dengan mengalikan faktor koreksi dengan nilai waktu yang berlaku untuk DKI-Jakarta.

Indikator Kelayakan

Kelayakan ekonomi merupakan analisis perekonomian secara keseluruhan yang dilihat dari sudut pemerintah, sehingga biaya dan manfaat yang dipertimbangkan adalah biaya dan manfaat sosial yang berdampak secara keseluruhan terhadap masyarakat. Kriteria investasi tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

A. *Net Present Value* (NPV)

Nilai Sekarang Bersih (*Net Present Value*) merupakan teknik untuk menghitung besarnya *cash flow* dalam jangka waktu yang lama seperti halnya dalam proyek infrastruktur. *Net Present Value* dapat dirumuskan:

$$NPV = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{Bt-Ct}{(1+i)^t} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

Bt = Benefit pada tiap tahun

Ct = Cost pada tiap tahun

t = 1,2,3,....

n = Jumlah tahun

i = Tingkat suku bunga

B. *Internal Rate of Return* (IRR)

Internal Rate of Return adalah tingkat diskonto atau *discount rate* yang menyamakan nilai sekarang (*present value*) aliran kas masuk bersih dengan nilai sekarang (*present value*) investasi atau nilai sekarang bersih sama dengan nol. Suatu investasi dikatakan layak dan menguntungkan untuk dijalankan apabila IRR lebih besar dari *cost of capital* yang diasumsikan. *Internal Rate of Return* dapat dirumuskan:

$$IRR = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{Bt-Ct}{(1+i)^t} = 0 \dots\dots\dots(7)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data Primer

Data kondisi geometrik jalan dan data lalu lintas menggunakan data primer yang didapat dari hasil survei pada Jalan Ir. H. Juanda pada bulan Juni 2019.

Tabel 1. Geometrik jalan Ir. H. Juanda Tangerang Selatan.

Kondisi Jalan	Nilai
Nama Jalan	Jl. Ir. H. Juanda Tangsel
Jumlah Penduduk	1.644.899

Lebar Efektif Jalan	3,5 M
Lebar Kereb	1 M
Tipe Jalan	4/2 T
Panjang Jalan	10 M

Pengolahan Data Primer

Berdasarkan hasil survei lalu lintas pada ruas Jalan Ir. H. Juanda Tangerang Selatan, didapat data perhitungan lalu lintas menggunakan rumus yang sudah ditentukan sebagai berikut:

A. Kapasitas Ruas Jalan

Tabel 2. Kapasitas jalan dua arah Ir. H. Juanda Tangerang Selatan.

Ruas Jalan	Nilai
C0	1650
FCL	1
FCPA	1
FCHS	0,93
FCUK	1
Kapasitas Jalan (skr/jam)	11535

B. Volume Lalu Lintas

Tabel 3. Volume arus lalu lintas dua arah Jalan Ir. H. Juanda Tangerang Selatan.

Jenis Kendaraan	MC	LV	HV
Qjp	8973	1847	118
Total Qjp	10938		
EKR	0,25	1	1,2
Qskr	2243	1847	142
Total Qskr	4231,5		

C. Kecepatan Arus Bebas

Tabel 4. Kecepatan arus bebas jalan dua arah Ir. H. Juanda Tangerang Selatan.

Nilai	KR	Keterangan
VBD	57	km/jam
VBL	0	km/jam (3,5 m/lajur)
FVBHS	0,98	4/2 T, Rendah 1 m
FVUK	1	1 - 3 Juta Jiwa
VB	55,86	km/jam

D. Derajat Kejenuhan

Tabel 5. Nilai derajat kejenuhan jalan dua arah Ir. H. Juanda Tangerang Selatan.

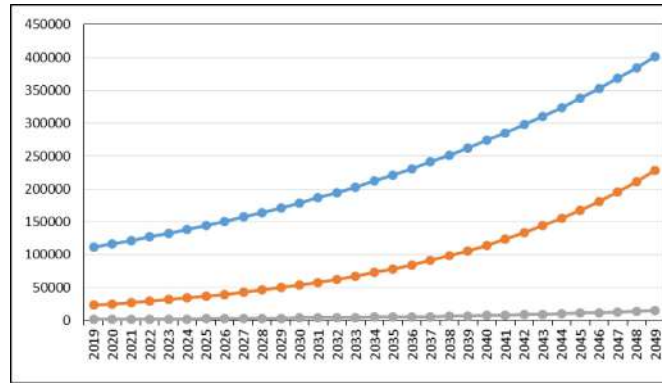
	Nilai
Q	4232
C	6138
Dj	0,69

E. Pertumbuhan Lalu Lintas

Tabel 6. LHRT Jalan Ir. H. Juanda Tangerang Selatan.

Jenis Kendaraan	Qjp (kend/jam)	K	LHRT (kend/hari)
MC	8973	0,08	112163
LV	1847	0,08	23083
HV	118	0,08	1475

Tahap *forecasting* diperlukan data Rata-rata persentase pertumbuhan untuk PDRB ADHK 2010 sebesar 7,93% dan ADHK per Kapita sebesar 4,34% (tangselkota.bps.go.id). Dari data tersebut digunakan untuk *forecasting* volume lalu lintas selama 30 tahun kedepan untuk ruas Jalan Ir. H. Juanda Tangerang Selatan.



Grafik 1. Nilai forecasting LHRT selama 30 tahun kedepan.

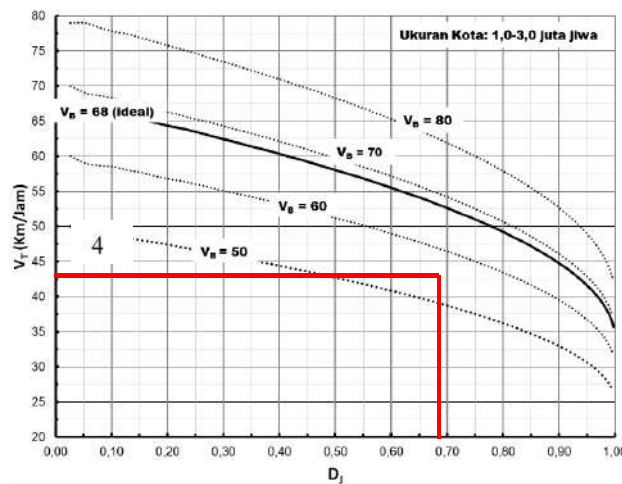
F. Waktu Tempuh

Waktu tempuh didapat dengan membandingkan panjang jalan yang dilalui (L) dengan kecepatan aktual. Untuk mendapatkan kecepatan aktual digunakan grafik hubungan kecepatan arus bebas dengan derajat kejenuhan masing-masing ruas.

$$D_j = 0,69$$

$$V_B = 55,86 \text{ km/jam}$$

$$L = 10 \text{ km}$$



Grafik 2. Hubungan V_T dengan D_j , tipe jalan 4/2 T, 6/2 T.
(Sumber: PKJI 2014)

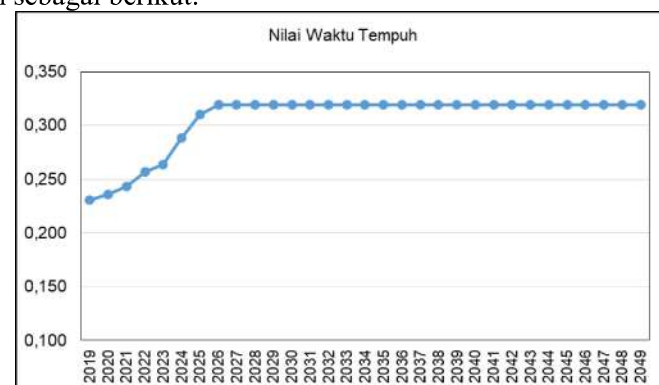
Kecepatan aktual (V_T) yang didapat adalah 43,3 km/jam (*light vehicle*) didapat selanjutnya akan digunakan untuk menghitung *travel time*. Berikut adalah contoh perhitungan *travel time* pada Jl. Ir. H. Juanda Tangerang Selatan:

$$T_t = L : V_t$$

$$= 10 \text{ km} : 43,3 \text{ km/jam}$$

$$= 0,231 \text{ jam}$$

Dengan menggunakan cara perhitungan diatas maka didapatkan rata-rata nilai waktu tempuh untuk setiap tahunnya selama 30 tahun sebagai berikut:



Grafik 3. Nilai waktu tempuh untuk setiap tahunnya selama 30 tahun kedepan.

Biaya Operasional Kendaraan Ringan

Perhitungan komponen BOK dilakukan dengan metode yang dikembangkan oleh Lembaga Afiliasi Penelitian dan Industri Institut Teknik Bandung (LAPI-ITB) dengan Jasa Marga.

Tabel 7. Asumsi komponen BOK.

Item	Nilai	Sumber
Bahan Bakar Pertalite	Rp. 7.650/liter	www.pertamina.com
Harga Oli	Rp. 56.250/liter	www.pelumas.pertamina.com
Harga Ban	Rp. 634.000/ban	www.bridgestone.co.id
Upah Mekanik	Rp. 15.000/jam	
Harga Kendaraan	Rp. 221.250.000	

Tabel 8. Total biaya operasional kendaraan ringan.

Komponen BOK	Biaya
Konsumsi Bahan Bakar	Rp. 730.849 / 1000 km
Konsumsi Minyak Pelumas	Rp. 227.813 / 1000 km
Konsumsi Ban	Rp. 85.662 / 1000 km
Konsumsi Pemeliharaan *)	Rp. 192.204 / 1000 km
Konsumsi Depresiasi *)	Rp. 480.978 / 1000 km
Konsumsi Bunga Modal *)	Rp. 486.750 / 1000 km
Biaya Asuransi *)	Rp. 388.337 / 1000 km
TOTAL	Rp. 2.585,891 / 1000 km
	Rp. 2.585 / km

Nilai Biaya Operasional Kendaraan untuk panjang jalan 10 km dan jenis kendaraan ringan (KR) selama 365 hari (1 tahun) sebagai berikut :

- Panjang jalan = 10 km
- LHRT (LV) = 24.938

$$\begin{aligned} \text{Gol. 1 (KR)} &= \text{Total BOK} \times \text{Panjang Jalan} \times \text{Jumlah Kendaraan} \times 365 \text{ Hari} \\ &= \text{Rp. } 2.585 / \text{km} \times 10 \text{ km} \times 23.084 \times \\ &\quad 365 \text{ Hari} \\ &= \text{Rp. } 217,80 \text{ Miliar/Tahun} \end{aligned}$$

Biaya Operasional Kendaraan Sepeda Motor

Perhitungan komponen BOK dilakukan dengan menggunakan Pedoman Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum pada Tahun 2005.

Tabel 9. Asumsi komponen BOK sepeda motor.

Jenis	Harga	Sumber
Bahan Bakar Pertalite	Rp. 7.650/liter	www.pertamina.com
Pelumas Standar	Rp. 46.500/liter	www.astra-honda.com
Ban Standar	Rp. 165.000/ban	www.astra-honda.com
Upah Mekanik	Rp. 12.000/jam	
Harga Kendaraan	Rp. 20.052.000	

Tabel 10. Total biaya operasional kendaraan sepeda motor.

Komponen BOK	Biaya
Konsumsi Depresiasi *)	Rp. 42,98 / km
Bunga Modal *)	Rp. 44,11 / km
Biaya Asuransi *)	Rp. 35,20 / km
Konsumsi Bahan Bakar	Rp. 246,70 / km
Konsumsi Oli	Rp. 18,61 / km
Konsumsi Suku Cadang *)	Rp. 22,87 / km
Konsumsi Ban	Rp. 9,86 / km
TOTAL	Rp. 420,33 / km

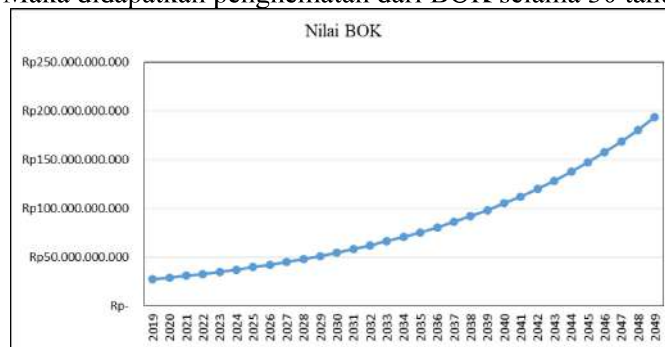
Nilai Biaya Operasional Kendaraan untuk panjang jalan 10 km dan jenis kendaraan sepeda motor (SM) Juanda selama 365 hari (1 tahun) sebagai berikut :

- Panjang jalan = 10 km
 - LHRT (MC) = 120.688
- SM = Total BOK SM × Panjang Jalan × Jumlah Sepeda Motor × 365 Hari
 = Rp. 420,33 / km × 10 km × 112.163 × 365 Hari
 = Rp. 172,08 Miliar/Tahun

Total Biaya Operasional Kendaraan Tahun 2019:

- Total = BOK KR + BOK SM
 = Rp. 217,80 M/Tahun + Rp. 172,08 M/Tahun
 = Rp. 389,88 Miliar/Tahun

Dari hasil perhitungan didapat nilai BOK untuk 100% pengguna kendaraan pribadi, sedangkan pengguna yang beralih ke MRT di asumsikan sebesar 7% dari seluruh nilai BOK sebesar Rp. 27,29 Miliar/Tahun (Review RIPNAS 2018). Maka didapatkan penghematan dari BOK selama 30 tahun adalah sebagai berikut:



Grafik 4. Pertumbuhan nilai BOK untuk setiap tahunnya selama 30 tahun kedepan.

Nilai Waktu

Perhitungan nilai waktu dasar yang digunakan adalah referensi dari PT. Jasa Marga 1990 - 1996 yang disesuaikan dengan tahun sekarang 2019 dengan membandingkan kurs dollar 1996 dengan kurs dollar 2019. Berikut adalah hasil dari perbandingan:

- Kurs 1996 = Rp. 2.383
- Kurs 2019 = Rp. 14.215 / April 2019
- Perbandingan = 5,97

Tabel 11. Penyesuaian nilai waktu dasar.

Golongan	Tahun	
	1996	2019
I	12.287	73.353
II a	18.534	110.648
II b	13.768	82.195

Tabel 12. Penyesuaian nilai waktu minimum.

Golongan	Tahun	
	1996	2019
I	6.000	35.820
II a	9.051	54.035
II b	6.723	40.136

Nilai K didapatkan dari koreksi PDRB per kapita Kota Tangerang Selatan dengan PDRB per kapita DKI Jakarta. Berikut adalah perhitungan koreksi PDRB Kota Tangerang Selatan dengan DKI Jakarta:

- DKI Jakarta
 - PDRB = Rp. 1.537.166 Miliar
 - Jumlah Penduduk= 10.277.600
 - PDRB per Kapita = Rp. 149.564.684
 - Nilai K = 1
- Tangerang Selatan
 - PDRB = Rp. 48.637,38 Miliar
 - Jumlah Penduduk= 1.593.812

- PDRB per Kapita = Rp. 30.516.387
- Nilai K = 0,2

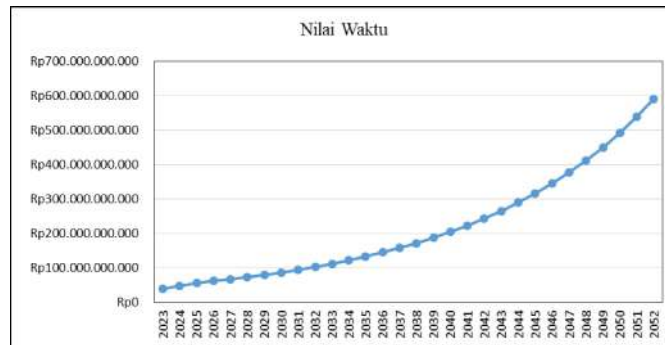
Nilai Waktu = Maksimum $\{(K \times \text{Nilai Waktu Dasar})$
; Nilai Waktu Minimum}

Gol. 1 = Max $\{(0,2 \times 73.353) ; 35.820\}$
= Max $\{14.671 ; 35.820\}$
= Rp. 35.820 /km/hari

Nilai Inflasi yang digunakan adalah rata-rata dari tahun 2015-2019 sebesar 3,51%. Data inflasi didapat dari website resmi Bank Indonesia (www.BI.go.id). Nilai inflasi digunakan untuk memprediksi nilai waktu selama 30 tahun kedepan terhitung dari tahun Mass Rapid Transit rute Lebak Bulus – Tangerang Selatan mulai dioperasionalkan tahun 2023.

Nilai Waktu = Waktu tempuh \times Nilai waktu \times Jumlah Kendaraan/hari \times 365 hari
= $0,264 \times \text{Rp. } 35.820 \times 164.263 \times 365$
= Rp. 566,84 Miliar/Tahun

Dari hasil perhitungan didapat nilai waktu untuk 100% pengguna kendaraan pribadi, sedangkan pengguna yang beralih ke MRT di asumsikan sebesar 7% dari seluruh nilai waktu sebesar Rp. 39,67 Miliar/Tahun (Review RIPNAS 2018). Maka didapatkan penghematan dari Nilai Waktu selama 30 tahun adalah sebagai berikut:



Grafik 5. Pertumbuhan nilai waktu untuk setiap tahunnya selama 30 tahun kedepan.

Benchmarking

Benchmarking digunakan sebagai gambaran untuk menentukan biaya pembangunan perpanjangan jalur *Mass Rapid Transit* rute Lebak Bulus – Tangerang Selatan, dengan menggunakan rata-rata biaya pembangunan MRT di beberapa negara di dunia yang telah berhasil. Hasil dari *benchmarking* yang didapat adalah sebagai berikut:

Tabel 13. *Benchmarking* biaya pembangunan MRT per km.

MRT	Biaya
Copenhagen metro	Rp. 1.523.134.179.806
Marsille line	Rp. 1.289.645.129.320
Victoria line	Rp. 1.376.930.755.670
SMRT trains singapore	Rp. 1.189.266.659.017
Atlanta marta	Rp. 1.920.283.779.698
Rata-rata	Rp. 1.459.852.100.702

Sumber: Flyvbjerg, Dkk. 2008

Kelayakan Ekonomi

Perhitungan kelayakan ekonomi digunakan untuk mengetahui apakah pembangunan *Mass Rapid Transit* rute Lebak Bulus-Tangerang Selatan layak berdasarkan nilai ekonomi dari pengguna jalan atau masyarakat sekitar. Komponen dari analisis ekonomi diantaranya adalah biaya yang terdiri dari *capital expenses* yang didapat dari *benchmarking* dan *operational maintenance* yang didapat dari data sekunder sedangkan manfaat yang terdiri dari biaya operasional kendaraan, nilai waktu yang didapat dari hasil analisis, dan penjualan tiket yang didapat dari data sekunder. Pembangunan di asumsikan selama 4 tahun dimulai tahun 2019 sampai tahun 2022. Berikut ini merupakan tabel *Net Economic Benefit* terdiri dari *cost*, *benefit*, dan *revenue*:

Tabel 14. Data pendukung.

	Komponen	Nilai
Cost	Capex (km/tahun)	Rp. 1.459,85 Miliar
	O&M (km/tahun)	Rp. 639,85 Juta
Benefit	BOK (Tahun)	Rp. 34,96 Miliar
	Nilai Waktu (Tahun)	Rp. 39,67 Miliar
Revenue	Tarif 2019	Rp. 13.000/Orang
	Demand 2019	47.991.804/Tahun

Tabel 15. Net economic benefit

Tahun	Total Cost		Total Benefit		Revenue			Net Economic Benefit
	Capex	O&M	BOK	Nilai Waktu	Demand (per Tahun)	Tarif Tiket	Total	
2019	-Rp 3.795.615.461.826				47.991.804	Rp 13.000		-Rp 3.795.615.461.826
2020	-Rp 3.503.645.041.685				49.968.916	Rp 13.000		-Rp 3.503.645.041.685
2021	-Rp 4.379.556.302.107				52.119.630	Rp 13.000		-Rp 4.379.556.302.107
2022	-Rp 2.919.704.201.404				54.462.930	Rp 13.650		-Rp 2.919.704.201.404
2023		-Rp 6.398.500.000	Rp 34.965.270.719	Rp 39.679.347.431	57.020.049	Rp 13.650	Rp 741.260.630.551	Rp 809.506.748.701
2024		-Rp 6.462.485.000	Rp 37.225.473.693	Rp 47.098.359.212	59.814.737	Rp 13.650	Rp 816.471.165.802	Rp 894.332.513.707
2025		-Rp 6.529.378.182	Rp 39.642.666.397	Rp 55.114.673.344	62.873.575	Rp 14.333	Rp 901.135.513.531	Rp 989.363.475.090
2026		-Rp 6.599.336.030	Rp 42.228.332.712	Rp 61.770.979.207	66.226.314	Rp 14.333	Rp 949.188.642.152	Rp 1.046.588.618.040
2027		-Rp 6.672.525.259	Rp 44.994.825.290	Rp 67.188.901.040	69.906.270	Rp 14.333	Rp 1.001.931.613.064	Rp 1.107.442.814.135
2028		-Rp 6.749.123.617	Rp 47.955.432.632	Rp 73.096.021.972	73.950.761	Rp 15.049	Rp 1.112.894.249.543	Rp 1.227.196.580.531
2029		-Rp 6.829.320.765	Rp 51.124.451.405	Rp 79.538.009.308	78.401.601	Rp 15.049	Rp 1.179.875.487.522	Rp 1.303.708.627.470
2030		-Rp 6.913.319.233	Rp 54.517.264.405	Rp 86.564.948.830	83.305.650	Rp 15.049	Rp 1.253.677.146.568	Rp 1.387.846.040.571
2031		-Rp 7.001.335.464	Rp 58.150.424.626	Rp 94.231.787.918	88.715.447	Rp 15.802	Rp 1.401.844.347.947	Rp 1.547.225.225.027
2032		-Rp 7.093.600.968	Rp 62.041.745.899	Rp 102.598.824.608	94.689.904	Rp 15.802	Rp 1.496.250.218.713	Rp 1.653.797.188.252
2033		-Rp 7.190.363.568	Rp 66.210.400.627	Rp 111.732.247.519	101.295.104	Rp 15.802	Rp 1.600.622.808.490	Rp 1.771.375.093.067
2034		-Rp 7.291.888.788	Rp 70.677.025.177	Rp 121.704.732.072	108.605.185	Rp 16.592	Rp 1.801.940.338.429	Rp 1.987.030.206.890
2035		-Rp 7.398.461.356	Rp 75.463.833.520	Rp 132.596.099.058	116.703.352	Rp 16.592	Rp 1.936.302.374.939	Rp 2.136.963.846.161
2036		-Rp 7.510.386.874	Rp 80.594.739.783	Rp 144.494.042.242	125.683.000	Rp 16.592	Rp 2.085.289.649.283	Rp 2.302.868.044.435
2037		-Rp 7.627.993.643	Rp 86.095.490.407	Rp 157.494.932.457	135.648.992	Rp 17.421	Rp 2.363.174.093.084	Rp 2.599.136.522.304
2038		-Rp 7.751.634.681	Rp 91.993.806.663	Rp 171.704.706.440	146.719.089	Rp 17.421	Rp 2.556.028.951.066	Rp 2.811.975.829.488
2039		-Rp 7.881.689.942	Rp 98.319.538.362	Rp 187.239.849.582	159.025.573	Rp 17.421	Rp 2.770.423.200.725	Rp 3.048.100.898.728
2040		-Rp 8.018.568.772	Rp 105.104.829.616	Rp 204.228.482.787	172.717.065	Rp 18.292	Rp 3.159.393.315.652	Rp 3.460.708.059.283
2041		-Rp 8.162.712.618	Rp 112.384.297.618	Rp 222.811.564.735	187.960.583	Rp 18.292	Rp 3.438.232.399.733	Rp 3.765.265.549.468
2042		-Rp 8.314.598.029	Rp 120.195.225.459	Rp 243.144.222.145	204.943.857	Rp 18.292	Rp 3.748.895.646.330	Rp 4.103.920.495.905
2043		-Rp 8.474.739.982	Rp 128.577.770.100	Rp 265.397.221.972	223.877.947	Rp 19.207	Rp 4.300.005.987.595	Rp 4.685.506.239.685
2044		-Rp 8.643.695.568	Rp 137.575.186.677	Rp 289.758.601.089	245.000.186	Rp 19.207	Rp 4.705.699.152.454	Rp 5.124.389.244.653
2045		-Rp 8.822.068.086	Rp 147.234.070.442	Rp 316.435.470.675	268.577.510	Rp 19.207	Rp 5.158.546.952.724	Rp 5.613.394.425.755
2046		-Rp 9.010.511.600	Rp 157.604.617.732	Rp 345.656.014.497	294.910.213	Rp 20.167	Rp 5.947.532.954.299	Rp 6.441.783.074.928
2047		-Rp 9.209.736.009	Rp 168.740.907.452	Rp 377.671.702.408	324.336.183	Rp 20.167	Rp 6.540.974.342.590	Rp 7.078.177.216.442
2048		-Rp 9.420.512.702	Rp 180.701.204.717	Rp 412.759.742.740	357.235.686	Rp 20.167	Rp 7.204.467.387.475	Rp 7.788.507.822.230
2049		-Rp 9.643.680.873	Rp 193.548.288.374	Rp 451.225.799.977	394.036.766	Rp 21.176	Rp 8.343.976.830.612	Rp 8.979.107.238.090
2050		-Rp 9.880.154.577	Rp 207.349.804.316	Rp 493.407.006.999	433.312.438	Rp 21.176	Rp 9.175.663.930.184	Rp 9.866.540.586.922
2051		-Rp 10.130.930.635	Rp 222.178.646.603	Rp 539.675.304.526	477.447.551	Rp 21.176	Rp10.110.252.764.929	Rp 10.861.975.785.423
2052		-Rp 10.397.097.496	Rp 238.113.368.606	Rp 590.441.144.027	527.050.851	Rp 22.234	Rp11.718.665.589.280	Rp 12.536.823.004.417

*) Asumsi kenaikan tarif 5% setiap 3 tahun

Dimana berdasarkan tabel di atas didapat nilai *Net Present Value* dan nilai *Internal Rate of Return* selama 30 tahun, sebagai berikut:

Tabel 16. Net Present Value dan Internal Rate of Return.

30 Tahun	
NPV	Rp16.374.465.163.076
IRR	11%

Dari hasil perhitungan kelayakan ekonomi didapat nilai *Net Present Value* sebesar Rp. 16.374,46 Miliar ($NPV > 0$) menghasilkan nilai NPV positif dan hasil *Internal Rate of Return* adalah sebesar 11% lebih besar dari suku bunga Bank Indonesia (6%). Berdasarkan nilai NPV dan IRR yang diperoleh selama 30 tahun, maka proyek perpanjangan jalur *Mass Rapid Transit* rute Lebak Bulus-Tangerang Selatan disimpulkan layak secara ekonomi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa manfaat sosial yang dapat dirasakan oleh masyarakat sekitar adalah penghematan Biaya Operasional Kendaraan sebesar Rp. 34,96 Miliar/Tahun dan penghematan Nilai Waktu sebesar Rp. 39,67 Miliar/Tahun pada tahun 2023 atau terhitung sejak MRT dapat digunakan. dengan asumsi pengguna jalan yang beralih dari kendaraan pribadi ke transportasi umum *Mass Rapid Transit* sebesar 7% (Review Ripnas 2018), sedangkan hasil perhitungan kelayakan ekonomi didapatkan nilai *Net Present Value* sebesar Rp. 16.374,46 Miliar ($NPV > 0$) menghasilkan nilai NPV positif dan *Internal Rate of Return* sebesar 11% lebih besar dari suku bunga Bank Indonesia (6%). Berdasarkan nilai NPV dan IRR yang diperoleh selama 30 tahun, maka proyek perpanjangan jalur *Mass Rapid Transit* rute Lebak Bulus-Tangerang Selatan dapat disimpulkan “LAYAK” secara ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreas, A., Rahman, H. Z., Puspito, I. H., Perwitasari, D., Petroceany, J. S., & Nurhadi, A. Y. (2017).
Arifin, Z., & Khairunnisa, R. *Rekayasa Sipil*, Vol. 7 No. 1.(2018).
Departemen Pekerjaan Umum. *Pedoman Konstruksi dan Bangunan (Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1 : Biaya Tidak Tetap)*. (2005).
Dr. Dermawan Sjahrial, M. M. *Manajemen Keuangan Edisi 2*. Jakarta: Mitra Wacana Media. (2008).
Kementrian Pekerjaan Umum. *Pedoman Bahan Konstruksi dan Rekayasa Sipil (Kapasitas Jalan Perkotaan)*. (2014).
Kermite, A. B., Timboeleng, J. A., & Kaseke, O. H. (2015).
Lumba, P. *Jurnal Aptek* Vol. 5 No. 2. (2013).
Lumowa, B. C., Rompis, S. Y., & Manoppo, M. R. *Jurnal Sipil Statik* Vol.6 No.12. (2018).
Directorate General Bina Marga. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. (1997).
Nazariani, Anggraini, R., & Isya, M. (2017).
Peraturan Gubernur DKI Jakarta. *Tarif Angkutan Perkeretaapian Mass Rapid Transit dan Kereta Api Ringan / Light Rail Transit*. Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta No.34 Tahun 2019. (2019).
Peraturan Presiden (2018). *Rencana Induk Transportasi Jabodetabek Tahun 2018 - 2029*. Peraturan Presiden No. 55 Tahun 2018.
Petamis, A. G., Syafaruddin, & Kadarini, S. N. (2015).
Tamin, O. Z. *Perencanaan, Pemodelan, dan Rekayasa Transportasi*. Bandung: ITB. (2008).

ANALISA POTENSI MODA TRANSPORTASI BERBASIS REL DI KOTA BANDA ACEH

Ido Damar Persada¹, Herawati Zetha R², dan Azaria Andreas³

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

³Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK

Banda Aceh merupakan Ibukota Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam, Indonesia. Kota ini berhasil berkembang menjadi pusat roda perekonomian di Provinsi Aceh, hal ini menimbulkan bangkitan dan tarikan perjalanan yang berimplikasi pada peningkatan volume lalu lintas, derajat kejenuhan, serta konflik lalu lintas menerus dan lokal. Untuk itu diperlukan suatu perencanaan transportasi yang baik agar menunjang peningkatan pergerakan tersebut. Salah satu jenis transportasi umum yang direkomendasikan untuk menunjang pergerakan tersebut yaitu kereta api, hal ini berkaitan dengan Rencana Induk Perkeretaapian Nasional tahun 2018 bahwa jaringan dan layanan transportasi kereta api perkotaan di wilayah Kota Banda Aceh dan sekitarnya akan dilakukan pada periode 2020-2024 dan sesuai dengan Peraturan Gubernur Aceh tentang Rencana Induk Perkeretaapian Aceh. Diperlukan adanya penelitian mengenai potensi masyarakat terhadap transportasi umum kereta api. Tujuan penelitian ini adalah memberi rekomendasi jenis kereta api perkotaan yang tepat agar dapat memenuhi *demand* masyarakat Kota Banda Aceh terhadap transportasi umum kereta api. Analisa yang digunakan yaitu Analisis Regresi Linier dengan sebaran pergerakan menggunakan metode *furness* dan Analisa Multikriteria (AMK) sederhana dengan membandingkan kapasitas, jumlah perjalanan, dan biaya. Data yang digunakan untuk proses analisa tersebut adalah data sekunder yang diperoleh dari beberapa sumber. Hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil model bangkitan pergerakan penumpang adalah $Y = 723060,6652 + 32,14447245 \times \text{Jumlah Penduduk}$ dan untuk tarikan pergerakan penumpang adalah $Y = -1611613,585 + 45,52582127 \times \text{Jumlah Penduduk}$. Pada tahun awal proyeksi operasional kereta api perkotaan di Kota Banda Aceh penumpang kereta api sebesar 4.953 penumpang per hari. Untuk mendukung tingginya pergerakan tersebut jenis kereta api perkotaan yang direkomendasikan berdasarkan Analisis Multikriteria sederhana yang telah dilakukan dan dengan membandingkan pro dan kontra masing-masing moda maka kereta api jenis *Aeromovel* merupakan jenis kereta api perkotaan yang efisien digunakan di Kota Banda Aceh.

Kata Kunci : Bangkitan dan Tarikan, Regresi Linier, *Furness*, Analisis Multikriteria, Kereta Api Perkotaan

PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari BPS (Badan Pusat Statistik) Provinsi Aceh menyatakan bahwa perekonomian di Kota Banda Aceh selama beberapa tahun terakhir terus mengalami kenaikan, pada tahun 2010 hingga 2016 PDRB mengalami kenaikan sebesar 960 juta rupiah per tahun. Hal ini menarik perhatian masyarakat di luar Kota Banda Aceh untuk ikut andil berperan dalam meningkatkan perekonomian tersebut dan memperbaiki kualitas hidup dengan cara bekerja maupun tinggal di Kota Banda Aceh. Tercatat penduduk Kota Banda Aceh pada tahun yang sama mengalami kenaikan sebesar 4.968 jiwa. Sehingga mobilitas masyarakat dan pergerakan arus lalu lintas di jalan raya mengalami kenaikan. PDRB (Produk Regional Domestik Bruto) di Kota Banda Aceh yang terus mengalami kenaikan berpotensi menimbulkan naiknya tingkat kepemilikan kendaraan pribadi masyarakat jika tidak diimbangi dengan transportasi umum yang memadai. Minimnya transportasi umum berbasis rel di Kota Banda Aceh juga perlu perhatian khusus karena banyak keunggulan yang dimiliki oleh transportasi umum kereta api. Sesuai dengan RIPNAS (Rencana Induk Perkeretaapian Nasional) tahun 2019 dan Peraturan Gubernur Aceh tentang Rencana Induk Perkeretaapian di Kota Banda Aceh maka akan dibangun transportasi umum berbasis rel di Kota Banda Aceh yang direncanakan dibangun tahun 2019 hingga tahun 2024 untuk mendukung pergerakan perekonomian dan mendukung mobilitas masyarakat yang tinggi serta menciptakan transportasi umum yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi *demand* masyarakat Kota Banda Aceh terhadap transportasi umum kereta api menggunakan teknik analisa

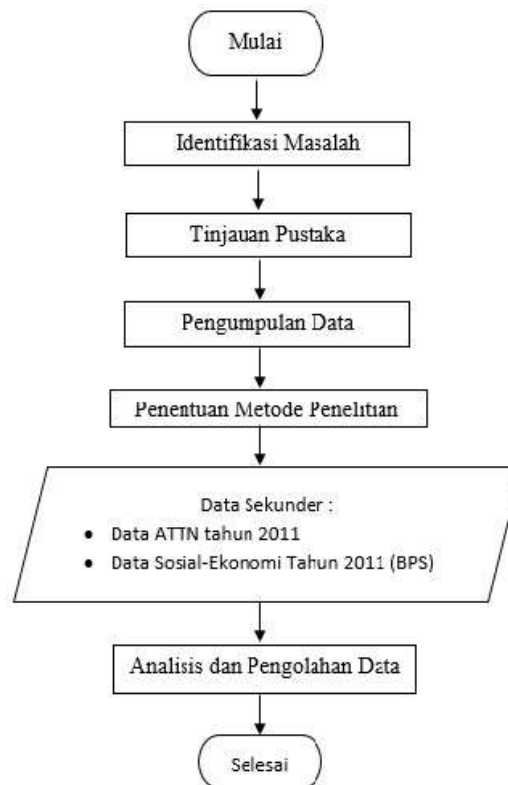
regresi linier dan menentukan jenis kereta api perkotaan yang efisien digunakan untuk Kota Banda Aceh menggunakan teknik analisa multikriteria.

METODE

Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan jenis pendekatan kuantitatif dan analisa deskriptif. Metode penelitian kuantitatif merupakan salah satu jenis penelitian yang spesifikasinya adalah sistematis, terencana, dan terstruktur dengan jelas (Sugiyono 2013). Analisa deskriptif merupakan teknik analisa yang digunakan untuk menilai karakteristik dari sebuah data. Analisa deksriptif yang digunakan menggunakan metode analisis multikriteria.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir

Lokasi penelitian ini terletak pada Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar karena nantinya jalur kereta api yang dibangun akan menghubungkan Pelabuhan Ulee Lheue dan Bandara Sultan Iskandar Muda. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data-data tersebut di dapat dari Balitbang Kemenhub dan BPS daerah setempat yang berkaitan dengan penelitian. Data-data yang digunakan yaitu data ATTN tahun 2011 (Asal Tujuan Transportasi Nasional) dan Data Sosial-Ekonomi. Untuk data sosial ekonomi yang digunakan yaitu data mulai dari tahun 2011 hingga tahun 2018 yang nantinya akan diambil laju pertumbuhan dari data tersebut sebagai proyeksi nilai bangkitan dan tarikan pergerakan di masa yang akan datang. Adapun beberapa tahapan dalam penelitian ini yaitu :

- Menyusun Matriks Asal Tujuan

Menurut (Tamin, 2000), Matriks Asal Tujuan adalah matriks yang berisi tentang pergerakan kendaraan dari suatu daerah. Baris disini merupakan zona asal dan kolom merupakan zona tujuan. Untuk Penetapan zona asal dan tujuan berdasarkan data dari ATTN. Matriks asal tujuan sering digunakan oleh para perencana transportasi untuk menggambarkan pergerakan dari satu zona ke zona yang lainnya.

Tabel 1. Matriks Asal Tujuan

Zona	1	2	3	...	n	O_i
1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	...	T_{1n}	O_1

2	T ₂₁	T ₂₃	T ₂₃	...	T _{2n}	O ₂
3	T ₃₁	T ₃₂	T ₃₃	...	T _{3n}	O ₃
...
N	T _{n1}			...		
Dd	T ₁	T ₂	T ₃	...	T _n	T

Keterangan :

- T_{id} = Pergerakan dari zona asal i ke zona tujuan d
- O_i = Jumlah pergerakan yang berasal dari zona asal
- Dd = Jumlah pergerakan yang menuju ke zona tujuan
- n = Banyaknya data
- T = Total matriks

- Mencari Nilai Korelasi

Analisis korelasi adalah alat statistik yang dapat digunakan untuk mengetahui derajat hubungan linier antara satu variabel dengan variabel yang lain. Variabel-variabel yang telah dikumpulkan dipilih yang mempunyai nilai korelasi terbesar dengan nilai bangkitan dan tarikan pergerakan yang didapat setelah menyusun MAT.

- Melakukan Analisis Regresi Linier

Suatu teknik yang menghasilkan persamaan untuk memproyeksikan suatu nilai di masa yang akan datang, dibagi menjadi :

1. Regresi Linier Sederhana

Analisis regresi yang melibatkan hubungan antara satu variabel tak bebas dihubungkan dengan satu variabel bebas. Dengan persamaan umum :

$$Y = a + b X \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

- Y = Variabel tidak bebas
- X = Variabel bebas
- a = Konstanta regresi
- b = Koefisien regresi

2. Regresi Linier Berganda

Pada regresi linier berganda terdapat lebih dari dua variabel, satu variabel terikat, dan lebih dari satu untuk variabel bebas. Bentuk umum persamaan sebagai berikut :

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_zx_z \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

- Y = Variabel tidak bebas
- a = Konstanta regresi
- x₁... x_z = Variabel bebas
- b₁...b_z = Koefisien regresi

- Proyeksi Bangkitan dan Tarikan

Persamaan yang digunakan dari hasil analisis regresi digunakan untuk memproyeksikan nilai bangkitan dan tarikan pergerakan di masa yang akan datang.

- Sebaran Pergerakan

Sebaran pergerakan dilakukan pada nilai bangkitan dan tarikan pergerakan penumpang. Hal ini untuk mengetahui pergerakan di masing-masing zona. Metode yang digunakan adalah metode *furnes*. Pada metode ini, sebaran pergerakan pada saat sekarang diulangi ke total pergerakan pada masa mendatang secara bergantian antara total penjumlahan pergerakan (baris dan kolom), secara matematis, metoda *Furness* dapat dinyatakan pada rumus berikut :

$$T_{id} = t_{id} \cdot E_i \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

- T_{id} = Jumlah pergerakan dari zona i ke zona d pada masa yang akan datang
- t_{id} = Jumlah pergerakan dari zona i ke zona d pada saat sekarang
- E = Faktor pertumbuhan

- Merekomendasikan Jenis Kereta Api

Untuk memberikan rekomendasi jenis kereta api yang efisien pada Kota Banda Aceh digunakan teknik Analisis MultiKriteria, yaitu sebuah cara pengambilan keputusan dan sebuah alat matematis yang memungkinkan perbandingan dari berbagai alternatif atau skenario berdasarkan banyak kriteria,

seringkali konflik, dengan tujuan memberi petunjuk pada pengambil keputusan untuk mengambil tindakan yang adil/objektif (Mousseau, 2007).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penetapan Zona

Analisa penetapan zona diperlukan untuk mengklasifikasikan antara zona internal dan zona eksternal. Adapun zona internal sendiri merupakan zona yang berada di dalam kawasan wilayah kajian dan zona eksternal sendiri merupakan zona yang berada diluar kawasan kajian. Kedua zona ini mempunyai pengaruh terhadap pergerakan di wilayah kajian. Data pergerakan terhadap wilayah kajian sendiri bisa didapatkan dari data Asal Tujuan Transportasi Nasional (ATTN). Untuk wilayah kajian sendiri merupakan Kota Banda Aceh dan Kab. Aceh Besar maka semua pergerakan yang menuju maupun ke luar dari wilayah kajian tercatat dalam data ATTN tersebut. Berikut pembagian zona dan wilayah berdasarkan pergerakan data dari ATTN dan ditampilkan dalam bentuk tabel :

Tabel 2. Pembagian Zona

Zona	No	Daerah	Keterangan
Internal	1	Banda Aceh	Meliputi seluruh Kota Wilayah Banda Aceh
	2	Aceh Besar	Meliputi seluruh Kota Wilayah Aceh Besar
Eksternal	3	Kab/Kota Lain di Aceh	Meliputi seluruh Kabupaten/Kota di Provinsi Aceh selain Banda Aceh dan Aceh Besar
	4	Provinsi Sumatera	Meliputi Sumatera Utara, Sumatera Barat, Sumatera Selatan, Riau, Jambi, Bengkulu, Lampung, dan Kep. Bangka Belitung
	5	Pulau Jawa	Meliputi DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Timur, Jawa Tengah, D.I Yogyakarta, dan Banten
	6	Bali-Nusa Tenggara	Meliputi Bali, Nusa Tenggara Timur, dan Nusa Tenggara Barat
	7	Sulawesi	Meliputi Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Selatan, Tenggara dan Gorontalo
	8	Kalimantan	Meliputi Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur dan Kalimantan Barat
	9	Maluku	Meliputi Maluku dan Maluku Utara
	10	Papua	Meliputi Papua dan Papua Barat

Data Pergerakan Penumpang

Setelah melakukan analisa penetapan zona dan didapatkan hasil seperti tabel di atas maka disusun ke dalam matriks asal tujuan (MAT) untuk nilai pergerakan penumpang pada masing-masing zona dan daerah. Kemudian untuk hasil dari matriks asal tujuan tersebut didapatkan data bangkitan dan tarikan pergerakan penumpang pada tiap-tiap daerah maka ditampilkan dalam bentuk tabel seperti berikut :

Tabel 3. Bangkitan dan Tarikan Penumpang tahun 2011

No	Kota/Kab	Bangkitan	Tarikan
1	Banda Aceh	8.070.066	14.729.470
2	Aceh Besar	12.261.030	116.831.073
3	Kab/Kota Lain di Aceh	106.406.712	460.271.986
4	Provinsi Sumatera	470.892.078	489.413.331
5	Pulau Jawa	703.589.118	142.006.439
6	Bali-Nusa Tenggara	73.543.536	136.449.020
7	Sulawesi	76.927.250	138.469.266
8	Kalimantan	65.762.505	15.530.186
9	Maluku	9.277.246	11.019.515
10	Papua	6.784.604	1.533.514.145

Korelasi Antar Variabel

Nilai korelasi yang besar antar variabel satu dengan variabel yang lain menyatakan bahwa variabel tersebut mempunyai pengaruh besar terhadap proyeksi pergerakan penumpang di masa yang akan datang. Setelah dilakukan analisa terhadap variabel-variabel yang digunakan maka didapatkan hasil dari nilai korelasi tiap variabel dan ditampilkan dalam tabel berikut :

Tabel 4. Hasil Korelasi Antar Variabel

	Bangkitan	Tarikan	Jumlah Penduduk	PDRB ADHB	PDRB ADHK	PDRB ADHB Perkapita	PDRB ADHK Perkapita
Bangkitan	1						
Tarikan	-0,056	1					
Jumlah Penduduk	0,954	0,805	1				
PDRB ADHB	0,751	-0,096	0,998	1			
PDRB ADHK	0,754	-0,097	0,997	0,089	1		
PDRB ADHB Perkapita	-0,012	0,764	0,051	0,077	0,080	1	
PDRB ADHK Perkapita	-0,003	0,736	0,059	0,087	0,090	0,998	1

Persamaan Regresi Linier

Analisa regresi linier dilakukan dengan menggunakan variabel-variabel data yang telah di analisa korelasi nya terhadap nilai bangkitan dan tarikan pergerakan penumpang dan hasil dari analisa regresi linier sendiri memunculkan beberapa persamaan-persamaan berdasarkan analisa terhadap masing-masing variabel. Persamaan-persamaan yang dihasilkan mempunyai nilai R² yang berbeda-beda baik dari persamaan bangkitan maupun tarikan dan nantinya akan dipilih nilai R² yang terbesar dari persamaan bangkitan dan tarikan pergerakan penumpang. Berikut merupakan tabel hasil analisa regresi linier:

Tabel 5. Persamaan Regresi Multi Linier Bangkitan Penumpang

No	Perbandingan	Persamaan	R ²
1	Bangkitan vs Jumlah Penduduk vs ADHK vs ADHB	$(-3954558,20820546)+(13,9100396394964*X1)+(-2,84494221756532E-06*X2)+(0,0000023483626023775*X3)$	0,921
2	Bangkitan vs Jumlah Penduduk	$723060,6652+(32,14447245*X1)$	0,965
3	Bangkitan vs ADHK	$26175783,4743573+(1,74105227916515E-07*X1)$	0,703
4	Bangkitan vs ADHB	$24751187,2321249+(1,6395604824755E-07*X1)$	0,725
5	Bangkitan vs Jumlah Penduduk vs ADHK	$20260179,0089363+(5,8975229495565*X1)+(-4,61630472288791E-08*X2)$	0,853
6	Bangkitan vs Jumlah Penduduk vs ADHB	$22361641,092964+(3,04896573872704*X1)+(5,70529346226659E-08*X2)$	0,865
7	Bangkitan vs ADHK vs ADHB	$16050263,8917491+(-1,39033121045049E-06*X1)+(1,46982935333739E-06*X2)$	0,793

Tabel 6. Persamaan Regresi Multi Linier Tarikan Penumpang

No	Perbandingan	Persamaan	R ²
----	--------------	-----------	----------------

1	Tarikan vs Jumlah Penduduk vs ADHK vs ADHB	$21039724,458375+(18,9440663132563*X1)+(-4,55464716337681E-06*X2)+(3,72716815906367E-06*X3)$	0,870
2	Tarikan vs Jumlah Penduduk	$-1611613,585+(45,52582127*X1)$	0,958
3	Tarikan vs ADHK	$65717991,8907732+(1,19971388321721E-07*X1)$	0,758
4	Tarikan vs ADHB	$64390372,120336+(1,13418936069479E-07*X1)$	0,768
5	Tarikakn vs Jumlah Penduduk vs ADHK	$59471778,1133133+(6,22712172792032*X1)+(-1,12607166075013E-07*X2)$	0,770
6	Tarikan vs Jumlah Penduduk vs ADHB	$63170985,2473917+(1,55588910250801*X1)+(5,88662110583486E-08*X2)$	0,769
7	Tarikan vs ADHK vs ADHB	$48284267,6996729+(-2,57361417620026E-06*X1)+(2,53069478015538E-06*X2)$	0,795

Berdasarkan persamaan-persamaan yang telah dihasilkan maka dipilih yang mempunyai nilai R² yang terbesar. Maka dari itu persamaan regresi multi linier yang digunakan untuk prediksi bangkitan dan tarikan pergerakan penumpang yaitu :

- Bangkitan penumpang (orang/tahun) = 723060,6652 + (32,14447245 x Jumlah Penduduk) dengan nilai R² = 0,965
- Tarikan penumpang (orang/tahun) = -1611613,585 + (45,52582127 x Jumlah Penduduk) dengan nilai R² = 0,958

Setelah didapatkan persamaan di atas maka dilakukan proyeksi nilai bangkitan dan tarikan pergerakan penumpang untuk masa yang akan datang dan disusun dalam bentuk tabel matriks asal tujuan (MAT) dengan menggunakan metode *furness*.

Tabel 7. Proyeksi Bangkitan dan Tarikan Penumpang (orang/tahun)

No	Zona	2019		2024		2034		2049	
		Bangkitan	Tarikan	Bangkitan	Bangkitan	Tarikan	Tarikan	Bangkitan	Tarikan
1	Banda Aceh	9.452.941	10.751.824	12.716.293	17.106.221	22.853.023	15.674.679	17.106.221	22.853.023
2	Aceh Besar	14.101.960	17.338.047	18.331.183	23.828.764	31.955.779	23.538.281	23.828.764	31.955.779
3	Kab/Kota Lain di Aceh	120.993.865	132.691.522	154.273.497	197.255.192	215.110.352	168.755.636	197.255.192	215.110.352
4	Provinsi Sumatera	544.256.787	510.170.894	714.924.472	940.620.987	750.637.918	618.807.161	940.620.987	750.637.918
5	Pulau Jawa	793.207.801	569.713.669	995.621.766	1.254.008.698	1.007.158.146	757.486.053	1.254.008.698	1.007.158.146
6	Bali-Nusa Tenggara	84.354.613	158.101.754	109.350.558	142.190.955	236.489.630	193.361.800	142.190.955	236.489.630
7	Sulawesi	88.278.719	151.314.611	114.538.053	149.061.700	223.003.671	183.693.132	149.061.700	223.003.671
8	Kalimantan	74.674.911	166.342.928	94.935.576	120.972.156	330.905.490	234.613.241	120.972.156	330.905.490
9	Maluku	10.482.413	18.167.476	13.207.611	16.688.646	32.714.287	24.379.003	16.688.646	32.714.287
10	Papua	7.679.491	12.890.777	9.708.059	12.307.220	23.212.243	17.298.083	12.307.220	23.212.243

Tabel 8. Proyeksi Matriks Asal Tujuan Penumpang Tahun 2019 (orang/tahun)

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Oi
1	-	58.488	1.449.736	3.068.915	4.022.759	243.350	172.236	380.743	40.199	16.515	9.452.941
2	62.843	-	1.110.967	687.170	12.024.378	49.558	71.245	80.389	8.194	7.216	14.101.960
3	1.502.657	1.077.693	-	54.647.636	50.635.532	2.988.985	4.285.861	4.944.438	483.927	427.137	120.993.865
4	3.844.562	797.408	65.367.225	-	400.147.819	16.949.251	22.451.152	30.326.854	2.394.350	1.978.166	544.256.787
5	4.942.110	15.331.298	60.144.320	405.426.918	-	106.281.046	84.129.832	103.800.238	7.364.142	5.787.896	793.207.801

6	100.434	17.095	1.063.511	10.719.730	36.393.994	-	21.412.570	12.224.825	1.400.893	1.021.561	84.354.613
7	139.850	26.424	1.639.700	15.372.542	30.356.229	19.146.140	-	13.234.962	5.476.930	2.885.942	88.278.719
8	132.122	25.239	1.601.712	17.603.768	31.928.207	10.876.280	11.233.099	-	748.581	525.904	74.674.911
9	14.398	2.718	166.130	1.437.664	2.320.568	593.042	4.914.715	792.610	-	240.568	10.482.413
10	12.831	2.406	146.779	1.226.511	1.855.320	978.191	2.646.183	560.845	250.425	-	7.679.491
Dd	10.751.824	17.338.047	132.691.522	510.170.894	569.713.669	158.101.754	151.314.611	166.342.928	18.167.476	12.890.777	

Tabel 9. Proyeksi Matriks Asal Tujuan Penumpang Tahun 2024 (orang/tahun)

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Oi
1	-	65.672	1.596.442	3.318.924	4.506.413	264.098	186.547	433.505	45.035	18.501	9.452.941
2	70.772	-	1.195.553	726.239	13.163.547	52.559	75.409	89.446	8.971	7.900	14.101.960
3	1.703.912	1.190.632	-	58.151.040	55.813.077	3.191.766	4.567.468	5.539.274	533.454	470.829	120.993.865
4	4.346.773	878.023	70.589.601	-	439.586.089	18.038.513	23.846.190	33.861.503	2.630.557	2.173.211	544.256.787
5	5.616.667	16.982.858	65.340.427	432.561.892	-	113.792.258	89.895.315	116.596.062	8.139.335	6.396.856	793.207.801
6	113.840	18.877	1.151.746	11.401.100	40.094.715	-	22.807.783	13.688.487	1.543.473	1.125.479	84.354.613
7	158.543	29.187	1.776.243	16.354.293	33.452.485	20.440.360	-	14.823.769	6.036.072	3.180.415	88.278.719
8	149.914	27.900	1.736.489	18.743.115	35.213.171	11.620.846	11.978.076	-	825.669	580.033	74.674.911
9	16.336	3.005	180.121	1.530.811	2.559.488	633.682	5.240.999	888.534	-	265.346	10.482.413
10	14.558	2.660	159.147	1.306.029	2.046.419	1.045.265	2.821.971	628.744	276.243	-	7.679.491
Dd	12.191.326	19.198.104	143.727.051	544.074.658	626.462.975	169.075.457	161.417.572	186.546.322	20.038.645	14.218.443	

Tabel 10. Proyeksi Matriks Asal Tujuan Penumpang Tahun 2034 (orang/tahun)

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Oi
1	-	92.800	2.130.661	4.191.005	6.321.691	336.969	236.587	638.674	63.211	25.964	12.716.293
2	101.045	-	1.491.333	857.127	17.259.162	62.678	89.386	123.166	11.768	10.362	18.331.183
3	2.483.632	1.605.222	-	70.059.304	74.700.874	3.885.467	5.526.676	7.786.194	714.371	630.409	154.273.497
4	6.284.406	1.172.756	89.049.902	-	582.877.926	21.754.885	28.585.872	47.154.429	3.489.947	2.882.735	714.924.472
5	8.243.783	23.083.780	83.882.053	525.405.855	-	139.657.143	109.663.946	165.232.132	10.988.906	8.635.029	995.621.766
6	165.761	25.416	1.464.663	13.717.892	53.593.128	-	27.561.562	19.215.869	2.064.232	1.504.973	109.350.558
7	230.967	39.331	2.260.683	19.693.768	44.751.419	24.870.778	-	20.826.661	8.079.236	4.256.292	114.538.053
8	218.975	37.686	2.215.387	22.624.489	47.219.734	14.173.547	14.521.258	-	1.107.801	778.108	94.935.576
9	23.854	4.060	229.836	1.848.138	3.432.789	773.014	6.354.873	1.251.557	-	356.021	13.207.611
10	21.261	3.594	203.093	1.576.919	2.744.937	1.275.224	3.422.072	885.716	370.737	-	9.708.059
Dd	17.773.684	26.064.646	182.927.611	659.974.496	832.901.661	206.789.705	195.962.232	263.114.396	26.890.211	19.079.894	

Tabel 11. Proyeksi Matriks Asal Tujuan Penumpang Tahun 2049 (orang/tahun)

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Oi
1	-	116.684	2.581.716	4.889.324	7.908.658	395.804	276.774	825.645	79.121	32.495	17.106.221
2	128.072	-	1.729.459	957.012	20.664.784	70.461	100.080	152.386	14.098	12.412	23.828.764
3	3.192.150	1.958.612	-	79.313.456	90.687.142	4.428.780	6.274.084	9.767.638	867.702	765.629	197.255.192
4	8.036.883	1.422.831	104.114.348	-	703.607.131	24.656.433	32.267.873	58.819.246	4.215.002	3.481.238	940.620.987

5	10.646.281	28.324.299	99.186.511	598.156.715	-	160.082.197	125.195.636	208.448.080	13.422.700	10.546.278	1.254.008.698
6	212.929	30.991	1.721.015	15.519.261	65.017.723	-	31.267.471	24.089.457	2.505.576	1.826.533	142.190.955
7	296.788	47.982	2.657.777	22.291.745	54.320.161	28.344.215	-	26.122.710	9.811.850	5.168.471	149.061.700
8	281.876	46.048	2.608.601	25.649.171	57.405.971	16.178.301	16.508.364	-	1.347.478	946.346	120.972.156
9	30.699	4.961	270.658	2.095.433	4.173.742	882.443	7.225.229	1.572.437	-	433.043	16.688.646
10	27.364	4.393	239.177	1.788.019	3.337.599	1.455.825	3.890.965	1.112.861	451.018	-	12.307.220
Dd	22.853.042	31.956.801	215.109.263	750.660.137	1.007.122.912	236.494.459	223.006.476	330.910.460	32.714.544	23.212.445	

Keterangan :

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1. Banda Aceh | 6. Provinsi Bali-Nusa Tenggara |
| 2. Aceh Besar | 7. Provinsi Sulawesi |
| 3. Kab/Kota Lain di Aceh | 8. Provinsi Kalimantan |
| 4. Provinsi Sumatera | 9. Provinsi Maluku |
| 5. Pulau Jawa | 10. Provinsi Papua |

Proyeksi Demand Penumpang Kereta Api

Sesuai dengan RIPNAS (Rencana Induk Perkeretaapian Nasional) tahun 2018 menyatakan bahwa untuk tahun 2030 target pangsa penumpang kereta api yaitu 7% - 9%. Maka didapat persamaan :

$$Demand : 7 \% \times Total \text{ Pergerakan} \dots\dots\dots (4)$$

Tabel 12. Proyeksi Demand Penumpang KA

Tahun	Pnp/ Tahun	Pnp/ Hari
2024	1.807.787	4.953
2029	1.982.116	5.430
2034	2.173.323	5.954
2039	2.383.051	6.529
2044	2.613.101	7.159
2049	2.865.449	7.851

Tabel di atas menunjukkan jumlah proyeksi penumpang kereta api per tahun dan per hari. Pada tahun awal operasional kereta api yaitu tahun 2024 jumlah penumpang sebesar 4.953 pnp/ hari. Jumlah proyeksi penumpang terus mengalami kenaikan hingga tahun 2049. Kenaikan yang terjadi sebesar 9,65 % setiap 5 tahunnya.

Rekomendasi Jenis Kereta Api

Untuk memberi rekomendasi jenis kereta api perkotaan yang efisien digunakan di Kota Banda Aceh maka dilakukan proses analisa menggunakan metode Analisa Multi Kriteria. Analisa multi kriteria sendiri dilakukan berdasarkan beberapa kriteria-kriteria yang dipilih sebagai pertimbangan untuk masing-masing jenis kereta api. Beberapa kriteria yang dipilih yaitu kapasitas, jumlah perjalanan, waktu perjalanan, dan biaya. Proses analisa ini dilakukan dengan cara memberi nilai/skor terhadap kriteria-kriteria tersebut, yaitu:

- Kapasitas : paling banyak nilai tinggi
- Jumlah Perjalanan : paling banyak nilai tinggi
- Waktu Perjalanan : paling cepat nilai tinggi
- Harga per Kereta : paling murah nilai tinggi

Nilai yang diberikan yaitu kisaran nilai 1 sd/ 5 dengan ketentuan 5 merupakan nilai tertinggi dan sebaliknya.

Tabel 13. Hasil Penilaian Jenis Kereta Api

Jenis Kereta Api		Kereta Commuter		Monorel		LRT		Aeromovel		MRT	
Kriteria	Kapasitas	1600	4	800	3	600	2	300	1	2000	5
	Jumlah Perjalanan (Tahun 2024)	4	1	9	2	12	3	24	5	4	1
	Waktu Perjalanan	30	3	30	3	20	5	65	1	34	2

	Harga per Kereta	Rp10.000.000.000	3	Rp4.800.000.000	4	Rp106.000.000.000	2	Rp1.600.000.000	5	Rp108.000.000.000	1
	Total		11		12		12		12		9

Tabel di atas merupakan hasil penilaian beberapa jenis kereta api yang akan direkomendasikan dan dari hasil analisa multi kriteria yang dilakukan terdapat tiga jenis kereta api perkotaan yang mempunyai nilai sama atau tertinggi yaitu Monorel, LRT, dan Aeromovel. Karena hal tersebut selanjutnya akan dilakukan proses analisa lebih lanjut dengan melakukan analisa deskriptif. Analisa deskriptif dilakukan dengan mempertimbangkan pro dan kontra dari ketiga jenis kereta api perkotaan tersebut. Berikut adalah tabel dari analisa deskriptif yang dilakukan :

Tabel 13. Hasil Penilaian Jenis Kereta Api

	Monorel	LRT	Aeromovel
Pro	Biaya Pembelian Kereta Cukup Rendah	Waktu Perjalanan Cepat	Biaya Pembelian Kereta Rendah
	Kapasitas Penumpang Banyak	Kapasitas Penumpang Cukup Banyak	Jumlah Perjalanan Banyak
Kontra	Biaya Pemeliharaan Tinggi	Biaya Pemeliharaan Tinggi	Kecepatan Rendah
	Jumlah Perjalanan Sedikit	Biaya Pembelian Kereta Tinggi	Waktu Perjalanan Lama

Berdasarkan tabel pro dan kontra yang telah dilampirkan dari masing-masing jenis kereta api perkotaan yang mempunyai nilai yang sama, maka dipilih kereta api jenis *Aeromovel* sebagai kereta api perkotaan yang melayani penumpang kereta api di Kota Banda Aceh. Hal ini dipilih karena jumlah penumpang kereta api pada awal tahun operasional yaitu tahun 2024 dinilai efisien diangkut oleh kereta api jenis *Aeromovel* dan memiliki jumlah perjalanan yang paling banyak di antara jenis kereta api yang lain.



Gambar 2. Kereta *Aeromovel*

Kereta *Aeremovel* juga memiliki kelebihan ramah lingkungan karena tenaga penggerakannya hanya menggunakan tenaga angin yang dipasang pada tiang-tiang yang bekerja sebagai penopang lintasan kereta api *Aeromovel*. Saat ini pembangunan kereta jenis *Aeromovel* juga sedang digalakan antara lain karena faktor lingkungan yang sedang menjadi perhatian.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis pada penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Potensi *demand* masyarakat Kota Banda Aceh terhadap transportasi umum jenis kereta api sesuai tahun proyeksi terus mengalami peningkatan, yaitu pada tahun operasional awal tahun 2024 sebesar 4.953 penumpang/ hari, pada tahun 2029 sebesar 5.430 penumpang/ hari, pada tahun 2034 sebesar 5.954 penumpang/ hari, pada tahun 2039 sebesar 6.529 penumpang/ hari, pada tahun 2044 sebesar 7.159 penumpang/ hari, dan pada tahun 2049 sebesar 7.851 penumpang/ hari. Rata-rata kenaikan penumpang yang terjadi selama tahun proyeksi yaitu sebesar 9,65%.

2. Berdasarkan hasil Analisis Multi Kriteria yang telah dilakukan maka rekomendasi jenis kereta api perkotaan yang efisien digunakan untuk Kota Banda Aceh adalah kereta api jenis *Aeromovel* karena memiliki keunggulan kapasitas yang paling banyak, jumlah perjalanan yang paling banyak dan harga yang paling murah dibandingkan dengan jenis kereta api perkotaan yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayu, D. (2015). Kereta Api Pilihan Utama Sebagai Moda Alternatif Angkutan Umum Massal. 26-34.
- Fitra R, Rahmat T. (2018). Analisis Model Bangkitan dan Tarikan Pergerakan Kabupaten Rokan Hulu. 314-331.
- Hans Fredrick, Indra Jaya. (2013). Bangkitan Perjalanan Menuju Sekolah dan Perguruan Tinggi dari Zona Perumahan. 21-35.
- M. Fakhurizan, Rindu T, M. Ferhad. (2013). *Pemodelan Bangkitan Pergerakan pada Perumahan Pondok Cilegon Indah*, 57-64.
- Margaretha, John S, Jantje D. (2015). Penggunaan Regresi Linier Berganda untuk Menganalisis Pendapatan Petani Kelapa. 196-203.
- Murni Marbun, Hengki Tamando, Melda Agustina. (2018). Perancangan Sistem Peramalan Jumlah Wisatawan Asing. 41-49.
- O.Z, T. (2000). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- R.J Pratama, Syafi'i, Legowo. (2013). Analisis Pemodelan Tarikan Pergerakan Bank dengan Metode Analisis Regresi Linear Berganda. 8-15.
- Rahmadeni, Defi A. (2014). Analisis Jumlah Tenaga Kerja Terhadap Jumlah Pasien RSUD Arifin Achmad Pekanbaru Menggunakan Metode Regresi. 48-57.
- Suriyadi, Renni, Azmeri. (2017). Analisa Bangkiltan Pergerakan pada Kawasan Lampulo Kota Banda Aceh. 233-242.
- Tri Apriliansyah, Herman. (2015). Perkiraan Distribusi Pergerakan Penumpang di Provinsi Jawa Barat Berdasarkan Asal Tujuan Transportasi Nasional. 29-40.

ANALISA PERMINTAAN DAN POLA OPERASIONAL MASS RAPID TRANSIT (MRT) JALUR LEBAK BULUS - TANGERANG SELATAN

Fajar Nugraha¹, Herawati Zetha Rahman², dan Azaria Andreas.³

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

³Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

Kota Tangerang Selatan merupakan salah satu kota yang memiliki jumlah penduduk yang cukup tinggi di Provinsi Banten. Data BPS menunjukkan setiap tahunnya terjadi rata-rata laju pertumbuhan penduduk sebesar 3 persen. Seiring dengan tingginya laju pertumbuhan penduduk di Kota Tangerang Selatan, tentunya akan mempengaruhi terhadap kebutuhan akan infrastruktur transportasi. Namun didalam sebuah survei komuter ditahun 2014, masih banyak dari masyarakat Tangerang Selatan yang menggunakan transportasi pribadi dalam melakukan mobilitasnya. Penyebabnya ialah belum terintegrasinya angkutan kereta api dengan angkutan umum lainnya serta belum optimalnya penyediaan sarana dan prasarana untuk para penumpang jasa kereta api. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pemerintah merencanakan suatu penanganan melalui Perpres nomor 55 Tahun 2018 tentang Rancangan Induk Transportasi Jabodetabek (RITJ) guna meningkatkan kuantitas dan kualitas sarana, prasarana dan pengendalian jasa pelayanan serta mengintegrasikan transportasi di Jabodetabek. Salah satu jenis angkutan umum yang sedang direncanakan ialah perpanjangan jalur *Mass Rapid Transit* untuk rute Lebak Bulus - Tangerang Selatan. Penelitian ini akan memberikan gambaran tentang potensi permintaan (*demand*) pengguna MRT jalur Lebak Bulus - Tangerang Selatan menggunakan Metode *Furness* dalam proyeksi pola pergerakan di tahun kajian. Adapun dari hasil penelitian diperoleh jumlah penumpang MRT sebesar 47.991.804 tahun 2019 atau 131.484 penumpang perharinya. Jumlah ini kemudian mengalami peningkatan disetiap tahun hingga mencapai 394.036.766 penumpang di tahun 2049. Untuk menampung penumpang tersebut, maka dibutuhkan sarana MRT sebanyak 4 *trainset* di tahun 2019 dan mengalami peningkatan menjadi 10 *trainset* pada tahun 2049. Waktu perjalanan yang dibutuhkan untuk 1 *trainset* MRT selama 17 menit.

Kata kunci : *demand penumpang, ATTN Tahun 2011, Matiks Asal Tujuan (MAT), Metode Furness.*

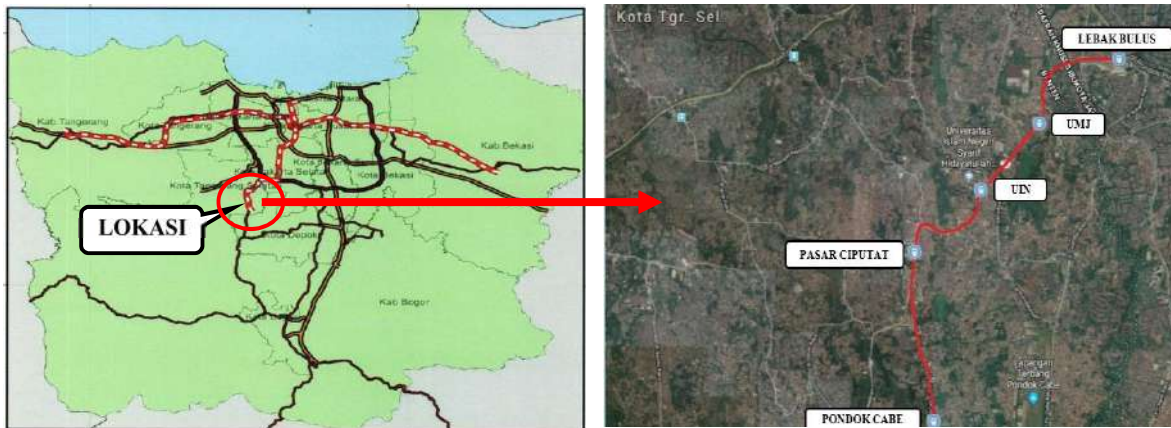
PENDAHULUAN

Kota Tangerang Selatan merupakan salah satu kota yang memiliki jumlah penduduk yang cukup tinggi di Provinsi Banten. Pada tahun 2017 tercatat jumlah penduduk di Kota Tangerang Selatan mencapai 1,6 juta jiwa dengan kepadatan penduduk 11.175 orang per km². Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), pada setiap tahunnya terjadi laju pertumbuhan penduduk sebesar 3% di kota ini. Jumlah ini pun merupakan persentase yang tertinggi di Provinsi Banten. Seiring dengan tingginya laju pertumbuhan penduduk di Kota Tangerang Selatan, tentunya akan mempengaruhi terhadap kebutuhan akan sarana transportasi.

Dalam sebuah survei komuter yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik ditahun 2014, terdapat 253 ribu komuter yang berkegiatan di luar Kota Tangerang Selatan. Komuter adalah seseorang yang melakukan suatu kegiatan bekerja/sekolah/kursus di luar kabupaten atau kota tempat tinggal dan secara rutin pergi dan pulang ke tempat tinggalnya pada hari yang sama. Berdasarkan hasil survei yang diperoleh, hanya terdapat 12% atau sebanyak 27.272 orang saja yang menggunakan transportasi umum dalam menunjang aktivitas kesehariannya. Penyebab dari permasalahan tersebut ialah karena belum terintegrasinya angkutan kereta api dengan angkutan umum lainnya serta belum optimalnya penyediaan sarana dan prasarana untuk para penumpang jasa kereta api. Hal ini pula yang menyebabkan pertumbuhan pengguna kendaraan pribadi baik kendaraan beroda empat maupun sepeda motor yang cukup signifikan dari tahun ke tahun.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pemerintah merencanakan suatu penanganan permasalahan melalui Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 55 Tahun 2018 tentang Rancangan Induk Transportasi Jabodetabek (RITJ) untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas sarana, prasarana dan pengendalian jasa pelayanan agar terciptanya transportasi yang aman, nyaman, dan terjangkau oleh masyarakat. Program RITJ tersebut dikelola oleh Badan Transportasi Jabodetabek (BPTJ) yang didalam rancangan tersebut terdapat banyak sekali program yang bertujuan untuk menata dan mengintegrasikan transportasi di Jabodetabek. Salah satu rancangan yang dibuat

untuk mengatasi masalah transportasi yang ada di Tangerang Selatan ialah dengan membangun kereta cepat berskala massal atau *Mass Rapid Transit* (MRT).

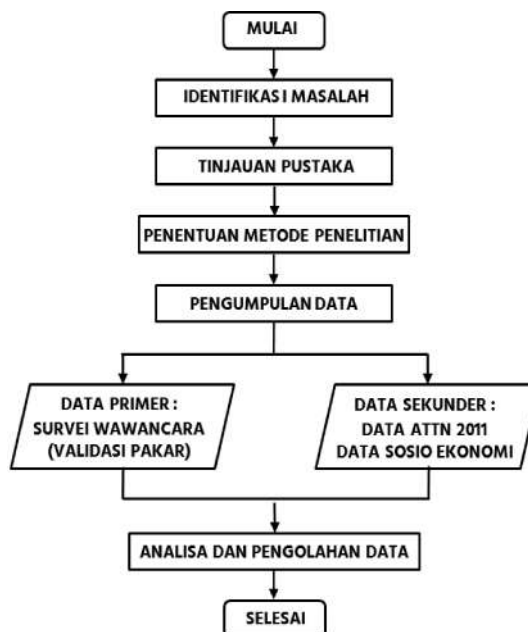


Gambar 11 Rencana Jalur MRT Jakarta

Menurut Anzy Indrashanty (2016) transportasi diartikan sebagai pemindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan. Dalam hubungan ini terlihat ada tiga hal sebagai berikut: ada muatan yang diangkut, tersedia kendaraan sebagai alat angkutannya, dan ada jalanan yang dapat dilalui. Dalam sebuah studi yang dilakukan oleh Soo Chen Kwan (2017) infrastruktur transit dapat mengurangi emisi karbon yang terdapat dalam suatu kota. Jumlah pengurangan emisi karbon pada sebuah kota tergantung pada aktivitas transportasi (armada kendaraan dan jarak tempuh), efisiensi bahan bakar (bensin, diesel) dan siklus mengemudi lokal (percepatan, mulai, berhenti). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya potensi permintaan (*demand*) penumpang MRT jalur Lebak Bulus-Tangerang Selatan serta menentukan jumlah sarana yang dibutuhkan pada tahun kajian.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada jalur perpanjangan MRT Lebak Bulus - Tangerang Selatan. Adapun stasiun yang akan ditinjau pada penelitian ini, yaitu : Stasiun Lebak Bulus, Stasiun Universitas Muhammadiyah Jakarta (UMJ), Stasiun Universitas Islam Negeri (UIN Jakarta), Stasiun Pasar Ciputat, dan Stasiun Pondok Cabe. Panjang jalur ini mencapai ± 10 km yang membentang dari jalan Ir. H. Juanda hingga jalan RE. Martadinata.



Gambar 12 Bagan Alir Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer ini diperoleh dari hasil wawancara terhadap para pakar. Sedangkan data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi : data sosial-ekonomi (data jumlah penduduk serta data Produk Domestik Regional

Bruto), dan data bangkitan tarikan pergerakan penumpang yang diperoleh dari data Asal Tujuan Transportasi Nasional (ATTN) tahun 2011. Data Asal Tujuan Transportasi Nasional ini diperoleh dari Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Perhubungan. Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan upaya untuk menyediakan prediksi mengenai potensi penumpang dalam menggunakan moda MRT yang akan dioperasikan dan sebagai masukan untuk pengembangan fasilitas dan pelayanan di stasiun yang akan dibangun nantinya. Proses pemodelan transportasi dalam studi ini ditujukan agar dapat membentuk model yang baik dan bisa digunakan untuk menganalisis potensi pengguna kereta api dari pengembangan jalur MRT Lebak Bulus - Tangerang Selatan. Adapun beberapa tahapan dalam proses analisa yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menyusun Matriks Asal Tujuan (MAT);

Matriks Asal Tujuan adalah matriks berdimensi dua yang setiap baris dan kolomnya menggambarkan zona asal dan tujuan di dalam dan diluar daerah kajian. Sel dari setiap baris berisi informasi mengenai pergerakan yang berasal dari zona tersebut ke setiap zona tujuan.

Tabel 12 Bentuk umum dari Matriks Asal Tujuan

Zona	1	2	3	...	n	O _i
1	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	...	T _{1n}	O ₁
2	T ₂₁	T ₂₃	T ₂₃	...	T _{2n}	O ₂
3	T ₃₁	T ₃₂	T ₃₃	...	T _{3n}	O ₃
...
n	T _{n1}			...		
Dd	T ₁	T ₂	T ₃	...	T _n	T

Keterangan :

T_{id} = Pergerakan dari zona asal i ke zona tujuan d

O_i = Jumlah pergerakan yang berasal dari zona asal

Dd = Jumlah pergerakan yang menuju ke zona tujuan

n = Banyaknya data

T = Total matriks

2. Mencari nilai korelasi;

Korelasi merupakan salah satu teknik analisis statistik yang paling banyak digunakan terhadap peristiwa-peristiwa yang terjadi dan mencoba untuk menghubungkannya. Menurut Danang Suyoto (2016) menyatakan bahwa tujuan uji kolerasi adalah untuk menguji apakah dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat mempunyai hubungan yang kuat ataukah tidak kuat.

3. Melakukan analisis regresi liner berganda;

Model analisis regresi dalam permodelan bangkitan dan tarikan (*trip generation*) dilakukan untuk mendapatkan hubungan linier antara besarnya bangkitan dan tarikan dengan atribut sosio ekonomi dan karakteristik tata guna lahan pada suatu wilayah. Model regresi linier berganda merupakan persamaan regresi mempunyai lebih dari satu variabel bebas. Secara umum persamaan regresi bergandanya dapat ditulis sebagi berikut.

$$Y = A + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_nX_n \quad (1)$$

Dimana :

Y = peubah tidak bebas

X₁ ... X_n = peubah bebas

A = konstanta regresi

B₁ ... B_n = koefisien regresi

4. Proyeksi bangkitan dan tarikan;

Bangkitan merupakan banyaknya pergerakan yang dibangkitkan oleh suatu tata guna lahan sedangkan tarikan merupakan banyaknya pergerakan yang datang atau tertarik menuju ke suatu tata guna lahan. Proyeksi bangkitan dan tarikan dilakukan setelah proses regresi linear dilakukan dan memperoleh nilai persamaannya. Persamaan inilah yang akan digunakan dalam proyeksi bangkitan dan tarikan dalam penelitian ini.

5. Proyeksi MAT dengan Metode *Furness*;

Metode *Furness* merupakan metode yang digunakan untuk memproyeksikan sebaran pergerakan pada daerah kajian. Pada metode ini, sebaran pergerakan pada masa mendatang didapatkan dengan mengalikan

sebaran pergerakan pada saat sekarang dengan tingkat pertumbuhan zona asal atau zona tujuan yang dilakukan secara bergantian. Secara matematis, metode Furness dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$Tid = tid \times Ei \tag{2}$$

Keterangan :

Tid = Jumlah perjalanan masa mendatang dari zona asal ke zona tujuan

tid = Jumlah perjalanan masa sekarang dari zona asal ke zona tujuan

Ei = Faktor pertumbuhan kedua zona (asal dan tujuan) di dalam zona wilayah studi

6. Menentukan jumlah sarana yang dibutuhkan;

Jumlah sarana optimal adalah jumlah sarana yang beroperasi sesuai dengan kebutuhan penumpang yang ada, dimana penentuan jumlah sarana optimal akan menguntungkan semua pihak (penumpang, operator, dan pemerintah). Untuk menghitung jumlah sarana digunakan rumus berikut ini.

$$N = \frac{L_R}{V} \times \frac{60}{h} \tag{3}$$

Keterangan :

N = Jumlah sarana

h = Headway (menit)

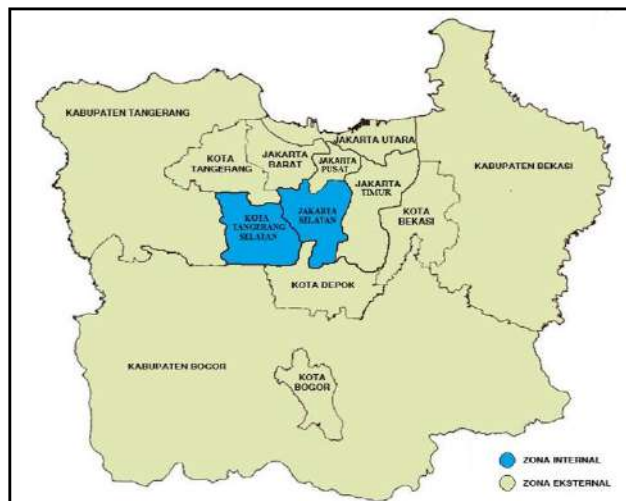
L_R = Panjang rute pulang-pergi (km)

V = Kecapatan rata-rata (km/jam)

HASIL

Zona Wilayah Studi

Pembagian zona wilayah dalam penelitian ini terbagi menjadi dua zona, yaitu zona internal dan zona eksternal. Pembagian zona wilayah ini bertujuan untuk mengetahui pola pergerakan penumpang yang terlewati oleh rencana jalur kereta MRT Lebak Bulus – Tangerang Selatan. Adapun pembagian zona wilayah tersebut terdapat pada gambar dibawah ini.



Gambar 13 Zona Wilayah Studi

Bangkitan dan Tarikan

Untuk menganalisis potensi *demand* penumpang diperlukan adanya pengumpulan data bangkitan dan tarikan sebagai gambaran awal untuk menunjukkan pergerakan penumpang yang berasal dan bertujuan di zona internal maupun zona eksternal. Data lain yang diperlukan yaitu data sosio-ekonomi berupa pertumbuhan jumlah penduduk dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) pada wilayah kajian.

Tabel 13 Jumlah Bangkitan dan Tarikan Penumpang Tahun 2011 (orang/tahun)

No.	Zona	Bangkitan	Tarikan
1	Kota Jakarta Selatan	50,772,932	51,796,122
2	Kota Tangerang Selatan	26,864,375	21,069,550
3	Kota Jakarta Utara	38,863,545	42,126,355
4	Kota Jakarta Pusat	25,873,710	35,429,913
5	Kota Jakarta Barat	41,726,555	43,494,403

6	Kota Jakarta Timur	54,713,950	62,090,512
7	Kota Bogor	17,339,486	23,779,173
8	Kabupaten Bogor	75,318,739	73,391,904
9	Kota Depok	48,752,626	40,371,608
10	Kota Tangerang	35,650,313	34,731,750
11	Kabupaten Tangerang	23,741,432	21,867,838
12	Kota Bekasi	43,846,959	40,260,397
13	Kabupaten Bekasi	39,253,902	32,309,000

Korelasi Antar Variabel

Untuk mengetahui tingkat hubungan antar variabel data dalam prediksi bangkitan dan tarikan penumpang dilakukan dengan menggunakan korelasi antar variabel yang digunakan. Korelasi antar variabel yang besar menggambarkan adanya tingkat hubungan yang cukup erat diantara variabel tersebut yang nantinya ditindaklanjuti dengan menyusun model persamaan pada variabel-variabel yang berkorelasi. Pada tabel dibawah ini disampaikan hasil korelasi antar bangkitan dan tarikan pergerakan penumpang dengan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap pergerakan penumpang.

Tabel 14 Hasil Korelasi antar Variabel Pergerakan Penumpang

	Bangkitan	Tarikan	Jumlah Penduduk	PDRB ADHB	PDRB ADHK	PDRB ADHB Perkapita	PDRB ADHK Perkapita
Bangkitan	1						
Tarikan	0.984	1					
Jumlah Penduduk	0.964	0.952	1				
PDRB ADHB	0.921	0.819	0.804	1			
PDRB ADHK	0.911	0.804	0.808	0.961	1		
PDRB ADHB Perkapita	0.545	0.409	0.371	0.826	0.835	1	
PDRB ADHK Perkapita	0.514	0.411	0.375	0.825	0.862	0.993	1

Tingkat korelasi antar variabel bangkitan dan tarikan penumpang memiliki tingkat korelasi yang besar dengan jumlah penduduk, PDRB ADHB, dan PDRB ADHK dimana nilai korelasi ketiga variabel ini di atas 0,8. Sedangkan tingkat korelasi antar variabel bangkitan dan tarikan penumpang dengan PDRB perkapita relatif lebih kecil (0.4-0.5). Jika dilihat dari karakteristik korelasi ini variabel jumlah penduduk, PDRB ADHB, dan PDRB ADHK bisa digabungkan dalam satu alternatif persamaan regresi linier berganda.

Regresi Linear Berganda

Model analisis regresi dalam permodelan bangkitan dan tarikan (trip generation) dilakukan untuk mendapatkan hubungan linier antara besarnya bangkitan dan tarikan dengan atribut sosio ekonomi dan karakteristik tata guna lahan pada suatu wilayah

Tabel 15 Persamaan Regresi Linear Berganda untuk Bangkitan Pergerakan Penumpang

No.	Variabel	Persamaan	R ²
1	Bangkitan Jumlah Penduduk ADHB ADHK ADHB Perkapita ADHK Perkapita	$26582731.492 + 5.226 (\text{Jumlah Penduduk}) + 0.457 (\text{ADHB}) - 0.406 (\text{ADHK}) - 1.177 (\text{ADHB Perkapita}) + 1.162 (\text{ADHK Perkapita})$	0.968
2	Bangkitan Jumlah Penduduk ADHB ADHK ADHB Perkapita	$12067607.276 + 10.763 (\text{Jumlah Penduduk}) + 0.029 (\text{ADHB}) + 0.041 (\text{ADHK}) - 0.049 (\text{ADHB Perkapita})$	0.956
3	Bangkitan Jumlah Penduduk ADHB ADHK	$9740759.356 + 12.2499 (\text{Jumlah Penduduk}) - 0.009 (\text{ADHB}) + 0.046 (\text{ADHK})$	0.944

4	Bangkitan Jumlah Penduduk ADHB	$9924090.497 + 11.567 (\text{Jumlah Penduduk}) + 0.0361 (\text{ADHB})$	0.976
5	Bangkitan Jumlah Penduduk	$14974108.237 + 11.4287 (\text{Jumlah Penduduk})$	0.908

Tabel 16 Persamaan Regresi Linear Berganda untuk Tarikan Pergerakan Penumpang

No.	Variabel	Persamaan	R ²
1	Tarikan Jumlah Penduduk ADHB ADHK ADHB Perkapita ADHK Perkapita	$3483690.021 + 13.723 (\text{Jumlah Penduduk}) - 0.219 (\text{ADHB}) - 0.306 (\text{ADHK}) + 0.448 (\text{ADHB Perkapita}) - 0.481 (\text{ADHK Perkapita})$	0.959
2	Tarikan Jumlah Penduduk ADHB ADHK ADHB Perkapita	$9486657.776 + 11.433 (\text{Jumlah Penduduk}) - 0.042 (\text{ADHB}) + 0.121 (\text{ADHK}) - 0.019 (\text{ADHB Perkapita})$	0.949
3	Tarikan Jumlah Penduduk ADHB ADHK	$8593259.799 + 12.004 (\text{Jumlah Penduduk}) - 0.056 (\text{ADHB}) + 0.123 (\text{ADHK})$	0.938
4	Tarikan Jumlah Penduduk ADHB	$9084648.324 + 10.174 (\text{Jumlah Penduduk}) + 0.066 (\text{ADHB})$	0.964
5	Tarikan Jumlah Penduduk	$18303486.575 + 9.921 (\text{Jumlah Penduduk})$	0.900

Persamaan regresi linear berganda untuk masing-masing bangkitan dan tarikan penumpang yaitu:

- Bangkitan pergerakan penumpang (orang/thn) = $9924090.497 + 11.567 (\text{Jumlah Penduduk}) + 0.0361 (\text{ADHB})$
- Tarikan pergerakan penumpang (orang/thn) = $9084648.324 + 10.174 (\text{Jumlah Penduduk}) + 0.066 (\text{ADHB})$

Prediksi Bangkitan dan Tarikan Penumpang

Dengan menggunakan persamaan regresi linear berganda diatas dapat dilakukan prediksi bangkitan tarikan pergerakan barang sesuai dengan tingkat pertumbuhan variabel sosial ekonomi yang menentukannya. Hasil prediksi bangkitan dan tarikan penumpang dapat dilihat pada tabel 6 dibawah ini.

Tabel 17 Proyeksi Bangkitan dan Tarikan Perjalanan Penumpang (orang/tahun)

ZONA	2011		2019		2029		2039		2049	
	Bangkitan	Tarikan	Bangkitan	Tarikan	Bangkitan	Tarikan	Bangkitan	Tarikan	Bangkitan	Tarikan
Jakarta Selatan	50,772,932	51,796,122	60,515,520	69,820,930	113,736,118	134,161,980	274,140,538	310,578,909	765,710,284	821,978,864
Kota Tangsel	26,864,375	21,069,550	33,357,954	29,739,056	48,393,371	41,230,562	83,442,628	71,667,873	179,462,697	162,344,279
Jakarta Utara	38,863,545	42,126,355	51,459,142	59,264,848	96,409,226	113,576,596	232,132,714	262,849,331	648,747,369	696,313,368
Jakarta Pusat	25,873,710	35,429,913	47,511,153	61,508,603	106,294,077	136,286,633	292,407,285	345,158,536	882,992,127	963,814,821
Jakarta Barat	41,726,555	43,494,403	57,870,497	62,192,117	98,028,616	107,907,608	212,823,293	230,980,056	552,839,525	581,522,213
Jakarta Timur	54,713,950	62,090,512	63,018,372	67,289,683	106,647,223	118,078,779	239,056,913	262,216,884	650,775,542	689,916,499
Kota Bogor	17,339,486	23,779,173	24,608,384	21,499,138	30,323,320	24,628,547	42,113,760	33,619,218	70,062,576	59,017,577
Kabupaten Bogor	75,318,739	73,391,904	88,778,672	79,208,606	128,542,847	108,524,413	210,953,919	176,252,623	409,526,228	356,992,924
Kota Depok	48,752,626	40,371,608	40,853,578	35,313,065	60,509,863	47,885,458	98,911,678	74,855,529	184,257,210	143,723,482
Kota Tangerang	35,650,313	34,731,750	43,069,373	41,056,783	72,601,724	72,462,622	176,720,942	184,754,605	587,134,455	614,347,197
Kabupaten Tangerang	23,741,432	21,867,838	59,293,945	52,256,426	83,545,246	67,103,449	125,342,618	94,445,710	203,750,211	153,832,059
Kota Bekasi	43,846,959	40,260,397	49,015,640	42,726,798	68,386,595	54,480,903	103,034,331	77,808,601	172,188,461	132,331,395

Kabupaten Bekasi	39,253,902	32,309,000	66,244,966	63,721,144	106,604,639	93,695,314	180,713,280	146,606,024	321,649,979	252,961,986
TOTAL	522,718,525	522,718,525	685,597,196	685,597,196	1,120,022,866	1,120,022,866	2,271,793,898	2,271,793,898	5,629,096,663	5,629,096,663

Poyeksi Matriks Asal Tujuan

Prediksi bangkitan dan tarikan penumpang yang telah dihasilkan kemudian harus didistribusikan menurut asal tujuan pergerakannya (dalam bentuk matriks asal tujuan perjalanan). Metode pendistribusian bangkitan dan tarikan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Furness*. Pada metode ini, pergerakan awal (masa sekarang) dikalikan dengan tingkat pertumbuhan zona asal. Hasilnya kemudian dikalikan dengan tingkat pertumbuhan zona tujuan dan zona asal secara bergantian.

Tabel 18 Matrik Asal Tujuan Pergerakan Penumpang Tahun 2011 (orang/tahun)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	TOTAL (Oj)
1		1,744,855	3,293,944	4,159,429	4,376,833	6,720,306	6,048,190	8,941,180	5,923,870	2,774,312	1,739,791	3,057,910	1,992,313	50,772,932
2	2,392,981		1,985,523	1,555,429	3,125,088	2,424,133	905,278	3,512,122	1,260,061	5,138,565	1,303,617	1,770,620	1,490,959	26,864,375
3	3,326,544	1,462,083		4,570,589	5,216,378	7,621,389	713,000	4,222,677	2,368,747	2,355,236	1,457,840	3,579,327	1,969,734	38,863,545
4	3,363,549	917,137	3,659,815		3,183,045	4,623,701	450,718	2,831,279	1,645,465	1,664,531	914,475	1,646,511	973,485	25,873,710
5	4,651,180	2,421,506	5,489,023	4,182,942		4,465,472	856,868	4,842,359	2,376,478	5,547,729	2,414,478	2,727,698	1,750,823	41,726,555
6	6,642,709	1,747,160	7,459,560	5,651,736	4,153,560		1,149,553	7,557,011	5,675,730	2,591,649	1,742,089	7,109,699	3,233,494	54,713,950
7	1,299,774	708,274	757,550	598,055	865,190	1,247,879		5,260,762	2,228,678	766,838	706,219	1,207,970	1,629,297	17,339,486
8	10,448,992	2,992,741	4,886,414	4,091,646	5,325,169	8,934,566	5,729,654		10,945,261	3,690,695	2,984,055	7,031,064	8,258,483	75,318,739
9	7,818,596	1,212,649	3,095,743	2,685,639	2,951,576	7,578,598	2,741,390	12,361,462		1,659,777	1,209,130	2,620,453	2,817,613	48,752,626
10	3,228,971	4,360,844	2,714,352	2,395,723	6,076,043	3,051,607	831,787	3,675,679	1,463,642		4,348,188	1,976,208	1,527,268	35,650,313
11	2,180,952	445,473	1,809,597	1,417,611	2,848,191	2,209,344	825,066	3,200,932	1,148,414	4,683,265		1,613,735	1,358,853	23,741,432
12	3,711,908	1,567,174	4,302,258	2,471,571	3,115,772	8,731,070	1,366,560	7,303,210	2,410,047	2,061,087	1,562,626		5,243,677	43,846,959
13	2,729,966	1,489,654	2,672,575	1,649,545	2,257,559	4,482,449	2,161,108	9,683,231	2,925,214	1,798,068	1,485,330	5,919,203		39,253,902
TOTAL (Dd)	51,796,122	21,069,550	42,126,355	35,429,913	43,494,403	62,090,512	23,779,173	73,391,904	40,371,608	34,731,750	21,867,838	40,260,397	32,309,000	522,718,525

Tabel 19 Matrik Asal Tujuan Pergerakan Penumpang Tahun 2019 (orang/tahun)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	TOTAL (Oj)
1		2,441,626	4,412,552	7,177,219	5,899,626	7,015,117	5,394,159	9,162,163	4,961,031	2,816,662	4,217,981	3,007,209	4,010,173	60,515,520
2	3,141,664		2,620,624	2,644,409	4,150,333	2,493,207	795,493	3,545,919	1,039,715	5,140,170	3,113,966	1,715,617	2,956,837	33,357,954
3	4,588,634	2,117,960		8,164,327	7,278,792	8,235,799	658,285	4,479,368	2,053,577	2,475,368	3,658,838	3,643,896	4,104,298	51,459,142
4	6,664,399	1,908,327	7,290,069		6,379,785	7,176,860	597,726	4,314,045	2,049,057	2,512,872	3,296,690	2,407,700	2,913,625	47,511,153
5	6,614,012	3,616,120	7,847,046	7,702,678		4,974,515	815,549	5,295,386	2,123,918	6,010,798	6,246,954	2,862,678	3,760,845	57,870,497
6	7,910,096	2,184,866	8,930,156	8,715,184	5,003,307		916,220	6,920,307	4,247,764	2,351,407	3,774,420	6,248,306	5,816,340	63,018,372
7	1,974,910	1,130,151	1,157,178	1,176,735	1,329,815	1,485,367		6,147,053	2,128,281	887,765	1,952,369	1,354,597	3,884,163	24,608,384
8	12,740,911	3,832,221	5,989,981	6,460,736	6,568,397	8,534,554	4,676,148		8,387,916	3,428,855	6,620,273	6,327,344	15,211,338	88,778,672
9	7,004,646	1,140,901	2,788,250	3,115,755	2,674,925	5,318,974	1,643,851	8,516,598		1,132,980	1,970,941	1,732,640	3,813,117	40,853,578
10	3,644,674	5,169,166	3,080,136	3,501,781	6,937,696	2,698,389	628,407	3,190,588	1,038,321		8,929,885	1,646,271	2,604,059	43,069,373
11	6,025,043	1,292,383	5,025,802	5,071,417	7,959,459	4,781,444	1,525,587	6,800,323	1,993,953	9,857,757		3,290,190	5,670,587	29,293,945
12	4,206,214	1,864,949	4,901,172	3,626,815	3,571,576	7,750,740	1,036,470	6,364,243	1,716,413	1,779,531	3,221,754		8,975,763	49,015,640
13	5,305,727	3,040,385	5,221,883	4,151,549	4,438,406	6,824,718	2,811,242	14,472,612	3,573,120	2,662,620	5,252,355	8,490,349		66,244,966
TOTAL (Dd)	69,820,930	29,739,056	59,264,848	61,508,603	62,192,117	67,289,683	21,499,138	79,208,606	35,313,065	41,056,783	52,256,426	42,726,798	63,721,144	685,597,196

Tabel 20 Matrik Asal Tujuan Pergerakan Penumpang Tahun 2029 (orang/tahun)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	TOTAL (Oj)
1		3,947,093	9,921,666	18,986,467	11,945,022	14,394,350	7,262,765	14,954,497	7,988,464	6,128,739	6,320,081	4,518,054	7,368,920	113,736,118
2	5,345,075		4,313,898	5,121,381	6,151,992	3,745,294	784,125	4,237,143	1,225,677	8,188,120	3,415,877	1,887,029	3,977,760	48,393,371
3	10,009,416	3,213,791		20,272,627	13,833,224	15,862,241	831,943	6,862,656	3,103,873	5,055,658	5,145,918	5,138,726	7,079,154	96,409,226
4	17,676,414	3,520,954	18,708,365		14,742,733	16,807,421	918,523	8,036,518	3,765,779	6,240,453	5,637,747	4,128,570	6,110,600	106,294,077
5	12,960,618	4,929,218	14,877,775	17,181,725		8,606,863	925,903	7,288,001	2,883,806	11,028,223	7,892,659	3,626,582	5,827,244	98,028,616
6	15,634,120	3,003,937	17,077,400	19,607,963	8,615,640		1,049,170	9,606,543	5,817,275	4,351,432	4,809,901	7,983,955	9,089,888	106,647,223
7	3,068,032	1,221,303	1,739,338	2,080,921	1,799,876	2,037,416		6,707,021	2,290,916	1,291,289	1,955,549	1,360,463	4,771,195	30,323,320
8	22,151,786	4,634,824	10,076,386	12,786,584	9,949,618	13,101,547	4,710,328		10,104,853	5,581,745	7,421,275	7,112,035	20,911,866	128,542,847
9	12,296,064	1,393,165	4,735,683	6,225,976	4,091,007	8,244,061	1,671,848	10,500,165		1,862,150	2,230,734	1,966,312	5,292,698	60,509,863
10	7,595,192	7,493,335	6,210,423	8,306,796	12,596,048	4,964,988	758,709	4,669,830	1,499,268		11,998,319	2,217,920	4,290,898	72,601,724
11	9,755,437	1,455,634	7,873,409	9,347,167	11,228,163	6,835,636	1,431,127	7,733,321	2,237,016	14,944,354		3,444,067	7,259,915	83,545,246
12	6,943,074	2,141,420	7,827,650	6,814,752	5,136,402	11,296,320	991,224	7,378,315	1,963,133	2,750,290	3,428,839		11,715,176	68,386,595
13	10,726,752	4,275,889	10,214,604	9,554,276	7,817,883	12,182,642	3,292,882	20,550,405	5,005,398	5,040,170	6,846,549	11,097,191		106,604,639
TOTAL (Dd)	134,161,980	41,230,562	113,576,596	136,286,633	107,907,608	118,078,779	24,628,547	108,524,413	47,885,458	72,462,622	67,103,449	54,480,903	93,695,314	1,120,022,866

Tabel 21 Matrik Asal Tujuan Pergerakan Penumpang Tahun 2039 (orang/tahun)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	TOTAL (Oj)
1		8,011,844	27,523,835	58,422,228	30,173,522	38,739,759	12,157,704	30,323,719	15,255,863	20,302,841	10,382,621	7,931,649	14,914,952	274,140,538
2	10,327,760		7,976,768	10,503,977	10,358,278	6,718,674	874,918	5,726,859	1,560,207	18,080,175	3,740,412	2,208,124	5,366,472	83,442,628
3	27,453,475	6,172,226		59,021,887	33,062,185	40,392,293	1,317,687	13,166,550	5,608,497	15,846,469	7,998,644	8,535,650	13,557,151	232,132,714
4	56,045,788	7,817,080	56,766,129		40,732,978	49,476,055	1,681,779	17,824,104	7,866,063	22,611,581	10,130,226	7,927,583	13,527,919	292,407,285
5	31,433,037	8,370,938	34,530,530	44,232,517		19,379,863	1,296,749	12,364,029	4,607,661	30,565,548	10,847,975	5,326,605	9,867,842	212,823,293
6	40,430,885	5,439,590	42,263,574	53,825,316	19,415,417		1,566,807	17,377,925	9,910,904	12,859,913	7,049,214	1,450,039	16,413,329	239,056,913
7	5,339,843	1,488,427	2,897,057	3,844,										

9	23,290,320	1,847,767	8,584,137	12,517,888	6,752,412	14,497,588	1,828,673	13,912,220		4,030,790	2,394,538	2,255,559	6,999,786	98,911,678
10	22,741,884	15,710,807	17,795,645	26,401,933	32,865,602	13,802,295	1,311,877	9,780,925	2,957,475		20,359,778	4,021,853	8,970,868	176,720,942
11	16,024,861	1,674,307	12,376,987	16,298,280	16,072,209	10,424,892	1,357,549	8,885,963	2,420,863	28,053,733		3,426,190	8,326,784	125,342,618
12	12,244,576	2,644,413	13,210,770	12,757,230	7,893,516	18,495,848	1,009,470	9,102,072	2,280,844	5,542,895	3,426,919		14,425,777	103,034,331
13	22,104,493	6,169,844	20,143,665	20,898,945	14,038,505	23,307,677	3,918,487	29,622,634	6,795,239	11,869,256	7,995,557	13,848,979		180,713,280
TOTAL (Dd)	310,578,909	71,667,873	262,849,331	345,158,536	230,980,056	262,216,884	33,619,218	176,252,623	74,855,529	182,754,606	94,445,710	77,808,601	146,606,024	2,271,793,898

Tabel 22 Matrik Asal Tujuan Pergerakan Penumpang Tahun 2049 (orang/tahun)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	TOTAL (Oi)
1		19,353,850	82,145,928	184,890,292	82,788,242	117,164,497	24,909,202	72,797,258	33,777,318	83,320,643	18,026,484	15,757,503	30,779,065	765,710,284
2	22,668,206		16,895,145	23,591,071	20,169,174	14,420,508	1,272,136	9,756,789	2,451,481	52,657,026	4,608,730	3,113,187	7,859,244	179,462,697
3	82,207,316	14,435,670		180,846,172	87,828,294	118,276,336	2,613,850	30,603,055	12,022,509	62,963,452	13,445,612	16,418,019	27,087,084	648,747,369
4	182,050,241	19,832,362	177,934,992		117,377,212	157,155,346	3,618,863	44,940,226	18,291,139	97,458,945	18,472,178	16,540,921	29,319,702	882,992,127
5	84,392,088	17,553,793	89,462,763	121,517,720		50,880,548	2,306,354	25,766,447	8,855,862	108,890,486	16,349,882	9,186,209	17,677,372	552,839,525
6	119,929,361	12,602,600	120,976,893	163,373,527	51,091,480		3,078,810	40,011,938	21,045,572	50,616,594	11,738,262	23,825,022	32,485,484	650,775,542
7	10,285,886	2,239,353	5,385,106	7,577,648	4,664,802	6,201,442		12,209,049	3,622,264	4,564,684	2,085,769	1,774,319	7,452,254	70,062,576
8	93,169,150	10,661,394	39,137,852	58,413,772	32,350,342	50,028,479	7,578,786		20,043,917	35,599,368	9,930,192	11,636,452	40,976,524	409,526,228
9	47,254,068	2,928,146	16,806,773	25,988,286	12,153,803	28,763,748	2,457,847	21,909,859		10,851,669	2,727,322	2,939,603	9,476,085	184,257,210
10	87,596,959	47,265,399	66,145,570	104,059,482	112,303,728	51,987,669	3,347,430	29,243,034	8,154,913		44,023,744	9,950,845	23,055,681	587,134,455
11	26,137,843	2,133,005	19,481,122	27,201,927	23,256,274	16,627,716	1,466,850	11,250,166	2,826,706	60,716,728		3,589,693	9,062,182	203,750,211
12	22,556,142	3,804,804	23,484,061	24,046,970	12,899,745	33,318,186	1,231,884	13,014,900	3,007,821	13,548,787	3,543,855		17,731,308	172,188,461
13	43,731,605	9,533,903	38,457,162	42,307,952	24,639,118	45,092,026	5,135,565	45,490,203	9,623,980	31,158,815	8,880,029	17,599,620		321,649,979
TOTAL (Dd)	821,978,864	162,344,279	696,313,368	963,814,821	581,522,213	689,916,499	59,017,577	356,992,924	143,723,482	614,347,197	153,832,059	132,331,395	252,961,986	5,629,096,663

Keterangan :

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1. Kota Jakarta Selatan | 8. Kabupaten Bogor |
| 2. Kota Tangerang Selatan | 9. Kota Depok |
| 3. Kota Jakarta Utara | 10. Kota Tangerang |
| 4. Kota Jakarta Pusat | 11. Kabupaten Tangerang |
| 5. Kota Jakarta Barat | 12. Kota Bekasi |
| 6. Kota Jakarta Timur | 13. Kabupaten Bekasi |
| 7. Kota Bogor | |

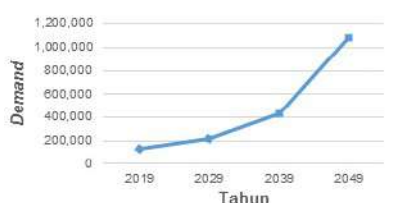
Proyeksi Demand Penumpang MRT

Berdasarkan Rancangan Induk Perkerataapian Nasional persentase perpindahan moda kereta api sebesar 7%. Jumlah persentase perpindahan moda ini diperlukan dalam menentukan demand penumpang MRT jalur Lebak Bulus - Tangerang Selatan diperoleh dengan menggunakan rumus dibawah ini.

$$\text{Demand Penumpang MRT} = \text{Presentase Perpindahan Moda} \times \text{Total Pergerakan Penumpang} \quad (4)$$

Tabel 23 Proyeksi Demand Penumpang

TAHUN	DEMAND PENUMPANG PERTAHUN	DEMAND PENUMPANG PERHARI
2019	47,991,804	131,484
2029	78,401,601	214,799
2039	159,025,573	435,687
2049	394,036,766	1,079,553



Rencana Jumlah Perjalanan MRT

Banyaknya jumlah perjalanan MRT yang akan direncanakan dapat diketahui dengan menggunakan data-data sekunder dibawah ini.

- 1 trainset MRT = 6 kereta
- Kapasitas per gerbong = 300 penumpang
- Kapasitas dalam 1 trainset = 1800 penumpang

Tabel 24 Rencana Perjalanan MRT perhari

TAHUN	JUMLAH PERJALANAN
2019	73
2029	119
2039	242
2049	600

Rencana Waktu Perjalanan MRT

Waktu perjalan MRT yang akan direncanakan dapat diketahui dengan menggunakan data-data sekunder dibawah ini.

- Kecepatan MRT = 40 km/jam

- Panjang lintasan = 10 km
- Jumlah stasiun yang dilewati = 4 stasiun
- Waktu perberhentian di tiap stasiun = 0.5 menit

Berdasarkan data sekunder diatas, didapat waktu rencana yang dibutuhkan, yaitu selama 15 menit tanpa berhenti. Sedangkan, untuk 1 perjalanan MRT dengan pemberhentian di tiap stasiun, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Waktu Total} &= 15 \text{ menit} + (0.5 \text{ menit} \times 4 \text{ stasiun}) \\ &= 17 \text{ menit} \end{aligned}$$

Jadi, total waktu yang dibutuhkan untuk 1 kali perjalanan pergi kereta MRT, yaitu 17 menit.

Rencana Headway

Headway adalah rata-rata interval waktu antara sepasang kendaraan yang beruntun dan diukur pada suatu periode waktu pada satu titik lokasi tertentu. Secara umum headway waktu dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$H = \frac{60 \times C \times Lf}{P} \quad (5)$$

Dimana :

- H = Waktu antara atau headway (menit)
- P = Jumlah penumpang perjam pada seksi terpadat
- C = Kapasitas kendaraan
- Lf = Faktor muat, diambil 70% (pada kondisi dinamis)

Tabel 25 Rencana Headway

TAHUN	HEADWAY (Menit)
2019	10.92
2029	6.69
2039	5.00
2049	5.00

Rencana Jumlah Sarana MRT

Pada perhitungan jumlah rencana sarana ini dibutuhkan waktu rencana perjalanan pulang dan pergi 1 *trainset* dan rencana *headway*. Berdasarkan persamaan 3, didapatkan jumlah rencana sarana MRT pada tabel dibawah ini.

Tabel 26 Rencana Sarana MRT

TAHUN	JUMLAH SARANA (<i>Trainset</i>)	KERETA CADANGAN (<i>Trainset</i>)	TOTAL
2019	3	1	4
2029	4	1	5
2039	9	1	10
2049	9	1	10

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proyeksi *demand* penumpang MRT jalur Lebak Bulus-Tangerang Selatan, yaitu sebesar 47.991.804 penumpang pada tahun 2019. Kemudian mengalami peningkatan disetiap tahun tinjauan dengan jumlah 78.401.601 penumpang di tahun 2029, 159.025.573 penumpang di tahun 2039, dan 394.036.766 penumpang di tahun 2049. Untuk menampung penumpang diatas, dibutuhkan sarana MRT yaitu sebanyak 4 *trainset* dengan 73 jumlah perjalanan pada tahun 2019, kemudian di tahun 2029 bertambah menjadi 5 *trainset* dengan 119 perjalanan, lalu di tahun 2039 sebesar 10 *trainset* dengan 242 perjalanan dan di tahun 2049 bertambah menjadi 10 *trainset* dengan 600 perjalanan. Waktu perjalanan yang dibutuhkan untuk 1 *trainset* MRT, yaitu selama 17 menit.

DAFTAR PUSTAKA

3. A.Indrashanty, S.P. Primadiyanti. *Potensi Permintaan Pengguna Kereta Api Stasiun Tebing Tinggi*. 1:159(2016).
4. BPS Kota Tangerang Selatan. *Kota Tangerang Sekatan Dalam Angka 2018*. Jakarta (2018). p.290-291.
5. BPS Provinsi DKI Jakarta. *Jakarta Dalam Angka 2018*. Jakarta (2018). p.550-554.
6. BPS Provinsi DKI Jakarta. *Statistik Transportasi DKI Jakarta 2018*. Jakarta (2018). p.13-14.
7. BPS Provinsi Jawa Barat. (2018). *Jawa Barat Dalam Angka 2018*. Jawa Barat (2018). p.611-613.
8. D. Siyoto, M. Sodik. *Dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Literasi Media Publishing (2015).
9. F. Miro. *Perencanaan Transportasi Untuk Mhasiswa, Perencana, dan Praktisi*. Jakarta: Penerbit Erlangga (2005).
10. M.S. Pidor, D.W. Karels, M.E. Bolla (2018). *Bangkitan Perjalanan dan Pola Pergerakan Penduduk pada Kecamatan Kelapa Lima*. 7:120(2018).
11. O.Z. Tamin. *Perencanaan, Pemodelan, dan Rekayasa Transportasi : Teori, Contoh Soal, dan Aplikasi*. Bandung: ITB (2008). p.40-44.
12. R. Agustania, Z. Yulfadli. *Sebaran Perjalanan Akibat di Bangun Fasilitas Olahraga (Sport Center) di Kota Bontang*. (Jember, Indonesia 2017). *Prosding Sensei* 1:213(2017).
13. RI (Republik Indonesia). *Peraturan Presiden No. 55 Tahun 2018 tentang Rancangan Induk Transportasi Jabodetabek* (2015).
14. Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung : Alfabeta (2017).
15. S. Sutrisni, Syafi'i, Setiono. *Estimasi Matriks Asal Tujuan (MAT)*. 2:238(2014).
16. T. Aprilliansyah, Herman. *Perkiraan Distribusi Pergerakan Penumpang di Provinsi Jawa Barat Berdasarkan Asal Tujuan Transportasi Nasional*. 1:31-32(2015).
17. T. Pangestu *Analisis Model Bangkitan Pergerakan Kendaraan Pada Sekolah Menengah Kejuruan di Kota Purwokerto*. 1:6-20 (2015).

IDENTIFIKASI PENENTUAN LOKASI PADA PEMBANGUNAN ANJUNGAN CERDAS (STUDI KASUS : WILAYAH PENGEMBANGAN STRATEGIS PADA KAWASAN MALANG – SURABAYA – BANGKALAN)

Dinda Citra Nugraheni¹, Herawati Zetha Rahman², Azaria Andreas³

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

³Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK

Kegiatan transportasi di Indonesia saat ini masih didominasi oleh transportasi angkutan darat yang melalui jalan raya. Undang-undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan mengamanatkan keberadaan fasilitas yang wajib disediakan untuk perjalanan jarak jauh. Sebagai upaya pembangunan Infrastruktur PUPR dengan BPIW, Kementerian PUPR melakukan perencanaan dan pemrograman Infrastruktur PUPR secara terpadu melalui pendekatan 35 Wilayah Pengembangan Strategis (WPS) maka direncanakan pembangunan Anjungan Cerdas yang merupakan pengembangan dari *road side station* yang ada di Jepang yaitu *Michi-No Eki*. Pembangunan Anjungan Cerdas diharapkan dapat meningkatkan aktivitas ekonomi lokal, serta menghubungkannya ke pasar regional atau nasional, sehingga memperkuat perekonomian masyarakat setempat dan wilayah secara keseluruhan. Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kriteria – kriteria dalam penentuan lokasi Anjungan Cerdas dan menentukan potensi pembangunan anjungan cerdas. Dalam mencapai sasaran tersebut, metode Analisa yang digunakan yaitu metode Analisa Multi Kriteria (AMK) digunakan untuk menentukan kriteria dalam penentuan lokasi anjungan cerdas diperoleh hasil kriteria tertinggi yaitu Kriteria Ketersediaan infrastruktur sebesar (22,65 %). Dan untuk menganalisis potensi pembangunan anjungan cerdas dalam WPS 13 Pada Kawasan Malang – Surabaya – Bangkalan Kabupaten Malang memiliki presentase tertinggi sebesar 19,02 %. Selanjutnya dianalisis menggunakan Analisis Deskriptif dan Uji Validasi Pakar. Berdasarkan pada pertimbangan hal tersebut, maka wilayah yang akan dijadikan sebagai pusat pertumbuhan baru dalam mendukung pengembangan WPS Malang-Surabaya-Bangkalan adalah Kabupaten Malang, dengan melakukan pengembangan potensi ekonomi pada sektor pertanian dan perikanan dan kelautan. Kawasan ini menjadi kawasan yang diharapkan dapat tumbuh dan berkembang mengikuti perkembangan wilayah di bagian wilayah lainnya di WPS Malang – Surabaya – Bangkalan. Dengan demikian, disparitas pengembangan wilayah di WPS Malang – Surabaya – Bangkalan dapat terselesaikan, sehingga kesejahteraan masyarakat dapat diwujudkan.

Kata Kunci : Analisis Multi Kriteria, Anjungan Cerdas, *Bench Marking* ,Wilayah Pengembangan Strategis

PENDAHULUAN

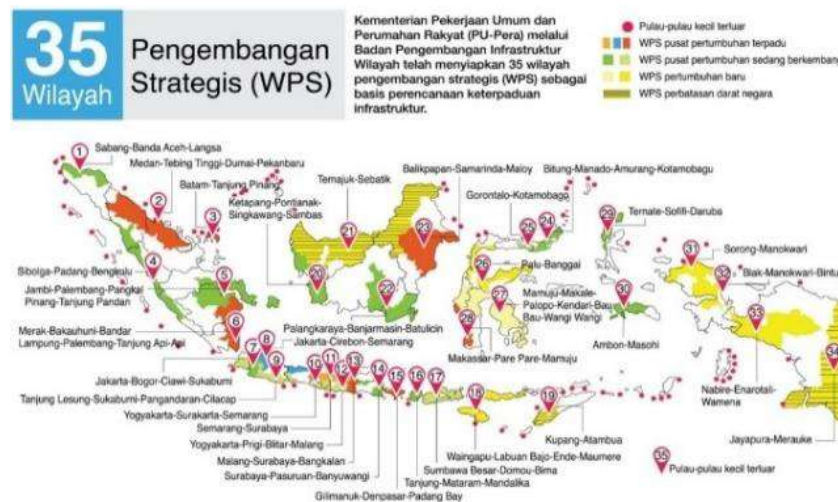
Di Indonesia, Kebutuhan akan fasilitas peristirahatan jalan nasional merupakan hal yang mutlak. Fasilitas peristirahatan ini selain dapat digunakan untuk melepas lelah juga dapat mengurangi potensi terjadinya kecelakaan lalu lintas. Salah satu faktor yang mendorong kecelakaan adalah faktor kelelahan orang dan kendaraan. Untuk itu diperlukan suatu fasilitas yang dapat mereduksi faktor penyebab kecelakaan yaitu dengan menyediakan tempat istirahat. Berdasarkan penelitian Pusat Jalan dan Jembatan (Pusjatan) Balitbang Kementerian PUPR (2015), setiap pengguna jalan membutuhkan istirahat setelah berkendara selama empat jam. Kondisi prima dibutuhkan pengendara agar tingkat konsentrasi dalam berkendara terjaga sehingga mengurangi terjadinya kecelakaan lalu lintas. Kondisi tubuh pengguna jalan yang prima tentunya dibutuhkan pengendara untuk tetap fokus sehingga dapat meminimalisir kecelakaan lalu lintas.

Menurut Peraturan Pemerintah No 34 tahun 2006 tentang jalan, tempat istirahat merupakan perlengkapan jalan yang pelaksanaannya dilakukan oleh penyelenggara jalan. Pengendalian Umum diwajibkan istirahat minimal 30 menit untuk perjalanan selama 4 jam berturut-turut (UU No selama 4 jam berturut-turut (UU No 22/2009, Pasal 90) Pelaku perjalanan membutuhkan waktu istirahat setiap melakukan perjalanan 1-2

jam. Berdasarkan PP tersebut terdapat kewajiban pemerintah untuk dapat menyelenggarakan tempat istirahat sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari penyelenggaraan infrastruktur jalan.

Pembangunan yang dilakukan pemerintah merupakan upaya untuk merealisasikan RPJMN III 2015-2019 yang tertuang dalam Peraturan Presiden Nomor 2 Tahun 2015. Dalam Peraturan Presiden itu dinyatakan bahwa tujuan pembangunan wilayah adalah untuk mengurangi kesenjangan ekonomi antara kawasan barat dan timur Indonesia. Dalam rangka mewujudkan pencapaian sasaran strategis PUPR dilakukan perencanaan, pemrograman, dan pembangunan infrastruktur PUPR melalui Pendekatan Wilayah yang dituangkan dalam 35 Wilayah Pengembangan Strategis (WPS). Pengembangan berbasis WPS merupakan suatu pendekatan pembangunan yang memadukan antara pengembangan wilayah dengan “*market driven*”, yang mempertimbangkan aspek ekonomi, sosial dan lingkungan untuk mendukung penyelenggaraan Pembangunan Infrastruktur Berkelanjutan.

WPS digunakan untuk melihat sejauh mana suatu wilayah dianggap telah terpadu. Dalam pendekatan WPS terdapat kelompok wilayah pengembangan strategis yang digunakan untuk mendeskripsikan definisi pengembangan beberapa kelompok wilayah di Indonesia. Dengan mengetahui suatu kawasan termasuk dalam kelompok WPS pada tahap tertentu, maka dapat dilakukan penggalian potensi dan penciptaan *value creation* dan skenario pengembangan untuk mengembangkan kawasan tersebut dengan layanan infrastruktur terpadu. (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Wilayah, 2016).



Gambar 1. Pembagian Wilayah Pengembangan Strategis di Indonesia
(Sumber: Kementerian PUPR BPIW, 2016)

Michi-no-Eki merupakan fasilitas yang menggerakkan pendapatan komunitas regional berupa penyediaan lapangan kerja. Konsep *Michi-no-Eki* mulai diadopsi di Thailand pada tahun 2006, selanjutnya di Inggris tahun 2010, dan kemudian di negara lainnya. (Kayoko, 2016). *Michi-no-Eki* menerapkan konsep *one stop rest area*, yaitu satu kawasan yang menyediakan seluruh fasilitas yang dibutuhkan oleh pengguna (tempat istirahat, pusat informasi, keamanan, sarana rekreasi, fasilitas jual-beli, sarana lingkungan). *Michi-no-Eki* dalam bahasan Jepang berarti “*Roadside station*” atau anjungan pelayanan jalan. Sistem ini mulai diterapkan di Jepang 20 tahun yang lalu untuk menciptakan lalu lintas yang aman dan nyaman.



Gambar 2. Perkembangan Michi-no-Eki di Negara Lain
(Sumber: Anjungan Pelayanan Jalan BPIW, 2015)

Sejak pertama diluncurkan pada tahun 1993, hingga saat ini di Jepang terdapat kurang lebih 1093 buah Michi-no-Eki. Setiap *Michi-no-Eki* merupakan representasi dari karakteristik unik setiap daerah dan menyediakan informasi daerah setempat, dilengkapi dengan berbagai layanan dan kegiatan yang dapat dinikmati oleh pelanggan. Di Indonesia, akhir tahun 2016 Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui BPIW tengah membangun 2 (dua) Anjungan Cerdas (AC) sebagai pilot project yang salah satunya berada di Bendungan Tugu, Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur. Trenggalek dipilih untuk lokasi pembangunan Anjungan Cerdas karena merupakan salah satu jalur terpanjang di kawasan Selatan Jawa mulai dari Yogyakarta-Malang dan Yogyakarta-Surabaya. Pembangunan AC Trenggalek tersebut juga untuk mendorong pengembangan kawasan pesisir Selatan Jawa. (BPIW, Kementerian PUPR 2016)

Sementara itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penentuan lokasi pembangunan Anjungan Cerdas salah satunya dengan memprioritaskan pembangunan Anjungan Cerdas melalui metode Analisa Multi Kriteria dan metode Analisa Deskriptif. Metode Analisa Multi Kriteria didapatkan dari perbandingan terhadap penilaian yang diberikan terhadap penilaian yang diberikan kepada pihak – pihak (*stakeholder*) yang berkompeten dibidang tersebut melalui kuesioner. Berdasarkan hal yang sudah dikemukakan untuk itu perlu dilakukan penelitian untuk melakukan identifikasi pemilihan lokasi pembangunan Anjungan Cerdas yang saat ini masih bersifat baru bagi masyarakat umum.

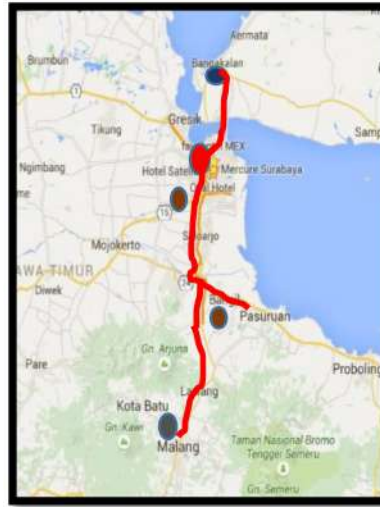
METODE

Metode Penelitian

Pada penelitian kali ini menggunakan jenis pendekatan kuantitatif. Menurut Sugiyono, (2003) metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu.

Gambaran Wilayah Studi

Studi penelitian ini yaitu berada pada Wilayah Pengembangan Strategis (WPS) 13.



Gambar 3. Lokasi WPS 13

(Sumber: Dokumen Profil 35 WPS BPIW, 2016)

Pengumpulan Data Primer

Survey Wawancara

Dari hasil *survey* wawancara dengan responden dengan dinas-dinas, lokasi anjungan cerdas yang dipilih telah berdasarkan kajian tata ruang dan sesuai dengan RTRW dan tata guna lahan. Selain itu, anjungan cerdas relaif lebih memungkinkan untuk dikembangkan di Indonesia dengan mempromosikan potensi wisata dan produk lokal. Dengan adanya Anjungan Cerdas sebagai destinasi wilayah pertumbuhan, maka kehandalan infrastruktur jalan juga akan meningkat. Seperti telah disinggung sebelumnya dalam manfaat anjungan cerdas, yakni penggerak pembangunan yang dapat mendorong perbaikan kehidupan masyarakat.

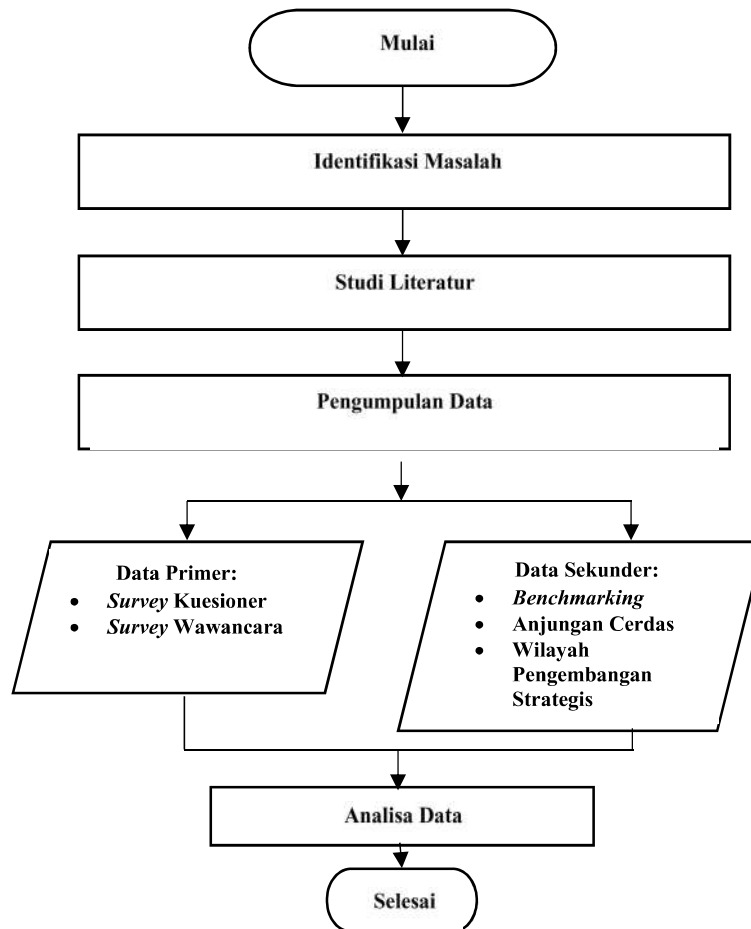
Survey Kuesioner

Dalam studi dan kuesioner ini, akan dibahas mengenai Identifikasi penentuan lokasi pada pembangunan anjungan cerdas dalam wilayah pengembangan strategis pada Kawasan (Malang – Surabaya – Bangkalan). Dalam penelitian ini setelah data aspirasi stakeholder daerah diperoleh, tahap selanjutnya adalah mengolah dan menganalisa data tersebut. Kuesioner ditujukan untuk mencari aspek atau kriteria yang dianggap paling penting dalam identifikasi penentuan lokasi pada pembangunan Anjungan Cerdas.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer ini diperoleh dari hasil wawancara, *survey* kuesioner, dan validasi pakar. Sedangkan data sekunder diperoleh dari hasil penelitian, artikel, penelusuran pustaka, *benchmarking Michi-no Eki*, dan Wilayah Pengembangan Strategis (WPS) 13 pada Kawasan Malang – Surabaya – Bangkalan yang diperoleh dari Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah pada tahun 2017.

Responden dalam penelitian ini melibatkan pihak-pihak yang terkait dengan dibangunnya anjungan cerdas tersebut, baik dalam hal konstruksi, pengelolaan maupun pengembangan anjungan cerdas, dan penelitian pada Identifikasi Pemilihan Lokasi Pembangunan Anjungan Cerdas dalam sebuah infrastruktur sosial, Total Responden mencapai 17 orang, yang berasal dari Instansi, Praktisi, dan Akademisi.

Bagan Alir Penelitian

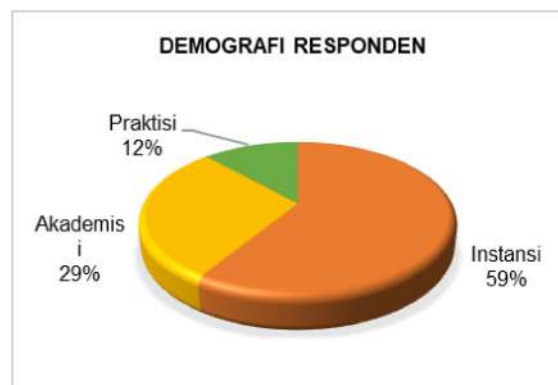


Gambar 4. Bagan Alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Responden

Jumlah responden dalam penelitian ini adalah 17 Orang berdasarkan target responden yang sudah direncanakan dengan menggunakan metode *purposive sampling*. Metode *purposive sampling* yaitu suatu sampel diambil dari latar belakang beberapa instansi yang ditentukan, meliputi Instansi, Akademisi/Pakar, dan Praktisi. Responden dipilih berdasarkan kemampuan dalam memahami manajemen proyek dan pembangunan anjungan cerdas pada sebah infrastruktur.



Gambar 5. Demografi Responden
(Sumber: Hasil Olahan Peneliti, 2019)

Dari proses pengambilan data melalui survey kuesioner persentasi perolehan responden didapat Instansi sebesar (59%), Akademisi sebesar (29%), dan Praktisi sebesar (12%).

Adapun beberapa tahapan dalam proses analisa yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan Kriteria Pembangunan Anjungan Cerdas
2. Menganalisis Prioritas Lokasi Pembangunan Anjungan Cerdas dengan Metode Analisis Multi Kriteria

Kriteria Pembangunan Anjungan Cerdas

Kuesioner yang digunakan adalah kuesioner AMK (Analisis Multi Kriteria). Kuesioner AMK lebih ditujukan untuk mencari aspek/ kriteria yang dianggap paling penting dalam pengelolaan Anjungan Cerdas. Dalam pembuatan kuesioner berdasarkan jurnal dalam kurun waktu 5 (lima) tahun terakhir. Responden akan memberikan bobot pada 5 Kriteria yang sudah diberikan dengan total bobot adalah 100%. Adapun 5 kriteria tersebut yang merupakan hasil dari analisa *benchmarking* dan *survey* wawancara.

1. Potensi Pariwisata
2. Pertumbuhan Ekonomi
3. Pengembangan Kawasan
4. Ketersediaan Infrastruktur
5. Pengembangan Pusat Kegiatan

Dalam studi dan kuesioner ini, akan dibahas mengenai Identifikasi penentuan lokasi pada pembangunan anjungan cerdas dalam wilayah pengembangan strategis pada Kawasan (Malang – Surabaya – Bangkalan). Dalam penelitian ini setelah data aspirasi stakeholder daerah diperoleh, tahap selanjutnya adalah mengolah dan menganalisa data tersebut. Kuesioner ditujukan untuk mencari aspek atau kriteria yang dianggap paling penting dalam identifikasi penentuan lokasi pada pembangunan Anjungan Cerdas. Tabel 5.

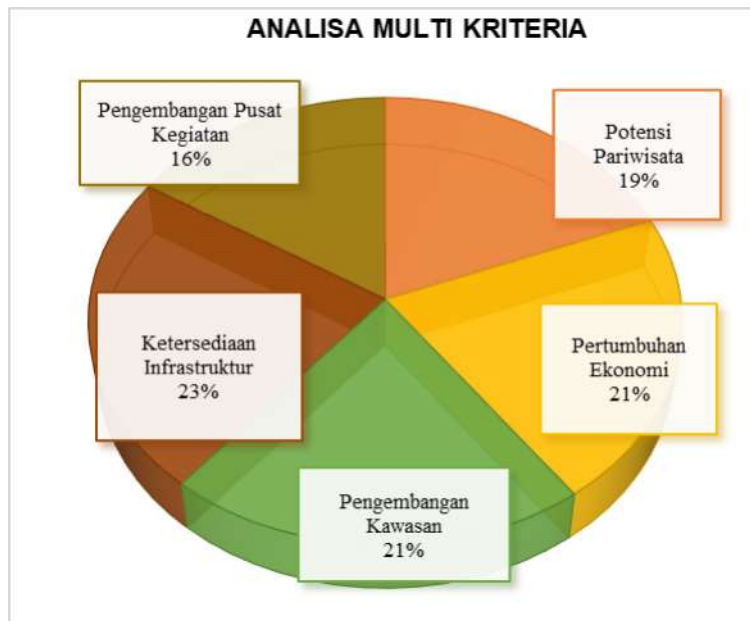
Bobot Prioritas Pembangunan Anjungan Cerdas

NO	KRITERIA	SUB KRITERIA	SUMBER
(1)	(2)	(3)	
A	Potensi Pariwisata	Lokasi pariwisata terintegrasi dengan infrastruktur pada daerah tersebut	Luchman, 2017
		Beragam Obyek daya tarik wisata yang ditampilkan dalam menarik kedatangan wisatawan	Luchman, 2017
		Mengexplore destinasi wisata kepada masyarakat dan menjadi daya tarik bagi masyarakat lokal maupun non lokal	Luchman, 2017
B	Pertumbuhan Ekonomi	Meningkatkan perekonomian masyarakat lokal dengan memasarkan produk daerah tersebut	Sri, 2016
		Memberikan peluang kegiatan ekonomi bagi pelaku ekonomi dan masyarakat sekitar	Luchman, 2017
		Jika nilai ketimpangan ekonomi dapat mengurangi disparitas pada kawasan sekitar.	Ali, 2019
C	Pengembangan Kawasan	Kesesuaian dengan RTRW	Sri, 2016
		Pengembangan kawasan strategis berdasarkan geologi pada suatu wilayah	Sri, 2016
		Bersinergi dengan <i>Landmark</i> disekitar kawasan (mis, Tugu Pahlawan, Patung Sura dan Buaya, Jembatan Suramadu)	Isran, 2015
		Terintegrasi dengan jaringan moda transportasi lain	Alita, 2018

D	Ketersediaan Infrastruktur	Geometrik dan Kondisi Jalan Nasional	Isran, 2015
		Pengembangan aksesibilitas dalam menjangkau suatu lokasi pada daerah tersebut	Luchman, 2017
E	Pengembangan Pusat Kegiatan	Pengembangan sektor usaha mikro kecil dan menengah (UMKM) pada suatu daerah	Bella, 2015
		Berada di kawasan yang memiliki potensi pusat kegiatan yang dapat dikembangkan	Bella, 2015

(Sumber: Data Kuesioner Responden, 2019)

Berdasarkan dari hasil pengolahan kuesioner menggunakan metode Analisa Multi Kriteria yang dapat diintegrasikan dapat dilihat dalam Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Pengolahan Data Kuesioner
(Sumber: Hasil Olahan Peneliti, 2019)

Hasil pengolahan data memperlihatkan bahwa kriteria yang paling penting untuk dipertimbangkan dalam proses identifikasi penentuan lokasi pembangunan anjungan cerdas menurut responden adalah Kriteria Ketersediaan infrastruktur sebesar (22,65 %), Pertumbuhan Ekonomi sebesar (21,24 %), Kawasan sebesar (21,12 %), Potensi Pariwisata sebesar (18,82 %), dan Pengembangan Pusat Kegiatan sebesar (16,18 %). Dapat dikatakan bahwa pada WPS 13 harus memprioritaskan Ketersediaan Infrastruktur dalam kriteria pembangunan anjungan cerdas.

Dari analisa pada level sub kriteria, Kesesuaian RTRW memiliki peringkat tertinggi sebesar (9,06 %), dan peringkat kedua yaitu sub kriteria Terintegrasi dengan jaringan moda transportasi lain sebesar (8,12 %) maka dalam Identifikasi Penentuan Lokasi Pembangunan Anjungan Cerdas memiliki pengaruh besar. Anjungan cerdas yang akan dibangun tentu akan melibatkan partisipasi masyarakat serta peran para pengguna jalan dan masyarakat umum. Anjungan cerdas yang dibangun selain untuk keselamatan jalan tentu mempengaruhi pada pengembangan pariwisata di daerah sekitar sehingga menjadi nilai tambah kelayakan infrastruktur sosial ini.

Prioritas Lokasi Pembangunan Anjungan Cerdas

WPS Bangkalan-Surabaya-Malang meliputi 7 Kabupaten atau Kota diantaranya Kabupaten Bangkalan, Kota Surabaya, Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Malang, Kota Malang dan Kota Batu. Berikut area prioritas dan dielaborasi dengan definisi dari Wilayah pengembangan Strategis (WPS) Kawasan Malang – Surabaya - Bangkalan seperti disampaikan pada berikut.

Tabel 6. Data Luas dan Penduduk di WPS 13 (Bangkalan-Surabaya-Malang)

No	Kabupaten/ Kota	Luas / Wilayah (Km)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan (Jiwa/Km)
1	Kabupaten Malang	3.530,65	2.576.596	730
2	Kabupaten Pasuruan	1.474,02	1.605.307	1.089
3	Kabupaten Sidoarjo	634,38	2.183.682	3.442
4	Kabupaten Bangkalan	1.001,44	970.894	969
5	Kota Malang	145,28	861.414	5.929
6	Kota Surabaya	350,54	2.874.699	8.201

Tabel 7. Data Luas dan Penduduk di WPS 13 (Bangkalan-Surabaya-Malang)

No	Kabupaten/ Kota	Luas / Wilayah (Km)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan (Jiwa/Km)
7	Kota Batu	136,74	203.997	1.492

(Sumber : Provinsi Jawa Timur Dalam Angka, 2018)

Dari Analisa kuesioner yang telah dilakukan pada kuesioner kriteria pembangunan anjungan cerdas, diperoleh bobot pada setiap kriteria yang kemudian bobot tersebut digunakan kembali pada analisa selanjutnya dalam Penentuan Lokasi prioritas Pembangunan Anjungan Cerdas yang terdapat pada tabel 3.

Tabel 8. Bobot Kriteria Pembangunan Anjungan Cerdas

No	Kriteria	Penjelasan	Bobot
1	Potensi Pariwisata	Lokasi Pariwisata terintegrasi dengan infrastruktur transportasi lain, dan Keberagaman obyek wisata yang ada pada suatu daerah tersebut	19%
2	Pertumbuhan Ekonomi	Meningkatkan perekonomian masyarakat lokal dengan memasarkan produk daerah tersebut	21%
3	Pengembangan Kawasan	Pengembangan kawasan strategis sudah tercantum di RTRW, dan berdasarkan geologi pada suatu wilayah	21%
4	Ketersediaan Infrastruktur	Terintegrasi dengan jaringan moda transportasi, Kondisi jalan nasional tergolong baik, sedang atau buruk	23%
5	Pengembangan Pusat kegiatan	Perkembangan UMKM pada daerah tersebut	16%
TOTAL			100%

(Sumber: Hasil Olahan Peneliti, 2019)

Seluruh proses penilaian pada setiap kota dan kabupaten dilakukan dengan menyusun matrik kinerja penilaian seluruh usulan-usulan lokasi pembangunan anjungan cerdas berdasarkan indikator penilaian, sistem penilaian dan bobot kepentingan pada masing-masing kriteria pada identifikasi penentuan pada pembangunan

anjudan cerdas. Setiap usulan lokasi pembangunan anjudan cerdas akan memiliki total skoring yang diperoleh dari total skoring kelima kriteria. Pada tabel 4.4. disampaikan hekapitulasi hasil penilaian usulan-usulan lokasi pembangunan anjudan cerdas.

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Penilaian Kawasan Prioritas

No	Nama Kota	Kriteria 1		Kriteria 2		Kriteria 3		Kriteria 4		Kriteria 5		Total Nilai× bobot
		Potensi Pariwisata		Pertumbuhan Ekonomi		Pengembangan Kawasan		Ketersediaan Infrastruktur		Pengembangan Pusat Kegiatan		
		bobot 19 %		bobot 21 %		bobot 21 %		bobot 23 %		bobot 23 %		
		Total	Nilai×bobot	Total	Nilai×bobot	Total	Nilai×bobot	Total	Nilai×bobot	Total	Nilai×bobot	
1	Kabupaten Malang	19,13	3,63	21,23	4,45	21,18	4,44	22,65	5,21	8,06	1,29	19,02 %
2	Kabupaten Pasuruan	12,89	2,44	21,23	4,45	21,18	4,44	22,65	5,21	8,06	1,29	17,83 %
3	Kabupaten Bangkalan	7,71	1,46	15,94	3,34	14,53	3,05	22,65	5,21	0	0	13,06 %
4	Kota Malang	13,95	2,65	21,23	4,45	21,18	4,44	22,65	5,21	8,06	1,29	18,04 %
5	Kota Surabaya	19,13	3,63	21,23	4,45	21,18	4,44	22,65	5,21	0	0	17,73 %

Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Penilaian Kawasan Prioritas

No	Nama Kota	Kriteria 1		Kriteria 2		Kriteria 3		Kriteria 4		Kriteria 5		Total Nilai× bobot
		Potensi Pariwisata		Pertumbuhan Ekonomi		Pengembangan Kawasan		Ketersediaan Infrastruktur		Pengembangan Pusat Kegiatan		
		bobot 19 %		bobot 21 %		bobot 21 %		bobot 23 %		bobot 23 %		
		Total	Nilai×bobot	Total	Nilai×bobot	Total	Nilai×bobot	Total	Nilai×bobot	Total	Nilai×bobot	
6	Kabupaten Sidoarjo	12,89	2,44	15,94	3,34	2,11	4,44	22,65	5,21	8,06	1,29	16,68 %
7	Kota Batu	19,13	3,63	21,23	4,45	1,57	3,29	22,65	5,21	8,06	1,29	17,87 %

(Sumber: Hasil Olahan Peneliti, 2019)

Berdasarkan hasil analisa potensi pengembangan pada pemabangunan Anjungan Cerdas nilai bobot terbesar yaitu pada Kabupaten Malang sebesar 19,02 %, dilanjutkan oleh Kota Malang sebesar 18,04 %, Kota Batu sebesar 17,87 %, Kabupaten Pasuruan sebesar 17,83 %, Kota Surabaya sebesar 17,73 %, Kabupaten Sidoarjo sebesar 16,68 %, dan Kabupaten Bangkalan sebesar 13,06 %. Dari ke tujuh wilayah yang menjadi cakupan pengembangan WPS Malang-Surabaya-Bangkalan, terdapat *gap* pengembangan pertumbuhan wilayah antara bagian utara dengan bagian selatan, dimana bagian selatan wilayah (Kabupaten Malang Bagian Selatan) mengalami pertumbuhan ekonomi yang lambat dibandingkan dengan bagian utara wilayah.

Hal ini disebabkan karena tingkat aksesibilitas dan ketersediaan sarana dan prasarana pendukung pengembangan ekonomi wilayah adalah rendah. Berdasarkan pada pertimbangan hal tersebut, maka wilayah yang akan dijadikan sebagai pusat pertumbuhan baru dalam mendukung pengembangan WPS malang-Surabaya-Bangkalan adalah Kabupaten Malang, dengan melakukan pengembangan potensi ekonomi pada sektor pertanian dan perikanan dan kelautan. Kawasan ini menjadi kawasan yang diharapkan dapat tumbuh dan berkembang mengikuti perkembangan wilayah di bagian wilayah lainnya di WPS Malang - Surabaya-Bangkalan. Dengan demikian, disparitas pengembangan wilayah di WPS Malang - Surabaya-Bangkalan dapat terselesaikan, sehingga kesejahteraan masyarakat dapat diwujudkan. Sebagaimana yang telah dijelaskan pada bagian analisis sebelumnya, Kabupaten Malang mempunyai potensi untuk pengembangan kegiatan pertanian yang akan dikembangkan menjadi agroindustri serta perikanan dan kelautan. (Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, 2017).

Uji Validasi Pakar atau Ahli

Uji validasi pakar adalah melakukan kegiatan wawancara sebagai validasi dari hasil pengolahan kuesioner dengan analisa deskriptif. Uji validasi pakar dilakukan dari hasil *survey* kuesioner di lapangan dan *interview* dengan responden dengan pihak Instansi, Akademisi, terkait dapat dilihat dari pendapat beberapa responden, dalam penentuan lokasi pembangunan anjungan cerdas pada wilayah pengembangan strategis 13 (Malang – Surabaya – Bangkalan) berdasarkan sub kriteria berada di kawasan yang memiliki potensi pusat kegiatan yang dapat dikembangkan dan memberikan peluang kegiatan ekonomi dan masyarakat sekitar.

1. Akademisi : Pendidikan Doctor (S3)
2. Instansi Pemerintahan : Pendidikan Master (S2)

Berdasarkan hasil Uji Validasi Pakar diatas tidak semua aspek kriteria di beri tanggapan oleh pakar hal ini dikarenakan untuk aspek kriteria no 5 merupakan suatu hal yang esensi dalam menentukan prioritas pembangunan anjungan cerdas. Menurut kedua pakar, kriteria ketersediaan infrastruktur adalah poin penting dalam pembangunan anjungan cerdas pada suatu lokasi. Hal ini dirasa penting karena anjungan cerdas pada prinsipnya harus di jalan nasional. Guna mendukung operasional fasilitas anjungan cerdas smemperoleh pendapat maka ketersediaan infrastruktur adalah hal mutlak bagi perkembangan potensi daerah di lokasi sekitar anjungan cerdas.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian ini menggunakan Analisis Multi Kriteria untuk menentukan Pemilihan Lokasi Pembangunan Anjungan Cerdas pada Studi Kasus WPS 13 Kawasan (Malang – Surabaya – Bangkalan) ini diperoleh kriteria paling dominan adalah Kriteria Ketersediaan infrastruktur sebesar (22,65 %).
2. Berdasarkan analisis prioritas penentuan lokasi pembangunan anjungan cerdas, maka diperoleh hasil sebagai berikut :
 - Urutan ranking prioritas penentuan lokasi pembangunan anjungan cerdas adalah:
 - Kabupaten Malang sebesar (19,02 %)
 - Kota Malang sebesar (18,04 %)
 - Kota Batu sebesar (17,87 %)
 - Prioritas pembangunan anjungan cerdas dengan ranking No. 1 s.d 3 (Kabupaten Malang, dan Kota Malang, dan Kota Batu) merupakan prioritas pembangunan anjungan cerdas yang menghubungkan pusat kegiatan terpenting (PKN/PKSN) dan terkoneksi dengan simpul-simpul transportasi utama (Jalan, Terminal, Bandara, Pelabuhan) yang ada di Provinsi Jawa Timur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, Kementerian Pakerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang telah memberikan dukungan data dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyani, S., & S., M. (2016). Jurnal Hasil Penelitian LPPM : Strategi Pengembangan Desa Wisata di Kawasan Hinterland Gunung Bromo, Jawa Timur. Surabaya. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Februari 2016, Vol. 01, No. 01, hal 33 – 52.
- Cahyo, Ali. (2019). Analisis Ketimpangan Perekonomian di Provinsi Jawa Timur dan Faktor yang Mempengaruhinya. Vol
- Dian, A. (2016). Sinergi-Bulletin : Anjungan Cerdas Jembatan Menuju Percepatan Pertumbuhan Ekonomi . Jakarta. Badan pengembangan Infrastruktur Wilayah .
- Government, N. Z. (2015). Living Standars : A Short Guide to "Social Infrastructure". Vol 1.
- Novitasari, B., & Bandiyah. (2017). Impelementasi Kebijakan Pembangunan Pariwisata dalam Peningkatan Sektor Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) di Obyek Wisata Pulau Merah Kabupaten Banyuwangi. Vol 1.
- Qurrotuain, K. (2014). Jurnal Kecenderungan Pemilihan Lokasi Pemukiman Berdasarkan Analisis Multi Kriteria di Kota Manado.
- Weku, Winsy Chirsto Deilan. (2012). Jurnal Ilmiah Sains : Kecenderungan Pemilihan Lokasi Pemukiman berdasarkan Analisis Multikriteria di Kota Manado. Vol.12, No.2, Oktober 2012
- Kayoko H. Murakami. (2016). *An analysis of how roadside stations, "Michi-no-eki", function to promote local revitalization*. Jepang. Vol 1.
- Safitri, Desvia. (2012). Multi Kriteria Terhadap Pemilihan Alternatif Pengolahan Sampah Organik Dengan Menggunakan Metode Analytical Network Process (Studi Kasus: Kota Sungai Penuh - Jambi). ITB. Bandung. Vol

ANALISIS KELAYAKAN FINANSIAL DAN PENERAPAN KPBU PADA PROYEK PEMBANGUNAN ANJUNGAN CERDAS (STUDI KASUS: ANJUNGAN CERDAS TUGU, KABUPATEN TRENGGALEK, JAWA TIMUR)

Trias Utami Putri W¹, Herawati Zetha Rahman², dan Azaria Andreas.³

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

³Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK

Dalam UU No.22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan serta Peraturan Pemerintah No.34 Tahun 2006 tentang jalan mengamanatkan keberadaan tempat istirahat merupakan fasilitas yang wajib disediakan untuk perjalanan jarak jauh. Di samping itu, kebutuhan akan fasilitas peristirahatan hal yang mutlak serta dapat mengurangi resiko kecelakaan. Pengembangan Anjungan Cerdas sebagai aglomerasi ekonomi, pengembangan destinasi di wilayah dan dapat diarahkan dengan skema pembiayaan yang melibatkan Swasta. Agar bisa menarik minat swasta maka diperlukan analisis kelayakan finansial dengan metode *Life Cycle Costing* (LCC) dimana hasilnya dicek dengan indikator kelayakan berupa *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR), mengetahui potensi dari pengelolaan Anjungan Cerdas yang dapat menghasilkan *revenue*, dan mengimplementasikan Skema Pembiayaan KPBU pada Anjungan Cerdas. Beberapa potensi pengelolaan di Anjungan Cerdas yaitu potensi ekonomi, kesenian dan budaya, dan pariwisata. Kajian Analisis Kelayakan Finansial dengan Metode *Life Cycle Costing* (LCC) dimana hasilnya akan di analisis dengan indikator kelayakan berupa NPV dan IRR. Dari beberapa skenario yang dikembangkan diperoleh hasil sebagai berikut indikator Kelayakan Finansial dengan Pembiayaan Investasi Badan Usaha dan Skema KPBU BOT diperoleh NPV negatif, dan $IRR < 9.25\%$ dinyatakan *Project* tidak layak maka diperlukan skema pembiayaan yang melibatkan pihak lain. Kelayakan Finansial dengan Skema KPBU OM, dimana pembiayaan investasi skema KPBU OM adalah pembiayaan konstruksi murni pemerintah dan pengelolaan dikelola swasta, dapat dikatakan layak secara finansial.

Kata kunci : *Anjungan Cerdas, Indikator Kelayakan Finansial, IRR, KPBU, NPV.*

PENDAHULUAN

Menurut American Public Works Association (Stone, 1974 Dalam Kodoatie, R., 2005), Infrastruktur adalah fasilitas-fasilitas fisik yang dikembangkan atau dibutuhkan oleh agen-agen publik untuk fungsi-fungsi pemerintah dalam penyediaan air, tenaga listrik, pembuangan limbah, transportasi dan pelayanan-pelayanan similar untuk memfasilitasi tujuan-tujuan sosial dan ekonomi. Sedangkan definisi lain infrastruktur menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2015, infrastruktur adalah fasilitas teknis, fisik, sistem, perangkat keras, dan lunak yang diperlukan untuk melakukan pelayanan kepada masyarakat dan mendukung jaringan struktur agar pertumbuhan ekonomi dan sosial berjalan dengan baik. Beberapa contoh infrastruktur yang sangat memiliki dampak penting adalah sekolah, rumah sakit, stadion, bandara, jalan raya dan rest area (tempat peristirahatan).

Anjungan Cerdas merupakan fasilitas jalan nasional yang merupakan pengembangan dari Rest Area sehingga selain untuk keselamatan pengguna jalan juga memberikan manfaat kepada pertumbuhan ekonomi lokal dan peningkatan pendapatan masyarakat disekitarnya. Karenanya anjungan cerdas harus mampu mengintegrasikan berbagai dimensi infrastruktur baik multisektor maupun multipurpose, sebagai “bridge” antara Gap Ekonomi di kawasan perkotaan dan non perkotaan dan mengurangi disparitas antar kawasan, sebagai media promosi, edukasi dan pelatihan, Informasi (sosial, budaya), dan memiliki fasilitas penunjang, menciptakan konektivitas antara *backbone* utama dengan komunitas lokal secara lebih kuat dan teratur, mampu mengangkat identitas kawasan (terutama sebagai penghasil perikanan premium), mendorong *entrepreneurship* di suatu kawasan; sebagai stimulan yang difokuskan bagi kesejahteraan masyarakat sekitarnya.

Untuk Di Indonesia, akhir tahun 2016 Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui BPIW tengah membangun 2 Anjungan Cerdas (AC) sebagai pilot project yang salah satunya berada di

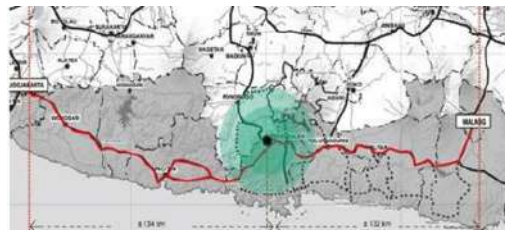
Bendungan Tugu, Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur. Trenggalek dipilih untuk lokasi pembangunan AC karena merupakan salah satu jalur terpanjang di kawasan Selatan Jawa mulai dari Yogyakarta-Malang dan Yogyakarta-Surabaya. Pembangunan AC Trenggalek tersebut juga untuk mendorong pengembangan kawasan pesisir Selatan Jawa.

Pembangunan Anjungan Cerdas ini dilaksanakan melalui kontrak multiyear selama tiga tahun dan sepenuhnya menggunakan APBN. Walaupun pendanaan pembangunan Anjungan Cerdas Trenggalek dibiayai sepenuhnya dari APBN, namun hingga saat ini pola Pengelolaan Anjungan Cerdas saat ini dioperasikan belum dirumuskan. Dengan keterbatasan anggaran pemerintah pusat, tentu diharapkan pengelolaan Anjungan Cerdas tidak lagi menjadi beban pemerintah pusat, melainkan dapat dikelola melalui skema-skema pembiayaan lainnya.

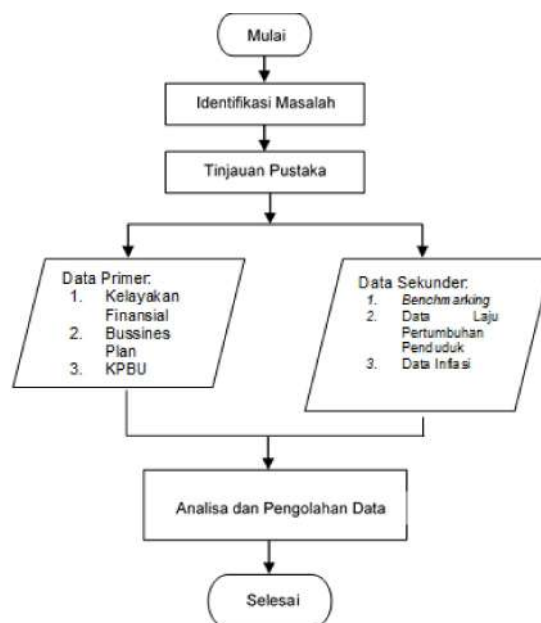
Sementara itu, ada beberapa aspek yang harus dipertimbangkan dalam pembangunan Anjungan Cerdas ini salah satunya adalah permasalahan dari segi kelayakan investasi di Indonesia yang senantiasa diasosiasikan dengan ketidakpastian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi potensi dari pengelolaan Anjungan Cerdas yang dapat menghasilkan *revenue*/penghasilan, melakukan kajian Analisa Kelayakan Finansial dengan Metode *Life Cycle Costing* (LCC) dimana hasilnya akan dianalisa dengan indikator kelayakan berupa *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR), mengetahui implementasi skema pembiayaan KPBU dalam Anjungan Cerdas.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada infrastruktur Anjungan Cerdas yang dibangun di Lokasi Desa Nglingsis, Kecamatan Tugu, Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur. Posisi Anjungan Cerdas terletak di WPS (Wilayah Pengembangan Strategis) 12 Yogyakarta-Prigi-Blitar-Malang menurut Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah (BPIW, Kementerian PUPR) sebagai pemilik *pilot project* pengembangan Anjungan Cerdas.



Gambar 1 Lokasi Penelitian



Gambar 14 Bagan Alir Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer ini diperoleh dari hasil wawancara terhadap para pakar, yaitu data Anjungan cerdas, Kelayakan finansial

Anjungan Cerdas, *Bussines Plan*, dan KPBU. Sedangkan data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi: data laju pertumbuhan penduduk, dan data inflasi dari data Bank Indonesia tahun 2015-2018. Adapun beberapa tahapan dalam proses analisa yang dilakukan adalah sebagai berikut :

Asumsi Dasar Perhitungan

- Berikut salah satu dari analisis finansial, yaitu asumsi dasar perhitungan dimana kebutuhan-kebutuhan data yang akan melengkapi perhitungan tersebut.
-

Tabel 27 Asumsi Dasar Perhitungan

No.	Keterangan	%		Sumber
1	Suku bunga Pinjaman	9.95%		Sumber : suku bunga michi no Eki 1 %, Otoritas Jasa Keuangan (bank BRI, Mandiri, BNI)
2	Tahun Kenaikan Tarif	1	Tahun	
3	Kenaikan Traif	4%	per 1 tahun	
4	Inflasi/tahun	3.51%		Sumber : Bank Indonesia, www.bi.go.id, 2015-2018
5	Pertumbuhan demand	1.36%		Sumber : BPS, 2015-2020
6	PPN	10%		
7	Masa Penyusutan Aset	30	Tahun	
8	Durasi Konstruksi	3	Tahun	Sumber : Tempo.com
9	Tax Rate	25%		Sumber: UU no. 36 th 2008, tentang Pajak Penghasilan
10	Presentase Pendapatan			
	3 Tahun Pertama	50%		Justifikasi pakar masalah presentase
	Sampai tahun ke 10	75%		
	Setelah Tahun ke 10	90%		
11	Presentase CAPEX			
	Tahun Pertama	10%		Justifikasi pakar masalah presentase
	Tahun Kedua	80%		
	Tahun Ketiga	100%		
12	Presentase CAPEX Tambahan			
	Tahun ketiga	100%		
13	Debt			
	Debt portion (D)	1%		
14	Cost of debt (Kd)	9.00%		Sumber: pinjaman jangka panjang infrastruktur Jabodabek 2018

Komponen Biaya;

Beberapa komponen biaya yang didapat antara lain;

a. CAPEX (*Capital Expenditure*)

Ada beberapa jenis investasi yang didapat yaitu, Investasi Utama dan investasi tambahan. (dalam juta Rupiah)

Tabel 28 Nilai Capex (*Capital Expenditure*) Utama dan Tambahan Anjungan Cerdas Tugu, Trenggalek

JENIS CAPEX UTAMA	TAHUN OPERASIONAL 2022
Pengadaan Lahan	24,158
Desain	8,629
Gedung Serbaguna	22,423
Lanskap	12,346
Infrastruktur	33,569
Mekanikal, Elektrikal dan Plumbing	20,400
Test and Commissioning	1,506
Persiapan	2,557
Perawatan	3,227
Lain-lain	1,828
Sub Total	130,645

JENIS CAPEX TAMBAHAN	JUMLAH	TAHUN OPERASIONAL 2022
Fasilitas galeri		367
Fasilitas convention center		419
Fasilitas restaurant dan food court		205
Fasilitas komoditas lokal		74
Fasilitas kantor pengelola		197
Fasilitas masjid		44
Fasilitas <i>health care</i> dan ATM		94
Fasilitas <i>vieweing deck</i>		30
Sub Total		1,432
Kontingensi	5%	6,604
PPN	10%	13,868
Sub Total		152,548
JUMLAH SELURUH CAPEX		152,548

b. OPEX (*Operation and Maintenance Expenditure*)

Biaya operasi dan biaya pemeliharaan untuk menjaga kelangsungan aset dan menjamin aktivitas perusahaan yang direncanakan berlangsung dengan baik.

Tabel 29 Biaya Proyek dalam Skala 5 Tahunan Anjungan Cerdas Tugu, Trenggalek

	1	5	10	15	20	25	30
TAHUN	2020	2024	2029	2034	2039	2044	2049
Pegawai	-	648	1,154	1,646	1,956	2,325	2,763
Kebutuhan Air	-	10	18	25	30	35	42
Biaya Listrik	-	139	248	353	420	499	593
Biaya Kebersihan	-	155	277	394	469	557	662
Biaya Internet	-	16	28	40	48	57	67
Biaya Keamanan	-	158	282	402	478	568	675
Retribusi Hiburan	-	16	28	40	48	57	67
Retribusi Iklan	-	9	17	24	28	33	40
PPN	-	36	64	92	109	130	154

Komponen Pendapatan;

- Jumlah uang yang diterima dari beberapa sewa ruang dan pendapatan lain-lainnya.

Tabel 30 Pendapatan Proyek dalam Skala 5 Tahunan Anjungan Cerdas Tugu, Trenggalek

	1	5	10	15	20	25	30
TAHUN	2020	2024	2029	2034	2039	2044	2049
Sewa Ruang/ Tenant	-	227	415	605	736	896	1,090
ATM	-	27	49	71	87	105	128
Ampitheater	-	8	15	21	26	32	39
Gallery	-	134	244	356	433	527	641
Outbound	-	7	12	18	22	27	33
Pendapatan Lain-Lain							
Service Charge	-	441	537	653	795	967	1,176
Parkir	-	2,306	2,805	3,413	4,153	5,052	6,147
Jasa Toilet	-	5,356	6,517	7,929	9,647	11,737	14,279
Jasa Listrik	-	41	74	108	131	160	194
Jasa Iklan	-	156	285	416	506	616	749

Menentukan Indikator Kelayakan;

- Menurut Husnan dan Suwarsono (1997) Analisis kelayakan finansial adalah alat yang digunakan untuk mengkaji kemungkinan keuntungan yang diperoleh dari suatu penanaman modal. Tujuan dilakukan analisis kelayakan finansial adalah untuk menghindari keterlanjuran penanaman modal yang terlalu besar untuk kegiatan yang ternyata tidak menguntungkan. Menurut Suratman (2002) Aspek finansial ini berkaitan dengan penentuan kebutuhan jumlah dana dan sekaligus alokasinya serta mencari sumber dana yang berkaitan secara efisien sehingga memberikan keuntungan maksimal. Kriteria investasi tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. *Net Present Value* (NPV)

- Nilai Sekarang Bersih (*Net Present Value*) merupakan teknik untuk menghitung besarnya *cash flow* dalam jangka waktu yang lama seperti halnya dalam proyek infrastruktur (Zetha, Azaria,dkk, 2017). *Net Present Value* dapat dirumuskan:

$$NPV = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{Bt-Ct}{(1+i)^t} \quad (1)$$

- Dimana:
- Bt = Benefit pada tiap tahun
- Ct = Cost pada tiap tahun
- t = 1,2,3,....
- n = Jumlah tahun
- i = Tingkat suku bunga
- Kriteria kelayakan pada metode NPV adalah :

- NPV > 0 atau positif : maka proyek layak/diterima,
- NPV = 0 atau netral: maka proyek tersebut mengembalikan sama besarnya nilai uang yang ditanamkan,
- NPV < 0 atau negatif : maka proyek tidak layak untuk dilaksanakan.

Dengan ENPV; nilai sekarang bersih ekonomi didefinisikan sebagai jumlah NPVs arus kas ekonomi tahunan selama periode analisis menggunakan tingkat diskon sosial. *Equity Net Present Value* dapat dirumuskan:

$$\sum_{t=1}^n (B - C)t (1 + i_s)^{-t} \text{ENPV} = \quad (2)$$

- Dimana
- B = Arus Kas Masuk
- C = Arus Kas Keluar
- (B-C)t = *Net Cash flow within the period t*
- i_s = tingkat suku bunga
- n = Jumlah tahun
-
- Jika ENPV positif, maka harus dianggap sebagai dapat diterima karena memenuhi persyaratan profitabilitas di tingkat diskon sosial. (Sumber: Liu Zhenya, 2015)

b. *Internal Rate of Return (IRR)*

- *Internal Rate of Return* adalah tingkat diskonto atau *discount rate* yang menyamakan nilai sekarang (*present value*) aliran kas masuk bersih dengan nilai sekarang (*present value*) investasi atau nilai sekarang bersih sama dengan nol. Suatu investasi dikatakan layak dan menguntungkan untuk dijalankan apabila IRR lebih besar dari *cost of capital* yang diasumsikan. *Internal Rate of Return* dapat dirumuskan: (Sumber: Lina S, P.Alit, 2016)

$$\text{IRR} = \sum_{t=1}^n \frac{Bt - Ct}{(1 + i)^t} = 0 \quad (3)$$

- Dengan EIRR ini adalah "tingkat pengembalian" di mana jumlah NPV dari arus kas tahunan selama periode analisis sama dengan nol. Dapat dihitung dengan menggunakan: (Sumber: Liu Zhenya, 2015)

$$\text{ENPV} = \sum_{t=1}^n (B - C)t(1 + \text{EIRR})^{-t} = 0 \quad (4)$$

- Dimana:
- B = Arus Kas Masuk
- C = Arus Kas Keluar
- (B-C)t = *Net Cash flow within the period t*
- n = Jumlah tahun
- t = 1,2,3,.....

HASIL

Analisis Finansial Badan Usaha

Indikator Kelayakan Finansial dengan Metode NPV dan IRR Menggunakan Investasi Badan Usaha. Dimana analisis finansial ini murni menggunakan anggaran pemerintah.

Tabel 31 Indikator Kelayakan Finansial dengan Metode NPV dan IRR menggunakan

Investasi Badan Usaha

Masa Kerjasama	30 TH	25 TH	20 TH	15 TH
Project IRR	2.20%	0.17%	-3.37%	-10.27%
Project NPV	- 81,573.25	- 104,089.78	- 128,401.28	- 153,146.13

Didapat hasil NPV negatif, dan IRR < 6 %, maka *Project* Investasi Anjungan Cerdas tidak layak dari segi Finansial. Oleh karena itu, diperlukan Skema Pembiayaan yang melibatkan pihak lain.

Analisis Finansial Skema KPBU BOT (*Bulid, Operate, and Transfer*)

Indikator Kelayakan Finansial dengan Metode NPV dan IRR Menggunakan Skema KPBU BOT. Dimana Skema KPBU BOT, menggunakan skema 30% *equity*, 70% pinjaman.

Tabel 32 Indikator Kelayakan Finansial dengan metode NPV dan IRR menggunakan Skema KPBU BOT

Masa Kerjasama	30 TH	25 TH	20 TH	15 TH	10 TH
Project IRR	6.23%	5.03%	3.00%	-7.52%	-17.22%
Project NPV	134,847	119,894	103,563	85,732	66,269
Equity IRR	3.10%	1.66%	-0.64%	-4.74%	-13.58%
Equity NPV	155,644	150,709	144,222	135,699	124,503

Didapat hasil NPV > 0, dan IRR < 9.25% maka *Project* Investasi Anjungan Cerdas tidak layak dari segi Finansial. Oleh karena itu, diperlukan Skema Pembiayaan dari pihak swasta.

Masa Kerjasama	30 TH	25 TH	20 TH	15 TH	10 TH
Project IRR	18.67%	18.47%	17.37%	16.27%	11.77%
Project NPV	104,981	90,028	73,697	55,866	46,429
Equity IRR	280.39%	280.39%	280.39%	280.39%	280.39%
Equity NPV	120,563	115,628	109,142	100,619	89,422

Analisis Finansial Skema KPBU OM (*Operation and Maintenance*)

Indikator Kelayakan Finansial dengan metode dengan Metode NPV dan IRR Menggunakan Skema KPBU OM. Dimana Skema KPBU OM ini merupakan biaya konstruksi murni pemerintah, pihak swasta sebagai pengelolaan.

Tabel 33 Indikator Kelayakan Finansial dengan metode NPV dan IRR menggunakan Skema KPBU OM

Didapat NPV = 0, maka IRR > 9.25% maka *Project* Investasi Anjungan Cerdas layak dari segi Finansial. Oleh karena itu, diperlukan Skema Pembiayaan dari pihak swasta.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Potensi yang dapat dikembangkan di Anjungan Cerdas untuk mendapatkan revenue/pendapatan yaitu,
 - a. Potensi Ekonomi
 - b. Potensi Kesenian dan Budaya
 - c. Potensi Pariwisata
2. Bahwa jika Pengelolaan Anjungan Cerdas dilakukan murni oleh Pemerintah maka berdampak besar subsidi yang dibutuhkan oleh Pemerintah terbukti dengan nilai Net Present Value (NPV) < 0, dan nilai

Internal Rate of Return (IRR) < suku bunga. Maka Project Investasi Anjungan Cerdas tidak layak dari segi Finansial. Dengan demikian, diperlukan Skema Pembiayaan yang melibatkan pihak lain.

3. Oleh karena itu, jika diterapkan dengan skema KPBU Build Operate Transfer (BOT) dibutuhkan 30% ekuitas 70% pinjaman. Jika dengan skema KPBU Operation and Maintenance (OM) maka ini adalah hal yang sangat memungkinkan dan direkomendasikan untuk diterapkan

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang telah memberi dukungan data dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alfen, H. W., Kalidindi, S. N., Ogunlana, S., Wang, S., Abednego, M. P., FrankJungbecker, A., ... & Zhao, G. (2009). *Public-Private Partnership in infrastructure development: Case studies from Asia and Europe*
2. Azaria Andreas, Herawati Zetha Rahman, Imam Hagni, dkk, 2017. *Kajian Kelayakan Ekonomi Pengembangan Dan Pengelolaan Light Rail Transit (Lrt) Di Kota Batam*. Konferensi Nasional Inovasi Lingkungan Terbangun – FTSP UII 2017
3. Badan Pusat Statistik, 2018. *Statistik Daerah Kabupaten Trenggalek 2018*. Trenggalek: BPS Kabupaten Trenggalek.
4. Bank Indonesia, 2018. Inflasi:<URL: <https://www.bi.go.id/id/moneter/inflasi/bi-dan-inflasi/contents/penetapan.aspx>> [Akses 28 April 2019]
5. Bappenas, 2015. *Proyeksi Penduduk Indonesia 2010-2035*. Jakarta: Bappenas
6. Bappenas, 2015. *Rencana Pembangunan Infrastruktur*. Jakarta
7. Husnan, S & Suwarsono. *Studi Kelayakan Proyek.*, Ed ke-4 (Yogyakarta: UPP. AMP YKPN, 2000)
8. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2016. *Penyusunan Pedoman Pengelolaan Anjungan Cerdas 2016*. Jakarta: Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah.
9. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017. *Pedoman Pelaksanaan KPBU Dengan Mekanisme Pembayaran Ketersediaan Layanan (Availability Payment) Bidang PUPR*. Jakarta: Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah.
10. Langdon, Davis, 2006. *Literature review of Life Cycle Costing (LCC) and life cycle assessment (LCA)*.
11. Lina Sarasdevi Santosa, P.Alit Suthanaya, I B. Rai Adnyana, 2016. *Studi Kelayakan Ekonomi Pembangunan Underpass Pada Simpang Jl. Gatot Subroto-Jl. Ahmad Yani Di Kota Denpasar*. Jurnal Spektran, Vol.4, No.1, Januari 2016.
12. Michi-no-Eki Network. What are Michi-no-Eki. 2016. Retrieved July 22, 2016, from <http://www.michi-no-eki.jp/en-what/?language=1>.
13. Mitusbishi Research Institute, 2009. *Roadside Station Masterplan*.
14. Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan Nasional
15. Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Barang Milik Negara/Daerah
16. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2015. *Kerjasama Pemerintah dengan Badan Usaha dalam Penyediaan Infrastruktur*. Jakarta
17. Stone, 1974 Dalam Kodoatie, R., 2005. *Professional Education in Public Works Environmental Engineering and Administration*, American Public Work Association, Chicago.
18. Sugiyono, 2003. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Bandung: Alfabeta, 2003.
19. Suratman.(2002). *Studi Kelayakan Proyek*. Jakarta:Gramedia.
20. Transport and Urban Development Department, *World Bank*. Guidelines for Roadside Stations, Michinoeki, 2016
21. Undang-Undang No. 22 Tahun 2009. *Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Jakarta
22. Zhenya Liu.(2015).*Ultra-High Voltage AC/DC Grids*. The Boulevard, Langford Lane, Kidlington,Oxford OX5 1GB, UK. China Electric Power Press, Published by Elsevier Inc.

ANALISIS PEMILIHAN ALTERNATIF RUTE TRANSPORTASI KERETA API DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANALISA MULTIKRITERIA

(Studi Kasus: Penyelenggaraan Perkeretaapian Kota Banda Aceh)

Algonio Dwi Aryanto¹, Herawati Zetha Rahman², dan Azaria Andreas.³

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

³Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRAK

Kota Banda Aceh adalah salah satu kota yang berada di Aceh dan menjadi Ibu kota Provinsi Aceh, Indonesia. Banda Aceh menjadi pusat kegiatan ekonomi, politik, sosial dan budaya sehingga pembangunan infrastruktur di Kota Banda Aceh sangat diperlukan. Berkenaan dengan Rencana Induk Perkeretaapian Nasional tahun 2018 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Perkeretaapian Kementerian Perhubungan, dijelaskan bahwa jaringan dan layanan transportasi kereta api perkotaan di wilayah Kota Banda Aceh dan sekitarnya akan dilakukan pada periode 2020-2024. Pembangunan jaringan prasarana perkeretaapian di Aceh juga di atur dalam Peraturan Gubernur Aceh Nomor 58 Tahun 2014 tentang Rencana Induk Perkeretaapian Aceh, yang dimana berisi perencanaan tiga alternatif rute kereta api yang menghubungkan antara Bandara International Sultan Iskandar Muda dengan Pelabuhan Ulee Lheue. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis terhadap ketiga alternatif rute tersebut dengan membandingkan karakteristik eksisting yang dilaluinya menggunakan metode Analisa Multikriteria dengan meninjau aspek tata guna lahan dan juga aspek teknis. Analisis dilakukan berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 tahun 2012 dan Peraturan Menteri Perhubungan No. 11 tahun 2012, dari data sekunder yang diperoleh kemudian diproses menggunakan ArcViewGIS dan menghasilkan data yang dapat dibandingkan dari masing-masing rute kriteria yang paling baik untuk direalisasikan. Hasil analisis menghasilkan bahwa alternatif prioritas terbaik adalah alternatif rute 1 yang melewati tiga kecamatan, yaitu kecamatan Banda Raya, kecamatan Jaya Baru, dan kecamatan Meuraxa. Hal ini dikarenakan alternatif rute 1 tidak banyak melewati pemukiman warga, memiliki topografi yang cukup landai, menghindari zona bahaya tsunami, memiliki tingkat konstruksi yang cukup rendah dibandingkan dengan alternatif rute yang lain, dan sedikit memiliki hambatan lingkungan yang berada pada pesisir pantai, sehingga alternatif rute 1 memiliki bobot prioritas sebesar 21 lebih besar dibandingkan alternatif rute 2 bobot prioritas 17 dan alternatif 3 bobot prioritas 14.

Kata kunci : Analisa Multikriteria, Alternatif Rute, Trase, RIP-Aceh

PENDAHULUAN

Transportasi perkeretaapian mempunyai banyak keunggulan dibanding moda transportasi yang lain antara lain: kapasitas angkut besar (massal), cepat, aman, hemat energi dan ramah lingkungan serta membutuhkan lahan yang relatif sedikit. Semakin kuatnya isu lingkungan, maka keunggulan kereta api dapat dijadikan sebagai salah satu alasan yang kuat untuk membangun transportasi perkeretaapian sehingga terwujud transportasi yang efektif, efisien dan ramah lingkungan. Keberpihakan pada pengembangan transportasi perkeretaapian berarti ikut serta dalam program penghematan energi dan peningkatan kualitas lingkungan.

Pembangunan transportasi perkeretaapian Kota Banda Aceh diharapkan mampu menjadi tulang punggung angkutan barang dan angkutan penumpang perkotaan sehingga dapat menjadi salah satu penggerak utama perekonomian kota itu sendiri. Penyelenggaraan transportasi perkeretaapian Kota Banda Aceh yang terintegrasi dengan moda transportasi lainnya dapat meningkatkan efisiensi penyelenggaraan perekonomian Kota Banda Aceh. Oleh karena itu penyelenggaraan perkeretaapian Kota Banda Aceh di masa depan harus mampu menjadi bagian penting dalam struktur perekonomian kota tersebut.

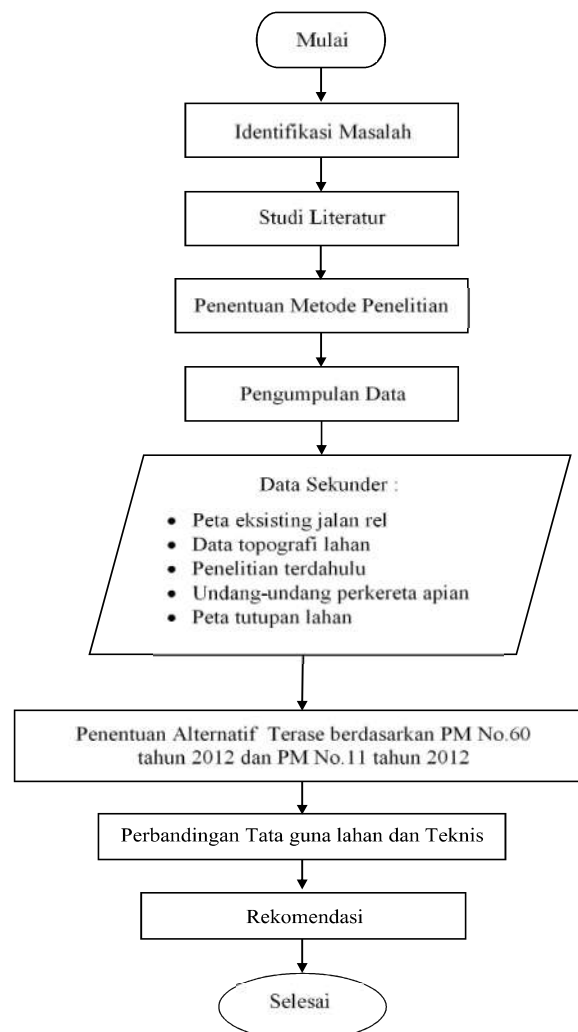
Kondisi perekonomian Kota Banda Aceh yang semakin membaik ditandai dengan meningkatnya kemampuan daya beli masyarakat yang berimbas pada laju pertumbuhan kendaraan pribadi yang semakin banyak baik kendaraan roda dua dan roda empat. Ketidakmampuan kapasitas jalan dalam mengimbangi

pertumbuhan kendaraan akan mengakibatkan kemacetan di wilayah perkotaan. Pada kenyataannya, pengembangan kapasitas jalan untuk Kota Banda Aceh dan sekitarnya sudah maksimal akan tetapi kondisi beberapa ruas jalan, khususnya saat jam-jam sibuk sudah mulai terjadi kejenuhan (kemacetan). Kondisi ini dikhawatirkan akan terus berkembang dan memberi dampak yang lebih serius dalam satu dasawarsa kedepan. Untuk mengatasi persoalan ini, Pemerintah Aceh berencana untuk mengembangkan transportasi massal (*Mass Rapid Transport*) melalui salah satunya adalah pengembangan kereta api perkotaan.

Pembangunan jaringan kereta api di daerah Kota Banda Aceh menjadi sangat penting, sehingga diharapkan dengan adanya angkutan massal tersebut, pergerakan ekonomi di kawasan Kota Banda Aceh dapat meningkat perekonomian lebih cepat dan dapat mengurangi isu kesenjangan sosial antar wilayah. Sebagai salah satu upaya untuk pengembangan wilayah dan dalam rangka perwujudan penyelenggaraan perkeretaapian di wilayah Kota Banda Aceh, perlu dilakukan penelitian tentang pembangunan jalur Kereta Api antara Kota Banda Aceh dari aspek teknis dan aspek tata guna lahan, sehingga dapat menemu kenali potensi-potensi yang ada dan pada akhirnya dapat menunjang pergerakan orang maupun barang di wilayah Kota Banda Aceh. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alternatif rute kereta api dari rute-rute yang sudah ada kemudian diidentifikasi dan memberikan rekomendasi alternatif rute kereta api yang terpilih untuk dapat di realisasikan

METODE ANALISIS

Untuk metode tahapan penelitian, penelitian ini mencoba menerangkan dengan membagi beberapa cara dalam pencarian masalah yang kemudian tertuju pada pemecahan masalah yaitu: dengan melakukan Pra penelitian, pengumpulan data dan informasi, pembuatan data base spasial, pengolahan dan analisa data, dan terakhir memberikan kesimpulan dan saran.



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

a) Pra penelitian

▪ Pada tahap ini dilakukan penentuan lokasi studi. Lokasi studi ditentukan berdasarkan kebutuhan suatu wilayah terkait dengan moda transportasi kereta api. Penelitian ini di perkuat dengan Pegub no 58. Tahun 2014 tentang Rencana Induk Perkereta Apian Aceh atau (RIP) Aceh dimana Pegub ini sesuai dengan lokasi penelitian, dan juga dilengkapi dengan hasil penelusuran pustaka berupa data statistika, maupun data dokumen dan laporan dari berbagai instansi sehingga dapat dirumuskan masalah. Selanjutnya ditentukan tujuan penelitian untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan.

▪ Berdasarkan tujuan tersebut, maka kemudian ditentukan kriteria-kriteria yang dibutuhkan untuk menentukan rute alternatif kereta api. Kumpulan kriteria ini kemudian di ambil berdasarkan dokumen peraturan menteri yang mengatur kriteria penentuan alternatif rute kereta api.

▪ Kumpulan kriteria-kriteria didalam penentuan alternatif rute kereta api yang akan digunakan dalam penelitian ini berdasarkan Peraturan Menteri No.11 tahun 2012 tentang Tata Cara Penetapan Trase Jalur Kereta Api dan Peraturan Menteri No. 60 tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api yang kemudian di tinjau menjadi dua aspek, yaitu aspek tata guna lahan dan juga aspek teknis.

1. Aspek Tata Guna Lahan:

- Kondisi lahan eksisting.

2. Aspek Teknis:

- Jarak/panjang rute,
- Kondisi topografi wilayah,
- Pertimbangan lingkungan,
- Kegempaan/wilayah rawan stunami,
- Tingkat kesulitan konstruksi.

b) Pengumpulan data dan informasi

Pada tahap ini, penelitian ini mencoba mencari data apa saja yang di perlukan agar dapat dilakukan analisis penyelesaian masalah untuk menacapai tujuan penelitian. Data yang digunakan secara umum pada penelitian ini adalah data sekunder yang kebetulan sudah dapat terpenuhi dengan hanya menyelami internet dan mencari jurnal-jurnal terdahulu beserta data-data yang lainnya seperti peta-peta daerah administrasi, peta pembagian zonasi, peta tutupan lahan dln.

c) Pembuatan data base spasial

▪ Pada tahap ini, data yang berupa peta spasial seperti DEM (*Digital Elevation Model*), dan data tutupan lahan yang digital kemudian diolah dengan menggunakan Arc View GIS 3.2. sehingga diperoleh data spasial lainnya yaitu : Peta Topografi, peta Tutupan lahan, Peta pembagian zonasi, Peta Administrasi Wilayah agar mempermudah melakukan *overlay* mencari situasi keadaan pada setaiap alternatif rute yang ada.

d) Pengolahan data dan analisis data

Dari data spasial yang di peroleh kemudian di olah menggunakan Arc View GIS kemudian bisa mendapatkan beberapa data sperti data wilayah mana saja yang terkena gusur, panjang masing-masing alternatif rute kereta api, beserta luas dari setiap alternatif rute kereta api, lalu di kelompokkan dalam tabel kriteria yang di olah menggunakan metode Analisa Multikriteria (AMK), yang kemudian di berikan penilaian prioritas agar dapat di peroleh alternatif rute yang terbaik.

e) Kesimpulan

Pada tahap terakhir ini, keseluruhan karakteristik alternatif rute kereta api dilakukan verifikasi. Verifikasi terhadap masing-masing alternatif rute ini dilakukan dengan menggunakan metode Analisa Multikriteria (AMK), dan dipilih yang mana nilai biaya konstruksinya paling kecil dan paling aman untuk direalisasikan dan kemudian keluar rekomendasi rute alternatif kereta api Kota Banda Aceh.

METODE PENGUMPULAN DATA

Metode pengumpulan data berupa suatu pernyataan tentang sifat, keadaan, kegiatan tertentu dan sejenisnya. Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan suatu informasi yang dibutuhkan dalam mencapai tujuan penelitian. Dalam penelitian ini diawali dengan penentuan topik, setelah topik penelitian diperoleh selanjutnya dilakukan pengumpulan referensi dari buku junal, peraturan teknis dan lain-lainnya.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian penentuan alternatif rute kereta api ini adalah terdiri atas data sekunder. Data sekunder diperoleh melalui penelusuran pustaka dari berbagai sumber yang relevan seperti data

rencana tata ruang dan wilayah (RTRW) Kota Banda Aceh, pegub Aceh No. 58 tahun 2014 tentang rencana induk perkereta apian, undang-undang yang mengatur perkereta apian dan juga mengenai situwasi lapangan dari beberapa peta wilayah Nanggro Aceh Darusalam, peta topografi, peta tutupan lahan, peta jaringan jalan dan publikasi lainnya dari dinas BPS ataupun Bappeda setempat.

Macam-macam data yang digunakan :

1. Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api,(sumber: Dokumen Menteri Perhubungan).
2. Peraturan Menteri No. 11 Tahun 2012 Tentang Tata Cara Penetapan Trase Jalur Kereta Api, (sumber: Dokumen Menteri Perhubungan).
3. Peraturan Gubernur Aceh No. 58 Tahun 2014 Tentang Rencana Innduk Perkereta Apian Aceh, (sumber: Dokumen Pegub Aceh).
4. Peraturan Menteri No. 43 Tahun 2011 Tentang Rencana Induk Perkereta Apian Nasional, (sumber: Dokumen Menteri Perhubungan).
5. Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Banda Aceh Tahun 2009-2029, (sumber: Bappeda Kota Banda Aceh).
6. Peta-peta yang digunakan:
 - Peta Topogafi Kota Banda Aceh,
 - (sumber: Bappeda Kota Banda Aceh).
 - Peta Administrasi Kota Banda Aceh,
 - (sumber: Bappeda Kota Banda Aceh).
 - Peta tutupan lahan Kota Banda Aceh,
 - (sumber: Bappeda Kota Banda Aceh).
 - Peta Bahaya Stunami Kota Banda Aceh,
 - (sumber: Bappeda Kota Banda Aceh).
 - Peta Pola Ruang Kota Banda Aceh,
 - (sumber: Bappeda Kota Banda Aceh).
 - Peta Pengembangan Zona Kota Banda Aceh,
 - (sumber: Bappeda Kota Banda Aceh).
 - Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Banda Aceh,
 - (sumber: Bappeda Kota Banda Aceh).
7. Data DEM (*Digital Elevation Model*), (sumber: Demnas-Badan Informasi Geospasial).
8. Data tutupan lahan Provinsi Nanggro Aceh Darusalam berformat shp, (sumber: Kementrian Kehutanan).

ANALISA DATA

a) Analisa Data Arc View GIS

▪ Dengan menggunakan aplikasi Arc View GIS kita bisa melakukan analisa data shp ke tiga alternatif rute kereta api yang sudah di tentukan dengan menggunakan alat bantu Arc View GIS, dari segala data sepasial yang kita telah kumpulkan sekarang kita olah dengan menggunakan Arc View GIS dengan cara seperti dibawah ini :

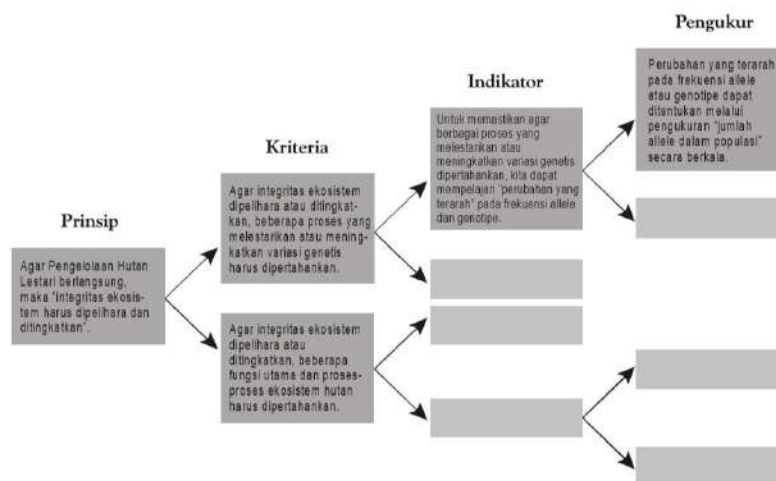
1. Digitasi penentuan posisi stasiun Bandara International Sultan Iskandar Muda dan stasiun Pelabuhan ULee Lheu sesuai aslinya, agar menghindari kesalahan penempatan ujung alternatif rute Kereta api.
2. Digitasi ini berguna untuk menentukan alternatif rute kereta api Bandara International Sultan Iskandar menuju pelabuhan Ulee lhue dengan digitasi Arc View GIS, sehingga terlihat jelas di peta bawasannya alternatif rute yang sudah di buat diberikan tanda warna yang berbeda dari alternatif rute-rute lainnya.
3. Kemudian kita dapat mencari panjang yang digunakan oleh masing-masing alternatif rute tersebut dengan cara digitasi Arc View GIS.
4. Lalu mencari luasan yang digunakan oleh masing-masing alternatif rute tersebut dengan cara digitasi Arc View GIS dan juga mengetahui lebar jalur kereta api tersebut sesuai kelas jalan kereta api.
5. Mencari elevasi topografi sepanjang masing-masing alternatif rute yang di tentukan degan cara digitasi Arc View GIS.
6. Mencari luasan tutupan lahan sepanjang masing-masing alternatif rute yang dilalui jalur kereta api dengan cara

b) Analisa Pemilihan Alternatif Rute dengan AMK

▪ Pemilihan alternatif rute terbaik didasarkan pada pertimbangan aspek operasi, aspek teknis, aspek non-teknis, dan aspek ekonomi. Aspek operasi alternatif rute terpilih mampu melayani sistem operasi kereta api untuk memenuhi persyaratan pengangkutan penumpang dan barang dengan aman, efektif dan tanpa gangguan. Aspek teknis, alternatif rute terpilih didesain semaksimal mungkin untuk memenuhi teknik perancangan jalan kereta api ganda kelas jalan I serta didesain secara baik sehingga konstruksi jalan rel tersebut dapat dilalui dengan aman dengan tingkat kenyamanan tertentu selama umur konstruksinya.

Dalam penelitian ini menggunakan metode Analisis Multikriteria (AMK) dalam pengambilan keputusan yang di kembangkan untuk masalah-masalah kompleks multikriteria yang mencakup aspek kualitatif ataupun kuantitatif dalam proses pengambilan keputusan, karena dengan menggunakan Analisis Multikriteria adalah suatu perangkat yang dapat membantu mengevaluasi tingkat kepentingan relatif seluruh kriteria-kriteria yang terkait dan menggambarkan tingkat kepentingan dalam proses pengambilan keputusan akhir.

Kriteria-kriteria tersebut di ambil dari beberapa aspek seperti aspek tata guna lahan dan juga aspek teknis, aspek tata guna lahan sendiri berisi lahan-lahan yang terkena garappan alternatif rute kereta api, sedangkan aspek teknis lebih ke pada data berupa panjang rute, kemiringan kontur dan juga kesulitan dalam pembangunannya.



Gambar 2. Penentuan hubungan informasi dengan Hierarki

Menurut kajian teknis Kementerian PPN/Bapenas, tahap penentuan alternatif trase kereta api yang sederhana adalah seperti berikut :

1. Penentuan kriteria, kriteria ditentukan berdasarkan aspek-aspek:
 - Tata ruang
 - teknis
2. Pembobotan kriteria
 - pembobotan dilakukan oleh seluruh stakeholder terkait seperti regulator, operator, dan user.
3. Analisis multikriteria
 - Analisis multikriteria dilakukan dengan melakukan skoring terhadap masing-masing alternatif lokasi prasarana kereta api berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Pengembangan Aternatif Trase

Analisa Trase pada penelitian ini mengadopsi pada Peraturan Gubernur Aceh No. 58 Tahun 2014 Tentang Rencana Induk Perkereta Apian Aceh. Dalam analisis pembangunan jaringan prasarana perkeretaapian di Aceh diarahkan untuk melayani kebutuhan angkutan penumpang. Untuk itu spesifikasi prasarana perkeretaapian di Aceh ditetapkan adalah

1. Lebar jalur 1435 mm,
2. Kecepatan operasi mencapai 200 km/jam,
3. Radius minimal 800 m,
4. Tipe rel UIC60/54,
5. Beban Gandar 25 ton serta sistem persinyalan elektrik.

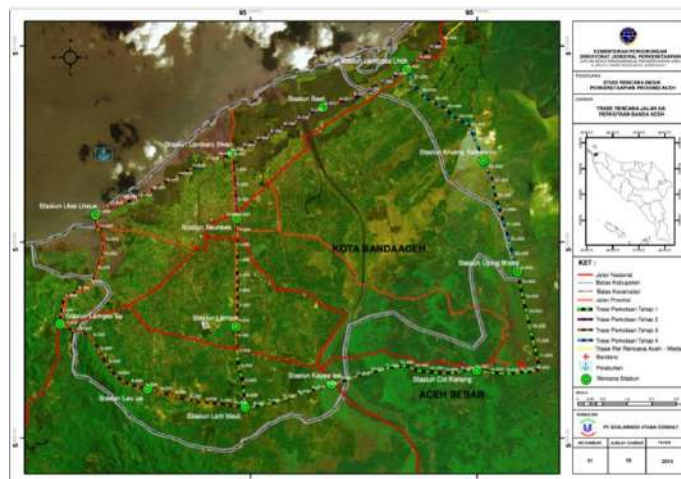
▪ Untuk mewujudkan pembangunan jaringan prasarana perkeretaapian di Aceh akan ditempuh melalui beberapa strategi antara lain: mengembangkan jaringan dan layanan kereta api dalam Kota Banda Aceh yang

menghubungkan pusat-pusat kegiatan dan kawasan strategis Kota Banda Aceh seperti Bandara Internasional Sultan Iskandar Muda dengan pelabuhan Ulee Lheue. Sehingga dalam penelitian ini akan dikembangkan jenis kereta api perkotaan yang menghubungkan Bandara Internasional Sultan Iskandar Muda dengan Pelabuhan Ulee Lheue. Internasional Sultan Iskandar Muda dengan Pelabuhan Ulee Lheue.



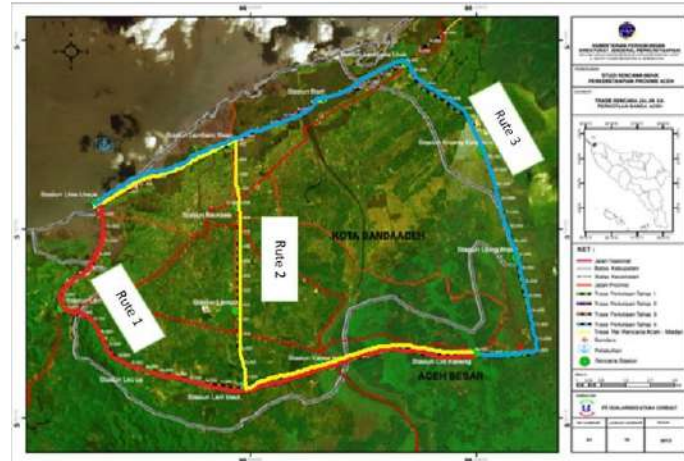
Gambar 3. Lokasi Alternatif Trase Kereta Api Kota Banda Aceh

Berdasarkan hasil Rencan Induk Pekereta Apian Aceh, adapun pengembangan alternatif trase perkereta apian Kota Banda Aceh berdasarkan pengembangan alternatif yang sudah dilakukan dalam Rencana Induk Perkeretaapian Ace (RIP) Aceh. Terdapat beberapa usulan alternatif rute jaringan kereta api tersebut yang akan di jelaskan kriteria penentuan alternatif rute atau trase yang di tinjau dari aspek tata guna lahan dan aspek teknis.



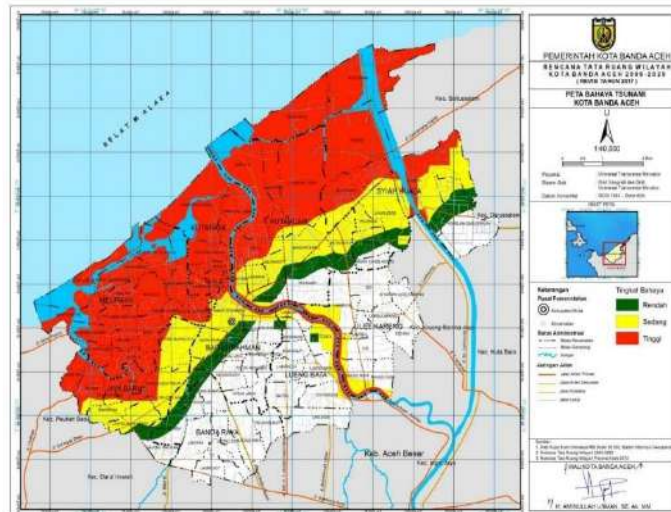
Gambar 4. Rencana Induk Perkereta Apian Kota Banda Aceh

Gambar di atas adalah alternatif rute kereta api Kota Banda Aceh yang masuk kedalam Rencana Induk Perkereta Apian Aceh, dalam penelitian ini, bahwa alternatif rute kereta api yang di digunakan di ambil dari RIP Aceh yang kemudian dari rute-rute alternatif yang ada dilakukan analisis kriteria-kriteria yang sesuai dengan PM 11 Tahun 2012 Tentang Tata Cara Penetapan Trase Jalur Kereta Api dan PM 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, yang di tinjau kembali dari beberapa aspek yaitu apek tata guna lahan dan aspek teknis. Di bawah ini disajikan peta-peta yang membantu menganalisis kriteri-kriteria yang sudah di rencanakan



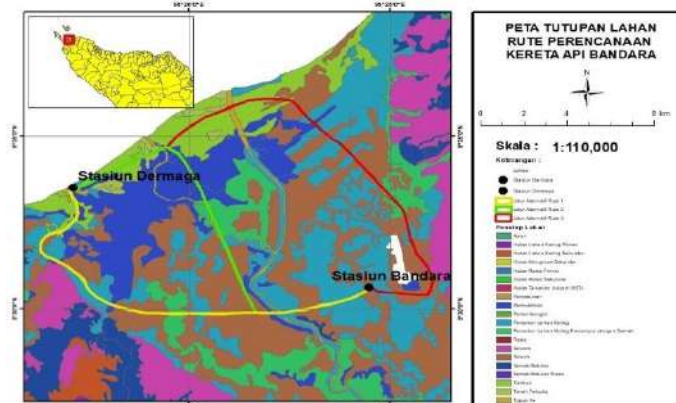
Gambar 5. Pembagian Alternatif Rute Kota Banda Aceh

Dari gambar di atas alternatif rute satu (1) memiliki panjang 21,16 km, alternatif rute dua (2) memiliki panjang 20,221 km, alternatif rute tiga (3) memiliki panjang 26,8 km. Dari ke tiga rute tersebut rute dua memiliki panjang lebih pendek dari yang lain, dalam logikanya untuk pemilihan alternatif rute kereta api yang dipilih adalah alternatif rute 2, tetapi dalam penelitian ini belum tentu alternatif rute 2 yang terpilih karena ada beberapa kriteria yang lain yang dapat di bandingkan untuk menghasilkan rekomendasi alternatif rute yang akan di bahas di bawah ini.



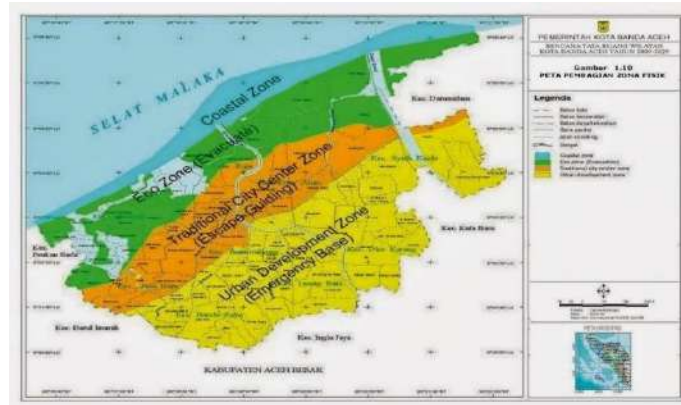
Gambar 6. Peta Bahaya Tsunami Kota Banda Aceh

.Dari Gambar peta di atas kita bisa melakukan overlay terhadap **Gambar 5**. Pembagian Alternatif Rute Kota Banda Aceh yang dimana dari ketiga alternatif rute tersebut bisa dilakukan penarikan kesimpulan dari setiap alternatif rute. Alternatif rute yang menjadi pilihan tentunya tidak banyak melewati zona merah atau zona kuning, di usahakan dalam pemilihan kriteria alternatif rute yang dipilih adalah yang melingkari atau yang menghindari dari zona-zona pada peta di atas, yang paling banyak terkena zona merah adalah alternatif rute yang berbahaya terkena dampak terjadinya tsunami.



Gambar 7. Peta Tutupan Lahan Kota Banda Aceh

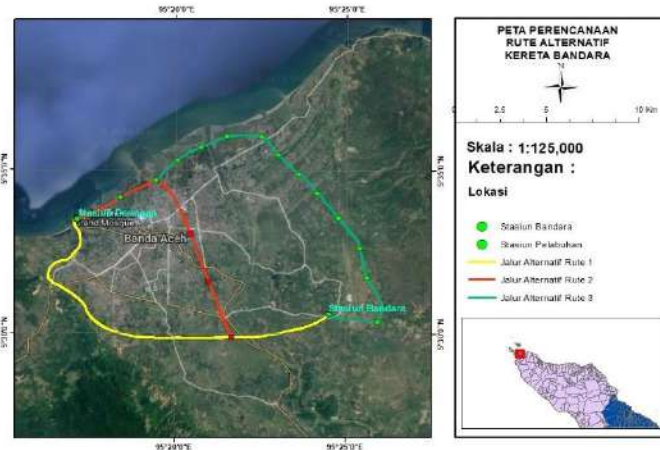
Pada gambar peta di atas dapat menjelaskan mengenai tutupan lahan Kota Banda Aceh yang kemudian dilewati alternatif rute kereta api Kota Banda Aceh. Dari gambar di atas memperoleh data berupa wilayah apa yang terkena garapan alternatif rute kereta api dan dapat diketahui juga jumlah kebutuhan lahan yang di gunakan pada setiap rute alternatif. Seperti tabel di bawah ini bisa di liat kawasan yang tergarap dari setiap alternatif rute kereta api.



Gambar 8. Peta Pembagian Zona Fisik Kota Banda Aceh
Table 1. Luas Tutupan Lahan Alternatif Rute Kereta Api

No.	Lahan	Luas Lahan Trase-Ha		
		Rute 1	Rute 2	Rute 3
1	Pemukiman	1.76	5.1768	1.7511
2	Pertanian Lahan Kering dengan Semak	9.644	5.2449	5.6622
3	Sawah	7.997	5.9902	9.4042
4	Tambak	1.479	2.5223	8.405
5	Savana	0	0	0.5107
6	Tanah Terbuka	0	0.6408	0.6408
7	Tubuh Air	0.225	0.6045	0.3741
Total luas Tanah		21.105	20.1795	26.7481

Gambar di atas adalah Peta pembagian zona fisik Kota Banda Aceh dapat membantu memberikan informasi data kriteria mengenai aspek teknis yaitu menyangkut hambatan lingkungan, dari ketiga rute alternatif sesuai Rencana Induk Perkereta Api Aceh (RIP) Aceh dapat diketahui rute mana saja yang terkena zona yang di lindungi seperti *eco zone (evacuate)*. Dari alternatif rute yang di tetapkan bisa di jelaskan dari masing-masing alternatif rute dengan dilakukannya ovelay pada Peta Pembagian Zona Fisik Kota Banda Aceh, pada rute alternatif satu (1) rute ini tidak banyak melewati daerah *urban development* karena alternatif rute satu melingkari dari sebelah sisi barat Kota Banda Aceh sehingga sedikit sekali lahan warga yang terkena pengusuran, pada rute alternatif dua (2) rute ini banyak sekali melewati zona *urban development* yang notabennya banyak sekali rumah rumah warga sehingga rute alternatif dua banyak melakukan pengusuran, pada rute alternatif tiga (3) hampir sama dengan alternatif rute satu yaitu melingkari sisi timur Koda Banda Aceh sehingga sangat sedikit menggusur rumah warga sekitar tetapi alternatif rute tiga banyak sekali melewati kawasan *eco zone (evacuate)* yang merupakan kawasan dilindungi.



Gambar 9. Peta Rencana Alternatif Rute Kereta Api

Gambar peta diatas adalah peta hasil pembuatan menggunakan aplikasi Arc View GIS yang berpatokkan kepada Rencana Induk Perkereta Apin Kota Banda Aceh (RIP) Aceh, dibuat sengaja karena membantu mengetahui berapa panjang dari masing masing rute alternaif, luas lahan yang akan di gunakan, dan memberikan infomasi lebih kepada penelitian ini. Dari semua peta yang di paparkan pada halaman sebelumnya, peta-peta tersebut sangat membantu dalam menganalisa alternatif rute yang layak untuk di realisasikan pembangunannya, untuk lebih jelasnya bisa di lihat uraian di bawah ini mengenai karakteristik setiap alternatif rute kereta api yang kemudian dapat mengisi macam-macam kriteria dan indikator dari masing-masing alternatif rute.

Tabel 2. Penilaian Prioritas Alternatif Rute Kereta Api Kota Banda aceh

Kriteria		Rute 1		Rute 2		Rute 3		
		Data	Penilaian	Data	Penilaian	Data	Penilaian	
Aspek tata guna lahan	Kebutuhan lahan	21.205 Ha	2	20.175 Ha	3	26.748 Ha	1	
	Luas Pembebasan lahan	Pemukiman	1.76 Ha	2	5.176 Ha	1	1.751 Ha	3
		Sawah	7.997 Ha	2	5.99 Ha	3	9.404 Ha	1
		Tambak	1.479 Ha	3	2.522 Ha	2	8.405 Ha	1
Aspek Teknis	Panjang Rute	21.16 km	2	20.22 km	3	26.8 km	1	
	Kondisi Topografi	cukup landai	3	kurang landai karena memiliki elevasi dibawah permukaan air laut	2	berbukit dan terjal menurun elevasi di bawah muka air laut	1	
	Wilayah Stunami	hanya di ujung jalur pesisir pantai	2	hampir seluruh jalur	1	hanya di ujung jalur pesisir pantai	2	
	Tingkat Kesulitan Konstruksi	tidak banyak menggosur rumah warga dan cukup landai	3	banyak menggosur rumah warga, banyak melewati daerah perairan	1	tidak banyak menggosur rumah, elevasi terjal dan melewati perairan	2	
	Hambatan Lingkungan	sedikit melewati daerah <i>eco zone</i> (evacuate)	2	hampir setengah panjang jalur melewati <i>eco zone</i>	1	sedikit melewati daerah <i>eco zone</i> (evacuate)	2	
Total		21		17		14		

KESIMPULAN

Teridentifikasi bahwa dari setiap alternatif rute transportasi kereta api Kota Banda Aceh memiliki karakteristik yang berbeda-beda seperti diketahui bahwa alternatif rute 1 melewati beberapa Kecamatan Kota Banda Aceh yaitu Banda Raya - Jaya Baru - Meuraxa dengan panjang lintasan 21,16 km dan memiliki kebutuhan lahan sebesar 21,1049 Ha, alternatif rute 2 melewati beberapa Kecamatan Kota Banda Aceh Ulee Bareng - Kuta Alam - Kuta Raja dengan panjang lintasan 20,221 km dan memiliki kebutuhan lahan sebesar 20,179 Ha, alternatif rute 3 melewati beberapa Kecamatan Kota Banda Aceh Syiah Kuala - Kuta Raja dengan panjang lintasan 26,8 km dan memiliki kebutuhan lahan sebesar 26,7481 Ha. Dengan mengetahui beberapa karakteristik tersebut dan di bandingkan ke dalam sub sub kriteria pemilihan alternatif rute transportasi kereta api menggunakan metode Analisis Multikriteria (AMK) didapatkan prioritas rekomendasi alternatif rute kereta api Kota Banda Aceh dari Bandara Sultan Iskandar Muda menuju Pelabuhan Ulee Lheue adalah alternatif Rute 1 yang mana memiliki skor paling tertinggi dari pada alternatif rute-rute yang lain, didasarkan atas penilaian prioritas kriteria-kriteria alternatif ruter 1 memiliki skor sebesar 21 yang mana diartikan bahwa alternatif rute yang baik untuk realisasikan adalah alternatif rute 1 dengan memiliki keunggulan seperti lintasan alternatif rute 1 tidak melewati kawasan yang di lindungi seperti hutan lindung, tidak banyak menggusur lahan warga sekitar, dan juga terhindar dari zona bahaya tsunami, sesuai overlay alternatif rute dengan peta zona bahaya Kota Banda Aceh.

DAFTAR PUSTAKA

1. Fauzi, I. (2016). *Kajian Kelayakan Pembangunan Jalur Kereta Api Antara Borobudur – Parangtritis (Rute Yogyakarta – Parangtritis)*. Simposium XIX FSTPT Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
2. Hafidz Ali & Faizul C. (2018). *Perencanaan Reaktivasi Jalan Rel Kereta Api Rute Yogyakarta – Parangtritis*. Simposium XIX FSTPT Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
3. Rosadi,R dan Kartika, A. 2013. *Perencanaan Geometrik Jalan Rel Antara Banyuwangi – Situbondo – Probolinggo*. *Jurnal Teknik POMITS*. Vol.2, No.1. Surabaya.
4. Guillermo A. Dan Phil Macoun (1999). *Panduan Untuk Menerapkan Analisa Multikriteria Dalam Menilai Kriteria dan Indikator*. Bogor: IPB.
5. Utomo, Suryo Hapsoro Tri. 2009. *Jalan Rel, Cetakan Kedua*. Beta Offset. Yogyakarta.
6. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. 2018. *Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KP 2128 Tahun 2018 Tentang Rencana Induk Perkeretaapian Nasional*. Kemenhub RI. Jakarta.
7. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. 2012. *Peraturan Menteri Perhubungan No. 11 Tahun 2012 Tentang Tata Cara Penetapan Trase Jalur Kereta Api*. Kemenhub RI. Jakarta.
8. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. 2012. *Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Kemenhub RI. Jakarta.
9. Pemerintah Provinsi Nanggro Aceh Darusalam. 2014. *Peraturan Gubernur Aceh Nomor 58 Tahun 2014 Tentang Rencana Induk Perkeretaapian Aceh*. Pemprov NAD.