

# Analisa Performa Kompresor Sentrifugal C160 R Sebelum dan Setelah Overhaul

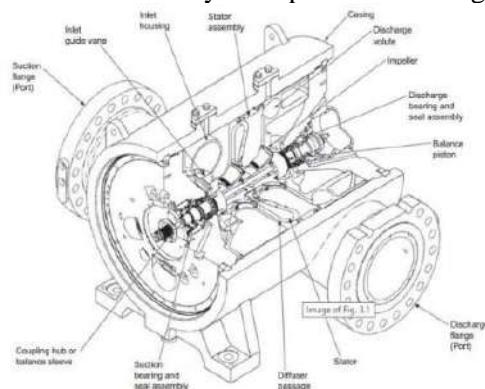
Aulia Djasman<sup>1\*</sup>, Rudi Hermawan<sup>1</sup><sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta\* *Corresponding author*: [auliadj@gmail.com](mailto:auliadj@gmail.com)

**Abstrak.** Pada industri-industri besar seperti minyak dan gas bumi serta petrokimia, kompresor sentrifugal adalah salah satu mesin vital yang turut menggerakkan keberlangsungan sebuah *plant*, penulis melakukan kajian terhadap sebuah kompresor sentrifugal C160 R Solar untuk mengetahui performa dari kompresor sentrifugal sebelum dan setelah *overhaul*, dimana kompresor sentrifugal ini diketahui mengalami gangguan kenaikan suhu tinggi pada *inboard and outboard bearing* juga terjadi kenaikan trend vibrasi pada sisi *after side* kompresor secara konsisten pada salah satu dari tiga *tandem* kompresor yaitu IP kompresor, keputusan *overhaul* kemudian diambil untuk melakukan *internal inpection*, penulis melakukan pengumpulan data operasi, membuat statistik, serta melakukan analisa dari data yang sudah dikumpulkan, dalam hasil kajian penulis menemukan *head isentropic* kompresor sebelum *overhaul* adalah 140,76389 kJ/kg dengan *head polytropic* 187,79821 kJ/kg serta kompresor efisiensi 74,9 % sementara itu hasil olah data kompresor setelah *overhaul* adalah *head isentropic* 143,56239 kJ/kg dengan *head polytropic* 157,12193 kJ/kg serta kompresorefisiensi di 91,3 % atau ada kenaikan kompresor efisiensi pada 21,8 %, hasil penelitian penulis juga mendapati kompresor sentrifugal ini sudah beroperasi jauh dibawah *best efficiency point* (BEP) rekomendasi OEM (*Original Equipment Manufacturer*) dikarenakan kondisi produksi operasi yang rendah, hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk melakukan evaluasi kondisi performa dari kompresor sentrifugal dengan membandingkan hasil kajian ini terhadap data dari manufaktur kompresor sentrifugal.

**Kata kunci**—kompresor sentrifugal, performa kompresor sentrifugal, kompresor sentrifugal C 160 R

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal memiliki kekayaan alam minyak dan gas bumi yang melimpah sejak ratusan tahun yang lalu dan juga pernah menjadi bagian dari kelompok negara penghasil minyak terbesar didunia [1] walaupun dalam beberapa tahun terakhir produksi nasional kita dari minyak dan gas bumi terus mengalami penurunan. Banyak sekali mesin-mesin berteknologi tinggi yang digunakan dalam memproduksi minyak dan gas bumi salah satunya kompresor sentrifugal.



**Gambar 1.** Kompresor Sentrifugal *Cut View*

Gambar 1 memperlihatkan tipikal kompresor sentrifugal yang banyak ditemukan di lapangan produksi minyak dan gas bumi ataupun industri petrokimia, kompresor sentrifugal adalah salah satu mesin yang sangat vital terkait dengan kegiatan produksi di suatu *plant*, oleh karena itu kegiatan *maintenance* berkelanjutan dan terkontrol menjadi hal yang sangat kritis untuk dipenuhi demi kehandalan kerja dari mesin itu sendiri, kemampuan untuk melakukan analisa performa dari suatu mesin juga merupakan bagian dari proses panjang kegiatan *maintenance* sehingga aktifitas perawatan yang dilakukan terhadap

kompresor sentrifugal akan menjadi lebih efisien dan sesuai sasaran, ada beberapa parameter-parameter operasi umum yang dapat digunakan sebagai *key point* evaluasi performa dari suatu kompresor sentrifugal, menurut penelitian yang dilakukan oleh team *solar turbine* sebagai manufaktur dari kompresor sentrifugal ini terdapat beberapa parameter – parameter utama [2] yang dapat dimonitor dari kompresor sentrifugal yaitu  $P_1$  (Tekanan masuk),  $T_1$  (Suhu Masuk), Gas, Debit Alir,  $P_2$  (Tekanan Keluar) dan  $T_2$  (Suhu keluar), yang kemudian dapat di sempurnakan menjadi 3 parameter utama yaitu:

- a. *Head* mengindikasikan rasio tekanan dan energi
- b. Kompresor Sentrifugal Efisiensi
- c. *Flowrate* atau Debit Aliran (Gas)

dengan menggunakan formula berikut ini kita dapat menghitung nilai [3]:

*Head Isentropic* (kerja ideal)

$$H_{isen} = \frac{0.287}{SG} \cdot Z_{avg} \cdot \frac{k}{k-1} \cdot T_1 \cdot \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k}{k-1}} - 1 \right] \quad (1)$$

*Head polytropic* (kerja aktual)

$$H_{poly} = \frac{0.287}{SG} \cdot Z_{avg} \cdot \frac{n}{n-1} \cdot T_1 \cdot \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n}{n-1}} - 1 \right] \quad (2)$$

Parameter lain seperti debit aliran digunakan untuk mengetahui besaran aliran atau jumlah aliran gas yang terkirim melalui kompresor sentrifugal dimana dalam hal ini kita menggunakan formula berikut:

$$M = 3.483 \cdot \frac{P_1 \cdot SQ \cdot Q_1}{Z_1 \cdot T_1} \quad (3)$$

Dan parameter penting lainnya yang kita gunakan adalah kompresor efisiensi dengan menggunakan formula berikut ini:

$$\eta_{comp} = \frac{\text{kerja ideal}}{\text{kerja aktual}} \quad (4)$$

Dimana:

$H_{isen}$ = kJ/kg	$M$ = kg/s
$H_{poly}$ = kJ/kg	$Q_1$ = (m <sup>3</sup> /s)
0.287 = Konstanta Gas, J/(kg/K)	$P_1$ = (kPa)
$T_1$ = Suhu masuk, (K)	$T_1$ = (K)
$P_1$ = Tekanan masuk absolut (psia)	$SG$ = <i>Specific Gravity</i>
$P_2$ = Tekanan keluar absolut (psia)	$Z$ = Faktor kompresibilitas gas
$k$ = <i>Isentropic/adiabatic</i> eksponen, $C_p/C_v$	$\eta_{comp}$ = Efisiensi kompresor
$n$ = Polytropic eksponen	$Z_1$ = Faktor kompresibilitas gas rata-rata (tekanan rendah)

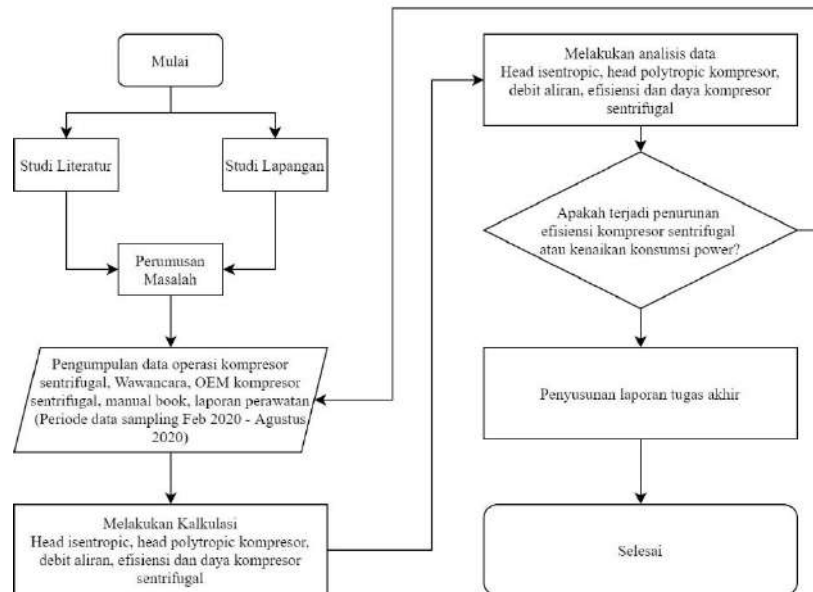
Pada jurnal ini penulis melakukan analisa performa dari sebuah kompresor sentrifugal dengan tandem 3, dimana salah satu kompresor sentrifugal ( IP Compressor ) mengalami indikasi kenaikan *suhu* pada sisi *inboard* dan *outboard bearing* secara konsisten yang juga diikuti oleh kenaikan trend vibrasi dan oleh team *maintenance* diputuskan untuk dilakukan kegiatan *overhaul*, analisa performa kompresor fokus dengan menggunakan 3 parameter utama operasi yaitu : *head*, kompresor efisiensi, dan *flowrate*, seluruh sampling data operasi seperti gas komponen, *daily gas flowrate*, dan beberapa parameter operasi lain yang telah dikumpulkan dibuatkan data statistiknya dengan menggunakan model data *time series* dan metode *least square*[4].

Fokus dari tulisan ini adalah menghitung performa kompresor sentrifugal menggunakan data dari parameter operasi *head*, kompresor efisiensi dan *flowrate* aktual yang nantinya akan dibandingkan dengan data dari manufaktur berupa *technical datasheet* kompresor sentrifugal sehingga kita bisa memperoleh informasi terkait kondisi performa kompresor sentrifugal yang nantinya dapat digunakan *team operation* ataupun *maintenance* dalam melakukan evaluasi kondisi kompresor sentrifugal yang mereka operasikan.

## 2. METODOLOGI

Fokus pembahasan pada jurnal ini menitikberatkan untuk menganalisis performa dari sebuah kompresor sentrifugal sebelum dan setelah dilakukan kegiatan *overhaul*, dengan menggunakan data data perhitungan empiris terkait dengan kondisi operasional kompresor sentrifugal yaitu data proses

*isentropic* dan proses *polytropic* kompresor dan membandingkan dengan data data spesifikasi dari manufaktur kompresor sentrifugal itu sendiri, data data yang digunakan dalam perhitungan didapatkan dari data aktual operasi sebelum kegiatan *overhaul* kompresor sentrifugal di lakukan, langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir

### 3. METODOLOGI

#### Hasil Perhitungan Kompresor Sentrifugal Sebelum Overhaul

Data operasional kompresor sentrifugal sebelum Overhaul adalah

- Suhu masuk ( $T_s$ ) = 80.06 F → 273.15 K
- Suhu keluar ( $T_d$ ) = 172.90 F → 351.42 K
- Tekanan masuk ( $P_s$ ) = 170.13 psia (1173.00 kPa)
- Tekanan keluar ( $P_d$ ) = 500.99 psia (3454.20 kPa)
- Q = 337.76 acfm
- Qstd = 5.425 mmscfd
- SG = 0.666
- k = 1.27
- Z = 0.985

Head isentropic:

$$H_{isen} = \frac{0.287}{SG} \cdot Z_{avg} \cdot \frac{k}{k-1} \cdot T_1 \cdot \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k}{k-1}} - 1 \right]$$

$$H_{isen} = \frac{0.287}{0.666} \cdot 0.985 \cdot \frac{1.27}{1.27-1} \cdot 273.15 \cdot \left[ \left( \frac{500.99}{170.13} \right)^{\frac{1.27-1}{1.27}} - 1 \right]$$

$$H_{isen} = 140.7638961 \text{ kJ/kg}$$

$$n = \frac{1}{1 - \frac{\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)}{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}} = \frac{1}{1 - \frac{\ln\left(\frac{172.90}{80.6}\right)}{\ln\left(\frac{500.9}{170.13}\right)}} = 3.4$$

Head polytropic:

$$H_{poly} = \frac{0.287}{SG} \cdot Z_{avg} \cdot \frac{n}{n-1} \cdot T_1 \cdot \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n}{n-1}} - 1 \right]$$

$$H_{poly} = \frac{0.287}{0.666} \cdot 0.985 \cdot \frac{3.41}{3.41-1} \cdot 273.15 \cdot \left[ \left( \frac{500.99}{170.13} \right)^{\frac{3.41}{3.41-1}} - 1 \right]$$

$$H_{poly} = 187.798210 \text{ kJ/kg}$$

Efisiensi kompresor:

$$\eta_{comp} = \frac{\text{kerja ideal}}{\text{kerja aktual}} = \frac{140.76389}{187.79821} \cdot 100 = 74.9\%$$

Debit aliran kompresor (*flowrate*)

$$M = 3.483 \cdot \frac{P_1 \cdot S_Q \cdot Q_1}{Z_1 \cdot T_1} = 3.483 \cdot \frac{1173 \cdot 0.666 \cdot 0.1593}{0.985 \cdot 273.15} = 1.611 \text{ kg/sec} \rightarrow 337.76 \text{ cfm}$$

### Hasil Perhitungan Kompresor Sentrifugal Setelah Overhaul

Data operasional kompresor sentrifugal sebelum Overhaul adalah

- Suhu masuk ( $T_s$ ) = 70.49 F  $\rightarrow$  294.53 K
- Suhu keluar ( $T_d$ ) = 206.07 F  $\rightarrow$  369.85 K
- Tekanan masuk ( $P_s$ ) = 147.26 psia (1015.32 kPa)
- Tekanan keluar ( $P_d$ ) = 413.73 psia (2852.56 kPa)
- Q = 452.54 acfm
- Qstd = 6.405 mmscfd
- SG = 0.670
- k = 1.27
- Z = 0.985

Head isentropic:

$$H_{isen} = \frac{0.287}{SG} \cdot Z_{avg} \cdot \frac{k}{k-1} \cdot T_1 \cdot \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k}{k-1}} - 1 \right]$$

$$H_{isen} = \frac{0.287}{0.670} \cdot 0.985 \cdot \frac{1.27}{1.27-1} \cdot 294.53 \cdot \left[ \left( \frac{413.73}{147.26} \right)^{\frac{1.27}{1.27-1}} - 1 \right]$$

$$H_{isen} = 143.56239 \text{ kJ/kg}$$

Mencari nilai besar eksponen dari n:

$$n = \frac{1}{1 - \frac{\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)}{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}} = \frac{1}{1 - \frac{\ln\left(\frac{206.07}{70.49}\right)}{\ln\left(\frac{413.73}{147.26}\right)}} = 1.61$$

Head polytropic:

$$H_{poly} = \frac{0.287}{SG} \cdot Z_{avg} \cdot \frac{n}{n-1} \cdot T_1 \cdot \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n}{n-1}} - 1 \right]$$

$$H_{poly} = \frac{0.287}{0.670} \cdot 0.985 \cdot \frac{1.61}{1.61-1} \cdot 294.53 \cdot \left[ \left( \frac{413.73}{147.26} \right)^{\frac{1.61-1}{1.61}} - 1 \right]$$

$$H_{poly} = 157.1219324 \text{ kJ/kg}$$

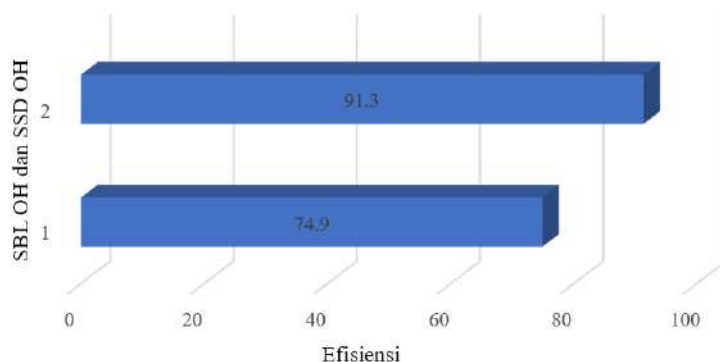
Efisiensi kompresor:

$$\eta_{comp} = \frac{\text{kerja ideal}}{\text{kerja aktual}} = \frac{143.56239}{157.12193} \cdot 100 = 91.3\%$$

Debit aliran kompresor (*flowrate*)

$$M = 3.483 \cdot \frac{P_1 \cdot S_Q \cdot Q_1}{Z_1 \cdot T_1} = 3.483 \cdot \frac{1015 \cdot 0.670 \cdot 0.213}{0.985 \cdot 294.53} = 1.739 \text{ kg/sec} \rightarrow 452.54 \text{ cfm}$$

Efisiensi SBL OH vs SSD



Gambar 3. Efisiensi kompresor sentrifugal sebelum dan setelah *overhaul*

**Tabel 1.** Komparasi Data Desain dan Hasil Perhitungan Kompresor Sentrifugal[5]

Parameter Operasi	Data Desain	Data Restage IP	Data SBL OH	Data SDH OH
Head Isentropic (kJ/kg)	136.87910	125.145362	140.76389	143.56239
Head Polytropic (kJ/kg)	182.50547	158.411848	187.79821	157.12193
Compressor Efisiensi ( $\eta$ )	75.0	79	74.9	91.3
Daya ( HP )	1609.7	1398	344.7	355.84
Daya gas ( kW )	1176.3	1022	251.9	260.05
Debit Alir ( cfm )	1494.2	1224.3	337.76	452.54
Putaran (rpm)	21872	20036	20036	20036
Suhu Masuk ( $F$ )	86.9	86.9	80.06	70.49
Suhu Keluar ( $F$ )	255.4	238.4	172.90	206.07
Tekanan Masuk ( $psia$ )	156.8	190.5	170.13	147.26
Tekanan Keluar ( $psia$ )	444.31	499.46	500.99	413.73

#### Analisis Data

Unit kompresor sentrifugal ini, diketahui sudah mengalami *restage impeller* kompresor dikarenakan kebutuhan operasi, sehingga pada tabel dibawah ini penulis mencantumkan data desain awal, kondisi setelah *restage*, dan hasil perhitungan kompresor sentrifugal sebelum dan setelah Overhaul, dikarenakan ketiadaan data screenshot kurva performa kompresor dari panel pada saat sebelum dan setelah Overhaul, maka pembahasan hanya menyandingkan data perhitungan dengan *technical datasheet* dari kompresor sebagaimana tertera pada Tabel 1 dan Gambar 3.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil perhitungan dari kompresor sentrifugal ini mendapatkan fakta bahwa, efisiensi kompresor telah berhasil diperbaiki dari angka sebelum *overhaul* sebesar 74,9 % menjadi 91,3 % setelah *overhaul* atau ada selisih kenaikan sebesar 21,8 % dengan kenaikan debit aliran dari 337,76 acfm menjadi 452,54 acfm atau kenaikan sekitar 33,9 %, namun juga data juga menunjukkan bahwa kompresor sentrifugal ini sudah beroperasi jauh dibawah kapasitas terpasang dari kompresor, berdasarkan catatan produksi harian kompresor sentrifugal pada saat data ini diambil hanya berkisar 36,9 % dari desain *restage* terpasang atau sekitar 6,4 mmscfd, kondisi ini menyebabkan kompresor dioperasikan dengan pola operasi menggunakan sistem *open recycle valve* untuk mengkompensasi kekurangan pasokan gas pada jalur *suction* kompresor, tentunya kondisi operasi ini harus segera diperbaiki dengan menambah pasokan gas atau melakukankajian *restage* kompresor ulang terkait rendahnya produksi gas untuk menghindari kompresor beroperasi secara terus pada *recycle mode* dimana ada potensi kompresor sentrifugal beroperasi mendekati surge margin level (*reversal effect due to surge condition*) [6] hal-hal diatas berpotensi mempercepat keausan bagian bagian kompresor sebagaimana ditemukannya beberapa *parts* disisi *outboard bearing* yang mengalami keausan. [7]

#### 5. REFERENSI

- [1] Skkmigas, "Laporan Tahunan SKKMigas 2019," 2019.
- [2] K. W. / S. T. David Garcia, Avneet Singh, Rainer Kurz, Donghui Zhang and T. P. Matthew Stork, Energy Transfer, "Restage of Centrifugal Gas Compressor for Changing Pipeline Landscapes," 2015, [Online]. Available: [www.iagtcommittee.com](http://www.iagtcommittee.com).
- [3] L. Saphiro, *Performance Formulas for centrifugal Compressor*, 1st Editio. Solar Turbine A CaterpillarCompany, 1997.
- [4] B. U. P. Manurung, "Implementasi Least Square Dalam Untuk Prediksi Penjualan Sepeda Motor ( Studi Kasus : Pt . Graha Auto Pratama )," *J. Ris. Komput. (JURIKOM)*, ISSN 2407-389X, vol. 2, no. 6, pp. 21–24, 2015.
- [5] Aulia, "ANALISA PERFORMA KOMPRESOR SENTRIFUGAL C 160 R (444,31 PSIA)," Universitas Pancasila, 2021.
- [6] M. T. Gresh, *Compressor Performance Aerodynamic for user*. Newnes, 2nd Edition, 2001.
- [7] P. Pakarti Tirtoagung, "IP Gas Compressor Overhoule," no. 4, 202

# Analisis Penggunaan Daya Listrik Panel Surya Pada Gedung Parkir Motor

Kurniawan Sony<sup>1\*</sup>, dan Budhi M. Suyitno<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

\* *Corresponding author*: [sonykrwn08@gmail.com](mailto:sonykrwn08@gmail.com)

**Abstrak.** Pemerintah Indonesia memberikan perhatian terhadap energi alternatif yaitu Energi Baru Terbarukan (EBT) sesuai dengan yang tercantum pada Peraturan Pemerintah No 79 tahun 2014. Serta melalui surat dari Badan Perencanaan Pembangunan Nasional pada tanggal 20 Mei 2021 Nomor 05894/PP.04.09/D.3/B/05/2021 perihal Pengalokasian Pagu Anggaran TA 2022 untuk Pembangunan PLTS pada Gedung Kementerian/Lembaga. Dalam surat tersebut menjelaskan bahwa memberlakukan kewajiban pemanfaatan sel surya minimum sebesar 30% dari luas atap (*rooftop*) seluruh bangunan pemerintah termasuk Gedung Kementerian/Lembaga. Oleh sebab itu, dibutuhkan analisis mengenai panel surya yang telah terinstal atau terpasang pada sebuah bangunan untuk menggantikan listrik negara. Metode penelitian yang digunakan yaitu penelitian ilmiah melalui data primer berupa wawancara dan sekunder berupa data lapangan pada panel surya. Subjek dalam penelitian ini yaitu panel surya pada gedung parkir motor dengan variabel kontrol penelitian yaitu waktu pengambilan data *power solar cell*. Diperoleh data efisiensi PLTS pada gedung parkir motor yaitu 58,58%. Selanjutnya berdasarkan peralatan utilitas yang terpasang pada gedung parkir motor beban puncaknya yaitu 8706,64 *Watt peak*, sedangkan daya maksimal yang dihasilkan oleh panel surya adalah 51.640 *Watt hour*. Jadi daya yang dihasilkan oleh panel surya pada gedung parkir motor ini berlebih. Sehingga mampu menggantikan listrik negara pada siang hari atau pada saat PLTS tersebut beroperasi.

**Kata kunci**— *panel surya; gedung parkir motor; efisiensi.*

## 1. PENDAHULUAN

Pada saat ini, energi fosil yaitu minyak, batubara dan gas bumi sangat mendominasi dalam proses pengolahan energi. Kerusakan lingkungan dan alam akibat eksploitasi sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui merupakan masalah terbesar yang sedang dihadapi oleh dunia saat ini. Penggunaan energi yang berbahan bakar fosil telah berlangsung lama, sehingga menyebabkan masalah lingkungan yang cukup serius. Akan tetapi, pemerintah Indonesia juga memberikan perhatian terhadap energi alternatif yaitu Energi Baru Terbarukan (EBT) sesuai dengan yang tercantum pada Peraturan Pemerintah No 79 tahun 2014[1]. Dalam susunan komposisi energi nasional, Energi Baru Terbarukan (EBT) diharapkan dapat menggantikan energi fosil dan meningkatkan perkembangan EBT. Berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) seperti air, bioenergi, panas bumi, angin/bayu dan sinar matahari sangat melimpah di Indonesia. Dalam hal ini energi surya merupakan energi yang terus tersedia dan tidak akan habis dengan potensi energi surya mencapai 207.898 Mega Watt (4,80 kWh/m<sup>2</sup>/day) berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017[2]. Serta melalui surat dari Badan Perencanaan Pembangunan Nasional pada tanggal 20 Mei 2021 Nomor 05894/PP.04.09/D.3/B/05/2021 perihal Pengalokasian Pagu Anggaran TA 2022 untuk Pembangunan PLT Surya Atap pada Gedung Kementerian/Lembaga. Dalam surat tersebut menjelaskan bahwa capaian porsi bauran energi baru dan terbarukan dalam bauran energi primer nasional sampai dengan tahun 2020 baru mencapai 11,2%. Serta memberlakukan kewajiban pemanfaatan sel surya minimum sebesar 30% dari luas atap (*rooftop*) seluruh bangunan pemerintah termasuk Gedung Kementerian/Lembaga.

Penelitian terdahulu yang berjudul “Analisa Penggunaan *Solar Cell* Pada Rumah Tinggal Untuk Keperluan Penerangan dan Beban Kecil” menjelaskan bahwa Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat menghasilkan energi listrik yang hanya dapat dipakai untuk keperluan beban kecil dan lampu rumah yang ada dirumah tinggal, disebabkan jika energi listrik digunakan untuk beban yang besar maka energi yang diperoleh oleh PLTS belum dapat mencukupi. Produksi energi panel surya yaitu 1.280 kWh dengan kemampuan daya simpan *battery* 1.920 kWh. Jadi apabila digunakan beban penuh pada kapasitas produksi yang dihasilkan oleh PLTS dengan beban 1.280 kWh, maka kapasitas

baterai hanya dapat melayani beban selama  $1.920/1.280 = 1,5$  hari[5].

Jurnal penelitian lainnya yang berjudul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Hybrid* Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga dan Pengairan Kabupaten Badung” menjelaskan bahwa sudut kemiringan panel surya juga menentukan dalam proses penangkapan sinar matahari agar panel surya mampu beroperasi maksimal dengan menggunakan titik koordinat pada lokasi rencana proyek PLTS. Rencana pembangunan PLTS ini akan memenuhi 30% dari konsumsi energi listrik pada Gedung dikarenakan lahan untuk panel surya yang terbatas. PLTS tersebut bekerja secara *hybrid* dengan sistem PLN[6].

Penelitian kali ini yaitu menganalisis mengenai panel surya yang telah terinstal atau terpasang pada sebuah bangunan untuk dapat menggantikan listrik negara. Objek penelitian adalah panel surya pada gedung kantor pemerintah yang ada di wilayah Selong, Kecamatan Kebayoran Baru, Jakarta Selatan, dalam hal ini Gedung Parkir Motor lima Lantai dengan luas bangunan  $3630 \text{ m}^2$  dan luas lahan  $804 \text{ m}^2$ . Tipe modul PV yang digunakan yaitu *polycrystalline*. Dalam analisis hanya menggunakan data lapangan, desain *as build*, data kontrak serta tidak dilakukan pemilihan alternatif lain.

## 2. METODOLOGI

Penelitian analisis ini menggunakan jenis penelitian ilmiah melalui data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara kepada *stakeholder* yang terkait dalam pembangunan maupun pengelolaan PLTS pada atap gedung parkir motor. Sedangkan data sekunder diperoleh melalui data kontrak, *as build drawing*, dan data konsumsi listrik serta data daya listrik yang dihasilkan oleh PLTS tersebut. Selanjutnya data tersebut diolah untuk dapat menganalisis efisiensi dan efektivitas daya listrik panel surya pada atap gedung parkir motor tersebut.

### a. Panel Surya

Panel surya merupakan sebuah sistem yang dipakai untuk dapat mengubah energi sinar cahaya matahari menjadi energi listrik dengan memakai prinsip yang dapat disebut efek *photovoltaic*. Panel surya menghasilkan energi listrik dan akan disimpan ke dalam sebuah baterai jika menggunakan tipe PLTS *off grid*, kemudian listrik tersebut digunakan untuk mengoperasikan perangkat elektronik sesuai kebutuhan dayanya atau juga dapat langsung digunakan tanpa disimpan terlebih dahulu ke dalam baterai yang dapat disebut dengan sistem *on grid*

### b. Komponen Panel Surya

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan sistem topologi *On Grid* memiliki beberapa komponen yang harus dimiliki. Beberapa komponen yang harus dimiliki yaitu pertama PV modul, kedua inverter dan terakhir exim meter. Berikut ini merupakan gambar ilustrasi dari sistem topologi PLTS *on grid*, dengan kebutuhan komponennya tidak memerlukan baterai dalam pembangunan PLTS.

#### 1) Modul Surya

Alat atau modul yang mampu mengkonversi radiasi cahaya matahari secara langsung untuk diubah menjadi listrik dapat disebut *Photovoltaic*. PV merupakan singkatan dari kata *photovoltaic*[8]. Bahan baku yang biasa digunakan yaitu seperti *gallium arsenide*, *silicon*, dan *copper indium deselenide* atau *cadmium telluride* merupakan bahan semikonduktor. secara luas untuk pembuatan panel surya biasa menggunakan *solar cell crystalline*[9]. Kristal *Solar Cell* memiliki banyak jenis yang tersedia dipasaran yaitu *monocrystalline*, *polycrystalline*, dan *amorphous*.

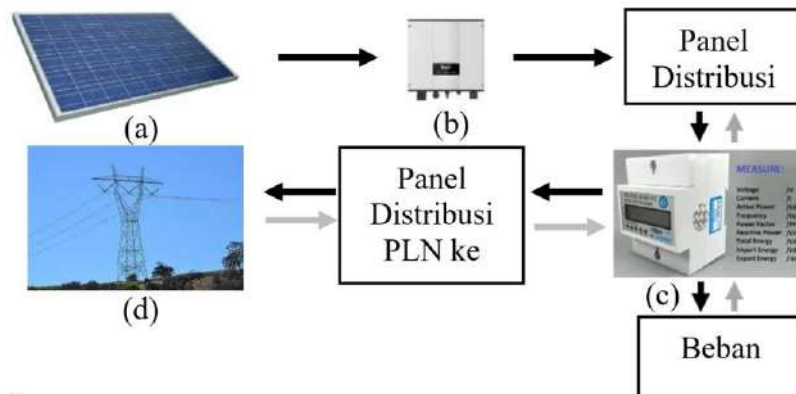
#### 2) Inverter

Dalam sistem suatu PLTS Inverter merupakan “jantung”. Mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh PV modul menjadi arus bolak balik (AC) merupakan fungsi dari inverter. Tingkat radiasi cahaya matahari menyebabkan tegangan DC dari panel surya cenderung tidak konstan. Inverter mengubah tegangan DC dari panel surya yang tidak konstan menjadi tegangan AC yang konstan dan siap dipakai atau dihubungkan dengan sistem eksisting yang ada, seperti jaringan listrik negara. Parameter arus dan tegangan pada keluaran inverter biasanya telah disesuaikan dengan standar baku nasional/internasional.

Pada saat ini, semua inverter pada bagian dalamnya menggunakan komponen elektronika. IGBT (*Insulated-Gate Bipolar Transistor*) merupakan teknologi terbaru suatu inverter yang telah digunakan[11] sebagai komponen primer menggantikan komponen lama seperti SCR, J-FET, BJT, MOSFET dan lainnya. Kombinasi keunggulan antara BJT dan MOSFET merupakan karakteristik IGBT.

Dalam pembangunan PLTS pemilihan jenis inverter harus disesuaikan dengan desain PLTS yang akan dibangun[10]. Penyesuaian jenis inverter untuk PLTS yaitu apakah PLTS *Off Grid* atau *On Grid* atau Hibrid. *On Grid* Inverter atau inverter untuk sistem *On Grid* wajib mempunyai kemampuan

memutuskan hubungan (*islanding system*) ketika grid kehilangan tegangan daya. Sedangkan, untuk sistem PLTS hibrid *inverter* harus dapat mengubah arus dari AC ke DC dan sebaliknya dari DC ke AC dengan kata lain dapat mengubah dari dari kedua arah. Sehingga *bi-directional* inverter lebih dikenal untuk inverter jenis ini.



\* Sumber: gambar telah diolah kembali

**Gambar 1.** Konfigurasi Sistem Konsep *On-grid*[8], (a) *Photovoltaik*. ; (b) Inverter, ; (c) Exim, ; (d) Jaringan PLN

### 3) *Exim Meter*

*Exim* meter merupakan meteran listrik yang akan mengukur surplus listrik yang mengalir ke jaringan listrik negara, dan juga sebaliknya listrik negara yang dipakai rumah/beban saat panel surya tak dapat menghasilkan energi di malam hari atau hujan deras dan juga alat ini dapat disebut alat kWh meter ekspor impor listrik PLN.

#### c. Komponen Panel Surya

Efisiensi pada panel surya merupakan prosentase ukuran untuk keluaran daya listrik. Berikut Langkah- langkah dalam menghitung efisiensi pada panel surya:

##### 1) Tentukan $P_{max}$

Dalam menghitung efisiensi terlebih dahulu harus dapat mengetahui  $P_{max}$  (daya keluaran maksimal) dengan rumus sebagai berikut:

$$P_{max} = V_{mp} \cdot I_{mp} \quad (1)$$

##### 2) Hitung Besaran Dimensi Panel Surya

Besaran dimensi dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan panel surya karena semakin luas panelsurya maka semakin besar pula daya yang dihasilkan:

$$\text{Dimensi} = \text{Panjang} \cdot \text{Lebar} \quad (2)$$

##### 3) Perhitungan Efisiensi

Setelah dilakukan perhitungan  $P_{max}$  dan dimesi, maka ada koefisien yang harus diketahui yaitu *Peak Sun Insulation* (PSI) dalam *standard test conditions* (STC). *Peak Sun Insulation* (PSI) adalah jumlah sinar cahaya matahari yang diterima permukaan bumi dengan satuan  $W/m^2$ , sedangkan *standard test conditions* (STC) merupakan kondisi pengujian panel surya utama yang digunakan oleh kebanyakan produsen dan badan pengujian. Ketentuan suhu sel yaitu  $25^\circ$  dan PSI yaitu  $1000 W/m^2$ . Setelah koefisien dapat diketahui maka efisiensi panel surya dapat dihitung sebagai berikut:

$$\eta_{max} = \frac{P_{max}}{PSI \cdot AC} \cdot 100\% \quad (3)$$

#### d. Menghitung Kapasitas PLTS

Persamaan perhitungan area array PLTS adalah sebagai berikut[14].

$$PV_{area} = \frac{EL}{G_{av} \cdot \eta_{PV} \cdot TCF \cdot \eta_{out}} \cdot 100\% \quad (4)$$

Persamaan menghitung daya yang akan dibangkitkan oleh PLTS adalah sebagai berikut.

$$P_{Watt\ Peak} = \text{Area array} \cdot PSI \cdot \eta_{PV} \quad (5)$$

Selanjutnya berdasarkan besar daya yang dibutuhkan, maka jumlah panel surya yang diperlukan diperhitungkan melalui rumus sebagai berikut:

$$\text{Jumlah PV Modul} = \frac{P_{watt\ peak}}{P_{mpp}} \quad (6)$$

#### e. Orientasi PV Modul

Panel surya atau PV modul akan efektif apabila mendapatkan sinar matahari langsung dengan arah normal tegak lurus terhadap permukaan PV modul. Jika semakin jauh sudut



tegak PV modul terhadap cahaya matahari maka tingkat penerimaan sinar cahaya matahari akan semakin rendah, sebab bila sudut PV modul semakin miring maka sebagian besar sinar matahari akan mengalami pemantulan dari permukaan sel surya dan hanya sedikit foton yang diserap. Persamaan untuk dapat mengetahui ketinggian maksimum (dalam derajat) ketika sinar matahari mencapai langit ( $\alpha$ ), secara mudah sebagai berikut [16].

$$\alpha = 90^\circ - lat + \delta(N \text{ hemisphere}); 90^\circ - lat + \delta(S \text{ hemisphere}) \quad (7)$$

Keterangan:

- EL : Penggunaan energi (kWh/hari)  
 Gav : Insolasi harian radiasi cahaya matahari rata-rata (3,98 kWh/m<sup>2</sup>/hari)  
 $\eta_{PV}$  : Efisiensi panel surya  
 TCF : *Temperature correction factor*  
 $\eta_{out}$  : Efisiensi inverter  
 PSI : 1000w/m<sup>2</sup> (*Peak Solar Insolation*)  
 P Watt peak : Daya yang dibangkitkan (Wp)  
 PMPP : Daya maksimum keluaran panel surya  
 lat : Garis lintang (*latitude*) lokasi instalasi PV modul terpasang (°)  
 $\delta$  : Sudut dari deklinasi matahari (23.45°)

Sedangkan sudut yang harus dibentuk oleh PV modul terhadap permukaan bumi ( $\beta$ ), dapat diperoleh dengan  $\beta = 90 - \alpha$

#### f. Variabel Penelitian

Komponen dasar dalam penelitian analisis efisiensi dan efektivitas daya listrik panel surya untuk menggantikan listrik negara terdiri dari faktor cuaca, daya listrik yang dihasilkan panel surya, dan waktu pengambilan data daya listrik pada inverter. Dalam hal ini, faktor cuaca merupakan variabel bebas, dikarenakan faktor cuaca ini merupakan variabel yang dapat mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu hasil daya listrik yang diperoleh PLTS saat panel surya mendapatkan sinar matahari dikarenakan variabel terikat ini merupakan variabel yang dipengaruhi oleh faktor cuaca. Selanjutnya, untuk variabel kontrol merupakan variabel yang dikendalikan agar variabel bebas dan variabel terikat tidak dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti oleh peneliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu waktu pengambilan nilai hasil daya listrik panel surya pada empat inverter di PLTS pada gedung parkir motor.

**Tabel 1.** Variabel Penelitian

No.	Jenis Variabel Penelitian	Variabel Penelitian
1	Variabel Bebas	Faktor cuaca seperti cerah, cerah berawan, berawan, hujan, dan hujan disertai petir
2	Variabel Terikat	Nilai daya listrik yang dihasilkan panel surya pada saat panel surya mendapatkan sinar cahaya matahari
3	Variabel Kontrol	Waktu pengambilan nilai daya listrik panel surya pada empat inverter di PLTS pada Gedung parkir motor

Variabel kontrol telah ditentukan oleh peneliti yaitu pada hari Rabu, tanggal 09 Juni 2021 hingga Senin, 14 Juni 2021. Pada hari tersebut akan dilakukan pengambilan nilai daya listrik panel surya dimulai pada pukul 06.00 WIB hingga pukul 18.00 dengan jarak waktu pengambilan selama 2 jam. Jadi dalam satu hari akan didapatkan tujuh nilai data daya listrik panel surya pada satu inverter, sehingga total data yang didapatkan dari keempat inverter yaitu 28 nilai daya listrik panel surya.

#### g. Konsep Perancangan PLTS

Dalam menganalisis penggunaan daya listrik panel surya pada gedung parkir motor terlebih dahulu kita harus mengetahui perancangan dari panel surya pada gedung parkir motor mulai dari perhitungan perancangan kapasitas komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), hingga perhitungan perancangan kemiringan panel surya pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di gedung parkir motor lima lantai.

##### 1) Perhitungan Perancangan Kapasitas Komponen PLTS

Dalam pembangunan sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), hal yang terpenting ialah pemilihan tipe komponen panel surya. Pemilihan tipe produk berdasarkan dari beberapa hal yaitu

pertimbangan nilai ekonomis, keterjangkauan barang terhadap konsumen, dan pelayanan yang berkelanjutan. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada gedung parkir motor lima lantai menggunakan panel surya yang memiliki kapasitas 200 wp produksi BP Solar *Polycrystalline*. Berdasarkan kapasitas produksi panel surya sebesar 200 wp, maka dapat ditentukan daya rancangan yang dihasilkan yaitu sebagai berikut.

$$P_{Watt\ Peak} = \text{Jumlah PV modul} \cdot P_{mpp} \text{ (Watt peak)}$$

$$P_{Watt\ Peak} = 440 \cdot 200 = 88,000 \text{ Wp}$$

Daya rancangan yang dihasilkan dari 440 buah panel surya adalah 88 kWp

**Tabel 2.** Spesifikasi Modul Surya

Item PV Modul	Spesifikasi	Keterangan
Modul Type	JB-200P	<i>Polycrystalline</i>
Quantity	440 Pcs	
Number of Cell	72 Pcs	
Rated Max Power	200 Watt peak	(Pmax)
Tolerance	±5 %	
Current at Pmax	5,30 A	(Imp)
Voltage at Pmax	37,8 V	(Vmp)
Short circuit current	5,55 A	(Isc)
Open circuit Voltage	45,40 V	(Voc)
Efficiency	15,11 %	
Weight	15,8 kg	(kg)
Max System Voltage	1000 Vdc	(Vdc)
Size	1330×992×35mm	

Berdasarkan jumlah panel yang terpasang sebanyak 440 unit dan dibagi menjadi 4 inverter dengan masing-masing inverter berisikan 20 unit panel yang disusun secara seri dan paralel × 6 string, 20 unit panel yang disusun secara seri dan paralel × 6 string, 20 unit panel yang disusun secara seri dan paralel × 5 string, dan 20 unit panel yang disusun secara seri dan paralel × 5 string. Berikut spesifikasi panel surya dengan  $V_{mp} = 37,8 \text{ V}$ ,  $I_{mp} = 5,30 \text{ A}$  dan  $P_{MPP} = 150 \text{ Wp}$  per-panel surya, maka dengan spesifikasi tersebut besar  $V_{mp}$ ,  $I_{mp}$ , dan  $P_{MPP}$  pada satu panel dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_{mp} \text{ satu string} = 37,8 \times 2 = 75,6 \text{ V}$$

$$I_{mp} \text{ satu string} = 5,30 \times 10 = 53 \text{ A}$$

$$P_{MPP} = V_{mp} \times I_{mp} = 75,6 \text{ V} \times 53 \text{ A} = 4,006,8 \text{ Wp}$$

Berdasarkan gambar 2 rangkaian distribusi panel surya dibawah dan data dilampiran maka jumlah panel surya yang digunakan adalah sebanyak 440 panel surya dengan setiap *string* akan menghasilkan daya sebesar 4.006,8 Wp, sehingga untuk tiap inverter akan menghasilkan daya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Inverter 1} &= 4,006,8 \text{ Wp} \times 6 \text{ String} & \text{Inverter 2} &= 4,006,8 \text{ Wp} \times 6 \text{ String} \\ &= 24,040,8 \text{ Wp} & &= 24,040,8 \text{ Wp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Inverter 3} &= 4,006,8 \text{ Wp} \times 5 \text{ String} & \text{Inverter 3} &= 4,006,8 \text{ Wp} \times 5 \text{ String} \\ &= 20,034 \text{ Wp} & &= 20,034 \text{ Wp} \end{aligned}$$

Jadi berdasarkan perhitungan daya pada setiap inverter maka total daya perancangan yang dihasilkan PLTS sebesar 88,1496 kWp. Nilai tersebut merupakan nilai total daya puncak pada panel surya yang dirancang secara seri paralel di gedung parkir motor.

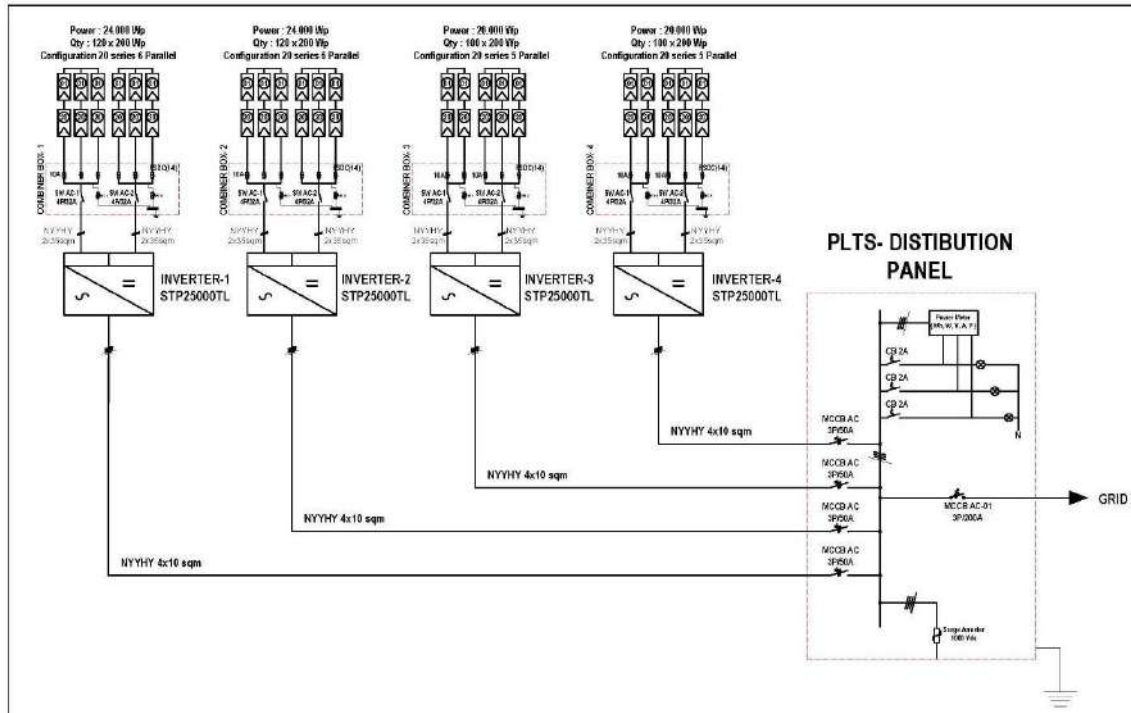
## 2) Perhitungan Perancangan Kemiringan Panel Surya

Pada proses instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya diperlukan ketelitian dan kecermatan dalam menentukan sudut kemiringan panel surya, hal ini diperlukan agar panel surya tersebut mendapatkan cahaya sinar matahari yang optimal pada gedung parkir motor lima lantai yang berada di wilayah Kecamatan Kebayoran Baru Kota Jakarta Selatan dengan titik koordinat  $6^{\circ}14'08.9''\text{S}$   $106^{\circ}48'00.3''\text{E}$ , maka sudut kemiringan panel surya dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \alpha &= 90^{\circ} + \text{lat} - \delta \text{ (S hemisphere)} & \beta &= 90^{\circ} - \alpha \\ &= 90^{\circ} + 6,14^{\circ} - 23,45 & &= 90^{\circ} - 72,69^{\circ} \\ &= 72,69^{\circ} & &= 17,31^{\circ} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, jadi sudut kemiringan perancangan panel surya maksimum adalah

sebesar 17,31°. sedangkan kemiringan panel surya pada parkir motor lima lantai sebesar 10 derajat berdasarkan *design as build drawing* (terlampir). Sehingga sinar matahari mampu ditangkap secara optimal karena sudut kemiringan dibawah 17,31°.



Gambar 2. Rangkaian Distribusi Panel Surya

### 3. METODOLOGI

#### a. Objek Penelitian

Dalam penelitian analisis panel surya ini telah ditentukan objek penelitiannya yaitu pada gedung parkir motor lima lantai yang menggunakan daya listrik dari panel surya dengan sistem *on grid*. Gedung parkir motor lima lantai dengan luas bangunan 3630 m<sup>2</sup> dan luas lahan 804 m<sup>2</sup> terletak di daerah Kebayoran Baru, Kota Jakarta Selatan. Gedung parkir motor ini beroperasi pada hari kerja mulai pukul 06.00. WIB hingga pukul 18.00 WIB. Gedung ini beroperasi setiap hari akan tetapi penggunaan fasilitas tersibuk pada lima hari kerja dalam seminggu. Dalam gedung tersebut terdapat berbagai macam peralatan yang digunakan untuk menunjang fasilitas parkir motor pegawai, diantaranya: lift dengan 5600 Watt peak sebanyak satu unit, lampu TL LED dengan 14,5 Watt peak sebanyak 146 unit, lampu petunjuk arah *exit* dengan 3 Watt peak sebanyak 22 unit, cctv dengan 5,04 Watt peak sebanyak 41 unit, dan komputer dengan 230 Watt peak sebanyak tiga unit, serta barrier gate motor 4,5 Watt peak sebanyak enam unit. Gedung parkir motor lima lantai ini menggunakan tiga sumber energi listrik yang pertama energi listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terletak pada *rooftop* gedung tersebut, Kedua energi listrik yang berasal dari listrik negara yaitu PLN, dan ketiga berasal dari generator set yang beroperasi ketika Pembangkit Listrik Tenaga Surya tidak menghasilkan daya atau dengan kata lain cuaca sedang berawan atau hujan dan listrik yang berasal dari PLN sedang mengalami pemadaman. Berdasarkan peralatan utilitas yang telah dijelaskan sebelumnya, maka jumlah beban puncak pada gedung parkir motor tersebut adalah 8706,64 Watt peak.

#### b. Profil Energi Listrik Gedung Parkir Motor

Pengumpulan data beban total harian pada gedung parkir motor lima lantai merupakan Langkah awal dalam perhitungan efisiensi dan efektivitas panel surya yang digunakan gedung parkir motor tersebut. Dalam hal ini peneliti telah menentukan jadwal dalam pengambilan data beban total harian yaitu pada tanggal 9 Juningga 14 Juni 2021 selama 6 hari kalender.

Tabel 3. Data Konsumsi Energi Listrik Gedung Parkir Motor

No.	Waktu/tanggal	Beban Total Harian
1	9 Juni 2021	209.9694 kWh
2	10 Juni 2021	210.1511 kWh
3	11 Juni 2021	209.8796 kWh

No.	Waktu/tanggal	Beban Total Harian
4	12 Juni 2021	208.8519 kWh
5	13 Juni 2021	208.9594 kWh
6	14 Juni 2021	210.1496 kWh
Beban total harian rata-rata		209.66 kWh



**Gambar 3.** Gedung Parkir Motor

Berdasarkan hasil pengukuran energi listrik gedung parkir motor lima lantai dari AMR (*Automatic Meter Reading*) dalam rentang waktu 9 Juni hingga 14 Juni 2021 menunjukkan bahwa pemakaian energi listrik dengan beban total harian rata-rata sebesar 209,66 kWh. Data AMR (*Automatic Meter Reading*) digunakan sebagai acuan perhitungan efisiensi dan efektivitas PLTS karena data AMR (*Automatic Meter Reading*) menunjukkan beban puncak sesungguhnya.

Selanjutnya pengumpulan data daya listrik yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid*. Data daya listrik ini diperoleh dari AMR (*Automatic Meter Reading*) pada masing-masing Inverter. Dalam hal ini peneliti telah menentukan jadwal dalam pengambilan data daya listrik yang diperoleh yaitu pada tanggal 9 Juni hingga 14 Juni 2021 selama 6 hari kalender.

**Tabel 4.** Data Daya Panel Surya Gedung Parkir Motor

No.	Waktu/tanggal	Daya
1	9 Juni 2021	205.64 kWh
2	10 Juni 2021	218.30 kWh
3	11 Juni 2021	199.60 kWh
4	12 Juni 2021	267.15 kWh
5	13 Juni 2021	175.87 kWh
6	14 Juni 2021	194.92 kWh
Beban total harian rata-rata		209,66 kWh

Berdasarkan hasil pengukuran daya energi listrik yang dihasilkan panel surya pada gedung parkir motor lima lantai dari AMR (*Automatic Meter Reading*) di setiap inverter dalam rentang waktu 9 Juni hingga 14 Juni 2021 menunjukkan bahwa daya listrik yang dihasilkan dengan total daya harian rata-rata sebesar 205.64 kWh.

### c. Perhitungan Efisiensi Modul PV

Efisiensi pada panel surya merupakan prosentase ukuran untuk keluaran daya listrik. Dalam menghitung efisiensi terlebih dahulu harus dapat mengetahui  $P_{max}$  (daya keluaran maksimal) dan besaran dimensi yang dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan panel surya karena semakin luas panel surya maka semakin besar pula daya yang dihasilkan. Berikut perhitungan efisiensi.

$$\begin{aligned}
 \eta_{max} &= P_{max} : (PSI \times A_c) \times 100\% \\
 &= 88.149,6 \text{ Watt} : (1000 \text{ W/m}^2 \times (\text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Jumlah Panel})) \times 100\% \\
 &= 88.149,6 \text{ Watt} : (1000 \text{ W/m}^2 \times (1,33 \times 0,992 \times 440)) \times 100\% \\
 &= 88.149,6 \text{ Watt} : 580.518,4 \times 100\% \\
 &= 15,18\%
 \end{aligned}$$

#### d. Perhitungan Kapasitas PLTS

Dalam pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya tentunya pada mulanya akan memperhitungkan luasan area yang akan digunakan untuk penempatan panel surya tersebut. Melalui luasan area tersebut maka kita dapat menentukan jumlah panel surya yang dibutuhkan dalam memenuhi kebutuhan energi listrik. Menghitung area string dan menghitung energi listrik yang disuplai dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) diperoleh dengan menghitung luas area string sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{PV Area} &= \text{EL} : (\text{Gav} \times \eta_{\text{PV}} \times \text{TCF} \times \eta_{\text{Out}}) \\ \text{PV Area} &= 209,66 \text{ kWh} : (3,98 \text{ kWh/m}^2 \times 0,1518 \times 0,98 \times 0,98) \\ &= 209,66 \text{ kWh} : 0,580 \text{ kWh/m}^2 \\ &= 361,48 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

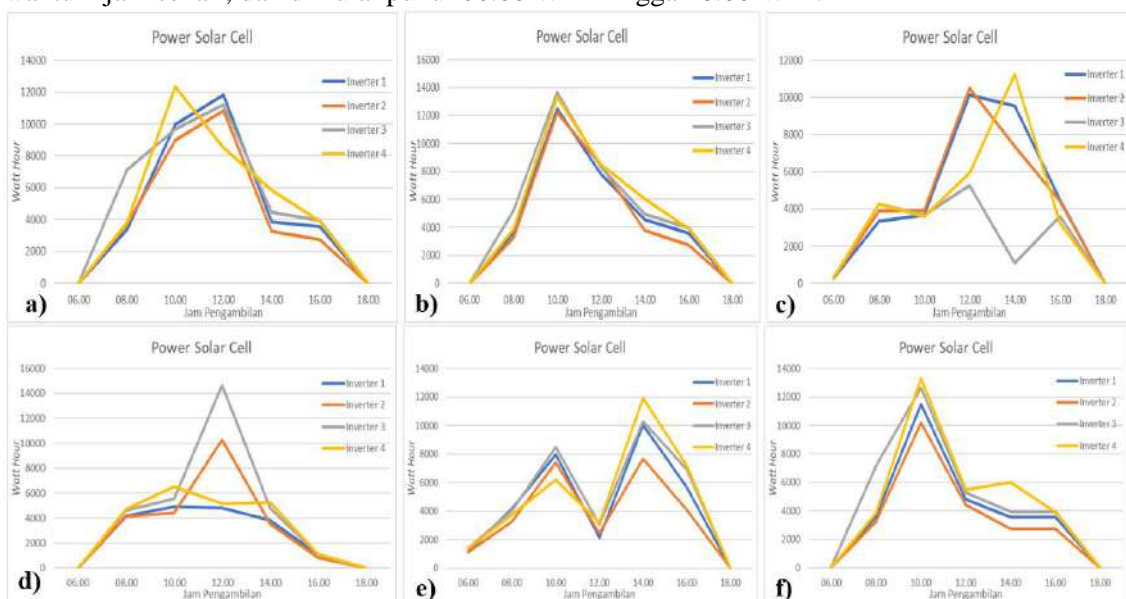
Berdasarkan perhitungan *PV Area* tersebut maka didapatkan nilai sebesar 361,48 m<sup>2</sup>. Nilai tersebut merupakan luasan area PV yang digunakan untuk membangkitkan kebutuhan energi listrik sesuai tabel 4.1. Luasan area PV ini lebih kecil dari data dilapangan yaitu luas lahan gedung parkir motor lima lantai yang terletak pada bagian *rooftop* gedung dengan luasan 802,3 m<sup>2</sup>. Sehingga luasan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Gedung parkir motor tersebut hanya membutuhkan 45,05 % dari luas *rooftop* tersebut Berdasarkan hasil perhitungan luasan *PV area*, maka daya yang dapat dibangkitkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah PV modul} &= P (\text{Watt peak}) : P_{\text{mpp}} \\ &= 54,872 \text{ kWp} : 200 \text{ Wp} \\ &= 274,36 = 275 \text{ Panel} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka kebutuhan panel dengan beban total harian rata-rata 209,66 kWh adalah 275 panel surya. Jadi jika dibandingkan dengan data dilapangan jumlah panel surya yang terpasang 440 buah, maka daya yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tersebut memiliki daya yang berlebih dan dialirkan langsung ke listrik negara. Perbedaan jumlah panel surya ini terjadi karena selain untuk pembangkit listrik tenaga surya yang seharusnya dibangkitkan hanya untuk kebutuhan beban gedung parkir motor tersebut cukup dengan 275 panel surya, akan tetapi panel surya tersebut juga sebagai atap pada gedung parkir motor dengan luas *rooftop* 802,3 m<sup>2</sup>. Oleh karena itu, panel surya dengan jumlah 440 buah luasnya 580,52 m<sup>2</sup> berfungsi juga sebagai atap gedung parkir motor. Sesuai dengan *design as build drawing* terlampir.

#### e. Data Power Solar cell

Pengambilan data power solar cell telah dilakukan mulai hari Rabu, 9 Juni 2021 sampai dengan hari Senin, 14 Juni 2021. Selanjutnya dari data tersebut akan dianalisis bagaimana panel surya ini beroperasi dan berapa power maksimal yang dihasilkan. Pengambilan data ini dilakukan dengan *range* waktu 2 jam sekali, dan dimulai pukul 06.00 WIB hingga 18.00 WIB.



**Gambar 4.** Grafik *Power Solar Cell*: (a) grafik tanggal 09-06-21; (b) grafik tanggal 10-06-21; (c) grafik tanggal 11-06-21; (d) grafik tanggal 12-06-21; (e) grafik tanggal 13-06-21; (f) grafik tanggal 14-06-21

Grafik dibawah ini menunjukkan empat *line* yang berarti terdiri dari empat inverter. Berikut data *power solar cell*.

Berdasarkan dari ke enam gambar grafik diatas dapat kita ketahui bahwa rata-rata daya maksimal yang dihasilkan terjadi pada pukul 10.00 WIB. Hal ini terjadi dikarenakan sinar cahaya matahari dapat tegak lurus dengan panel surya pada gedung parkir motor lima lantai. Dalam gambar 3.2 menunjukkan gambar grafik yang fluktuatif, hal ini terjadi dikarenakan pengaruh dari sinar cahaya matahari yang diperoleh/ditangkap panel surya tidak konstan dengan kata lain tergantung pada cuaca dihari itu. Cuaca pada saat pengambilan tanggal 9 Juni 2021 hingga 14 Juni 2021 yaitu cerah dan cerah berawan. Selanjutnya dilakukan perhitungan sebagai perbandingan antara daya maksimal yang dihasilkan melalui data grafik diatas dengan daya maksimal yang telah dilakukan sebelumnya melalui spesifikasi modul panel surya yang telah disambung secara seri dan parallel. Untuk perhitungan daya maksimal yang aktual, peneliti memilih grafik pada hari Kamis, tanggal 10 Juni 2021 dikarenakan data tersebut grafiknya menunjukkan datayang cukup stabil dan cuaca yang cerah.

Daya maksimal pada hari Kamis, tanggal 10 Juni 2021 terjadi pada pukul 10.00 WIB yaitu masing- masing 12.490 *Watt hour*, 12.190 *Watt hour*, 13.660 *Watt hour*, dan 13.300 *Watt hour*.

$$\begin{aligned} \text{Daya maksimal total aktual} &= 12.490 + 12.190 + 13.660 + 13.300 \\ &= 51.640 \text{ Watt hour} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya maksimal rencana} &= 24.040,8 + 24.040,8 + 20.034 + 20.034 \\ &= 88.149,6 \text{ Watt peak} \end{aligned}$$

Efisiensi panel surya pada gedung parkir motor dapat dihitung melalui daya maksimal total aktual dibagi daya maksimal rencana yang sesuai dengan spesifikasi pada modul panel surya yang telah dihubungkan secara seri dan parallel dikali seratus persen, sebagai berikut.

$$\text{Efisiensi panel surya} = 51.640 : 88.149,6 \times 100 \% = 58,58\%$$

Jadi efisiensi panel surya sebesar 58,58%. Prosentase diatas terlihat kurang memuaskan bisa jadi dikarenakan waktu pengambilan yang kurang tepat dan bisa juga dengan cuaca yang kurang mendukung sehingga daya total aktual yang dihasilkan dapat dikatakan kurang memuaskan.

#### 4. KESIMPULAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* memiliki efisiensi sebesar 58,58%. sehingga Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* pada gedung parkir motor lima lantai dengan luas bangunan 3630 m<sup>2</sup> dan luas lahan 804 m<sup>2</sup> memiliki efisensi yang cukup. Dalam hal efektivitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* pada gedung parkir motor lima lantai dengan luas bangunan 3630 m<sup>2</sup> dan luas lahan 804 m<sup>2</sup> memiliki kekurangan yaitu tidak adanya exim meter yang mampu mengukur surplus listrik yang masuk ke jaringan PLN, dan juga sebaliknya listrik PLN yang dipakai gedung parkir motor saat panel surya tidak menghasilkan energi yang menyebabkan tidak mendapatkan *feed in tarif* dari listrik negara. Berdasarkan peralatan utilitas yang terpasang pada gedung parkir motor beban puncaknya yaitu 8706,64 *Watt peak*, sedangkan daya maksimal yang dihasilkan oleh panel surya adalah 51.640 *Watt hour*. Jadi daya yang dihasilkan oleh panel surya pada gedung parkir motor ini berlebih. Sehingga mampu menggantikan listrik negara pada siang hari atau pada saat PLTS tersebut beroperasi.

#### 5. REFERENSI

- [1] Pemerintah Republik Indonesia (Government of Indonesia), "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (Government Regulations of the Republic of Indonesia Number 79 Year 2014 on National Energy Policy)," pp. 1-36, 2014.
- [2] Presiden RI, "Perpres Nomor 22 Tahun 2017." 2017.
- [3] Ministry of Energy and Mineral Resource Republic of Indonesia, "Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik." 2017.
- [4] S. S. Mohammad Hafidz;, "Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 Mw *on Grid* Di Yogyakarta," *Jur. Tek. Elektro, Sekol. Tinggi Tek. PLN*, vol. 7, no. JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN VOL. 7 NO. 1, JANUARI-MEI 2015, p. 49, 2015.
- [5] S. Karim and D. Cahyanto, "Analisa Penggunaan Solar Cell Pada Rumah Tinggal Untuk Keperluan Penerangan dan Beban Kecil," vol. 2, no. 1, pp. 22-32, 2019.
- [6] P. G. Chamdareno, E. Nuryanto, and E. Dermawan, "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid (Panel Surya dan Diesel Generator) pada Kapal KM. Kelud," *Resist. (Elektronika Kendali*

- Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer*), vol. 2, no. 1, p. 59, 2019, doi: 10.24853/resistor.2.1.59-64.
- [7] Kementerian ESDM, “Solar cell, Sumber Energi Terbarukan Masa Depan,” 2011. [Online]. Available: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/solar-cell-sumber-energi-terbarukan-masa-depan>. [Diakses 11 April 2021].
- [8] R. Hariyati, M. N. Qosim, and A. W. Hasanah, “Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah Konsep Fotovoltaik Terintegrasi *On Grid* dengan Gedung STT-PLN Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah,” vol. 11, no. 1, pp. 17–26, 2019.
- [9] Naville, Richard C., “Solar Energy Conversion”.Elsevier USA, 1995.
- [10] T. Markvart and L. Castaner, “Practical handbook of,” *Pract. Handb. Photovoltaics Fundam. Appl.*, pp. 1–1015, 2003.
- [11] M.R. Patel. “*Wind and Solar Power System*”. Washington, DC: CRC Press., 1984.
- [12] Luque, A., dan S. Hegedus., “Buku Pegangan Sains dan Teknik Fotovoltaik”. Wiley, Hoboken, NJ, 2003.
- [13] Ito, M., K. Kato, K. Komoto, T. Kichimi, dan K. Kurokawa, “Studi Perbandingan Tentang Biaya Dan Analisis Siklus Hidup Untuk 100 MW Sistem PV Skala Sangat Besar (VLS-PV) Di Gurun Menggunakan Modul m-Si, a-Si, CdTe, dan CIS”. *Progress in Photovoltaics*, 16, 17-30, 2007.
- [14] Nafeh, A.E.A. “Design and economic Analipsis of a stand-alone PV System to Electrify a reamotearea Household in Egypt”. *The Open Renewable Energy Journal* 2 : 33-37, 2009.
- [15] ABB. “Technical Application Papers N0.10 Photovoltaic Plants”. Italy. Bergamo, 2010.

# Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran Pelet Kayu Akasia Sebagai Bahan Bakar Alternatif pada Tungku Pembakaran

Sindhu Satya Prathama<sup>1\*</sup>, Ramon Trisno<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

\* Corresponding author: [sindhuprathama@gmail.com](mailto:sindhuprathama@gmail.com)

**Abstrak.** Penggunaan bahan bakar fosil (minyak bumi dan batu bara) di Indonesia semakin meningkat, akan tetapi cadangan bahan bakar fosil terus menurun dari tahun ke tahun. Salah satu upaya yang dilakukan oleh pemerintah dalam mengatasi kekurangan energi yang tidak terbarukan adalah menggunakan energi alternatif berupa energi yang terbarukan, salah satunya penggunaan pelet kayu sebagai energi biomassa. Pelet kayu merupakan hasil pengempaan biomassa berupa serbuk kayu yang diproses dengan tekanan pengempaan yang lebih besar dibandingkan briket. Bahan bakar pelet kayu berdiameter antara 3-12 mm dengan panjang antara 6-25 mm. Penelitian ini membahas tentang analisa nilai kalor dan laju pembakaran pada pelet kayu sebagai alternatif pengganti bahan bakar padat berupa batubara. Metode pengujian yang dilakukan melalui uji lab dengan kalorimeter dan tungku pembakaran dimana dikombinasikan dengan memanaskan bejana yang berisi air dengan variabel massa bahan bakar dari 100 gram hingga 1000 gram serta variabel volume air dari 1300 ml hingga 4500 ml. Nilai kalor yang dihasilkan oleh pelet lebih rendah daripada batubara namun masih dianggap memiliki nilai kalor yang cukup sebagai bahan bakar.

**Kata kunci**— Pelet kayu, nilai kalor, laju pembakaran

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar fosil (minyak bumi dan batu bara) di Indonesia semakin meningkat, akan tetapi cadangan bahan bakar fosil terus menurun dari tahun ke tahun. Sebagai contoh, cadangan minyak bumi di Indonesia terus berkurang dari tahun ke tahun. Saat ini Indonesia memiliki cadangan terbukti minyak bumi sekitar 3,3 milyar barrel. Dengan asumsi produksi konstan 800.000 barrel per hari tanpa adanya cadangan minyak bumi baru, maka dalam 11 sampai 12 tahun ke depan Indonesia tidak mampu memproduksi minyak bumi lagi (Kementrian ESDM, 2018).

Salah satu upaya yang dilakukan oleh pemerintah dalam mengatasi kekurangan energi yang tidak terbarukan adalah menggunakan energi alternatif berupa energi yang terbarukan, salah satunya penggunaan energi biomassa. Sumber energi biomassa mempunyai kelebihan berupa sumber energi yang dapat diperbaharui sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (Arhamsyah, 2010). Pelet kayu akasia berasal dari limbah hasil produksi berupa serbuk gergaji kayu akasia yang berasal dari pematangan kayu yang digunakan untuk keperluan mebel. Penggunaan pelet kayu sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil menghasilkan emisi lebih rendah dibandingkan dengan batubara, minyak tanah dan gas. Emisi CO<sub>2</sub> dari pelet kayu sekitar sepuluh kali lebih rendah dibandingkan dengan batubara dan bahan bakar minyak, serta delapan kali lebih rendah daripada gas. Selain emisi CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan dari hasil pembakarannya rendah, juga berasal dari bahan baku terbarukan yang bersifat *carbon neutral* (Genissa, Boedoyo, and Yoesgiantoro 2018)

Bahan bakar adalah suatu bahan yang mengandung kalor yang dapat dilepas dan dapat berubah menjadi energi yang lain. Secara umum bahan bakar mengalami proses melepaskan panas akibat tereaksi oleh oksigen yang disebut dengan proses pembakaran. Berdasarkan wujudnya bahan bakar dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis berupa:

1. Bahan Bakar Padat
2. Bahan Bakar Cair
3. Bahan Bakar Gas

Pelet kayu merupakan salah satu bahan bakar berbasis biomassa. Pelet kayu merupakan hasil pengempaan biomassa berupa serbuk kayu yang mempunyai tekanan lebih besar dibandingkan briket. Bahan bakar pelet kayu berdiameter antara 3-12 mm dengan panjang antara 6-25 mm. Tahapan Proses pembuatan pelet kayu dimulai dari pemilahan bahan baku berupa serbuk gergajian kayu yang disaring dengan ukuran tertentu untuk kemudian dilakukan pengempaan. Proses pengempaan di-lakukan



dengan menggunakan alat pres hidrolik hasil rekayasa dan dilengkapi dengan electric heater (Hendra, 2012)

Batubara merupakan suatu bahan bakar padat yang berasal dari sedimen organik terbentuk dari tumbuh-tumbuhan yang telah mengalami dekomposisi secara biokimia, kimia serta fisika dalam kondisi bebas oksigen dan berlangsung pada tekanan serta temperatur tertentu pada kurun waktu yang lama.

Proses pembakaran didefinisikan sebagai reaksi cepat eksotermik yang melepaskan energi substansial seperti panas dan api sebagai reaksi pembakaran dengan kemampuan penyebaran melalui medium yang cocok (Ragland and Bryden, 2011). Penyebaran ini dihasilkan oleh gabungan reaksi dari proses perpindahan molekul. Mekanisme pembakaran biomassa terdiri dari tiga tahap yaitu pengeringan, devolatilisasi, dan pembakaran arang. Pengeringan merupakan tahap ketika sebuah partikel dipanaskan dengan dikenai temperatur tinggi atau radiasi api, air dalam bentuk kelembapan (*moisture*) di permukaan bahan bakar akan menguap, dan kelembapan yang berada pada sisi dalam akan menguap melalui celah partikel. Devolatilisasi atau proses pirolisis merupakan tahap dimana bahan bakar mulai mengalami proses dekomposisi, yaitu terjadinya pemisahan ikatan kimia akibat proses termal dan kemudian zat terbang keluar dari partikel. Zat terbang sendiri terdiri dari gas yang mampu terbakar (*combustible*) maupun yang tidak mampu terbakar (*non-combustible*) dan juga zat hidrokarbon. Pembakaran arang merupakan sisa proses dari pengeringan dan devolatilisasi. Laju pembakaran arang tergantung pada konsentrasi oksigen, temperatur gas, bilangan Reynolds, ukuran, dan porositas arang. Arang mempunyai porositas yang tinggi. Porositas arang kayu berkisar 0,9 (Jamilatun, 2012)

Nilai kalor merupakan jumlah energi panas secara maksimal yang dilepaskan oleh bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume dari bahan bakar tersebut (Sabit and Tirono, 2012). Analisa nilai kalor suatu bahan bakar dimaksudkan untuk memperoleh data tentang energi kalor yang dilepaskan dengan terjadinya proses pembakaran. Nilai kalor terdiri dari *highest heating value* (HHV) atau *gross calorific value* (GCV) dan *lowest heating value* (LHV) atau *nett calorific value* (NCV). HHV adalah kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna persatuan berat bahan bakar pada tekanan tetap. LHV adalah kalor yang besarnya samadengan nilai kalor pada HHV, dikurangi dengan kalor yang dibutuhkan oleh air dalam kandungan bahan bakar dan air yang terbentuk pada proses pembakaran.

Kalorimeter adalah alat yang digunakan untuk menganalisa nilai kalor suatu bahan. Proses pembakaran bahan dilakukan di dalam suatu bejana dengan atmosfer oksigen. Bahan uji dibenamkan di dalam air, baik di dalam maupun di luar bejana kalorimeter. Temperatur air di dalam dan di luar bejana akan dimonitor. Analisa nilai kalor dengan menggunakan kalorimeter dinilai lebih praktis dan murah dibandingkan dengan menggunakan analisa secara *ultimate* dengan meneliti setiap fraksi susunan kimia yang terdapat pada sampel bahan bakar (Novita and Damanhuri, 2010)

Kalorimeter dapat digunakan untuk mengukur beberapa penerapan penggunaan yang sesuai dengan standar seperti ISO, DIN, dan standar lainnya. Kalorimeter digunakan hanya untuk menentukan nilai energi kotor. Analisa nilai bersih menggunakan pengurangan nilai energi kotor dengan perkalian zat H<sub>2</sub>O hasil dari pembakaran yang terjadi di dalam bom dan panas laten penguapan H<sub>2</sub>O. Dalam analisa nilai kalor dengan kalorimeter untuk bahan bakar yang masih mengandung air atau nilai kalor bruto (HHV) menggunakan persamaan:

$$HHV = \frac{(T_2 - T_1)W_c}{m} \quad (1)$$

Dengan :

HHV = Nilai kalor bruto,

T<sub>1</sub> = Suhu akhir

T<sub>2</sub> = Suhu awal

W<sub>c</sub> = Energi sepadan dari alat kalorimeter, sebesar 2.416 kal/g

Setelah nilai kalor bruto didapatkan, maka untuk menghitung nilai kalor netto atau LHV menggunakan rumus:

$$LHV = HHV - mh_{fg} \quad (2)$$

Dengan :

LHV = Nilai kalor netto,

HHV = Nilai kalor bruto

m = massa air yang terjadi dalam pembakaran

h<sub>fg</sub> = kalor laten uap air sebesar 539 kal/g

Maka biasanya nilai LHV lebih mewakili sebagai pertimbangan teknologi lebih lanjut (Elfiano, Subekti, and Sadil, 2014). Laju pembakaran didefinisikan sebagai besarnya massa yang terbakar dalam satuan waktu (Almu, Syahrul, and Padang, 2014). Uji laju pembakaran bertujuan untuk menentukan kadar efisiensi dalam bahan bakar. Semakin sedikit massa yang terbakar per satuan waktu menunjukkan bahwa kemampuan nyala api lebih tahan lama. Adapun rumus untuk mengetahui laju pembakaran adalah:

$$LP = \frac{m_0 - m_1}{t} \quad (3)$$

Dengan :

LP = Laju pembakaran,  
 $m_1$  = Massa sesudah pembakaran  
 $m_2$  = Massa sebelum pembakaran  
 $t$  = Durasi pembakaran

Kalor atau panas adalah energi yang berpindah akibat perbedaan suhu. Satuan SI untuk kalor adalah Joule. Kalor bergerak dari daerah yang bersuhu tinggi menuju ke daerah yang bersuhu rendah (Holman, 2010). Kalor pada sebuah benda yang bertukar suhu dapat dihitung. Jumlah kalor adalah nilai kalor yang diperlukan atau dilepaskan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = mc\Delta T \quad (4)$$

Dengan :

Q = Kalor  
 $m$  = Massa  
 $\Delta T$  = Selisih temperatur  
 $t$  = Durasi pembakaran

Relasi antara kalor dengan energi listrik adalah sebagai berikut:

$$Q = W = Pt \quad (5)$$

Dimana  $W$  merupakan energi listrik dan  $P$  merupakan daya yang dinyatakan dalam satuan Watt serta  $t$  adalah waktu yang dinyatakan dalam satuan detik.

## 2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode studi literatur, uji laboratorium dan observasi lapangan.

### Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dipakai dalam penelitian ini meliputi *bomb calorimeter*, termometer, *stopwatch*, bejana, tungku pembakaran, neraca digital, pelet kayu dan batubara brongkol sub-bitumen

### Pengujian Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor yang terkandung pada pelet kayu dan batubara menggunakan alat *bomb calorimeter*. Sampel bahan bakar dengan massa sebesar 1 gr dimasukkan dalam *bomb cylinder* untuk kemudian didetonasikan. Selisih pembacaan temperatur pada *water jacket* dicatat untuk kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai kalor bruto, untuk kemudian dikurangkan dengan massa air yang terjadi setelah pembakaran guna menentukan besar nilai kalor netto yang terjadi.

### Pengujian Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran dilakukan untuk mengetahui efektivitas dari suatu bahan bakar. Pengujian ini dilakukan secara manual dengan cara menimbang massa bahan bakar dalam cawan untuk kemudian dibakar pada tungku pembakaran. Durasi laju pembakaran dihitung dari penyalaan hingga seluruh bahan bakar berubah menjadi abu.

### Pengujian Laju Pembakaran

Pengujian laju pembakaran dilakukan untuk mengetahui efektivitas dari suatu bahan bakar. Pengujian ini dilakukan secara manual dengan cara menimbang massa bahan bakar dalam cawan untuk kemudian dibakar pada tungku pembakaran. Durasi laju pembakaran didapatkan dengan cara mengukur waktu yang dibutuhkan oleh sampel bahan bakar untuk terbakar hingga menjadi abu.

### Pengujian Daya Yang Dihasilkan oleh Pelet Kayu

Pengujian daya yang dihasilkan dilakukan dengan cara memanaskan sejumlah volume air pada sebuah bejana. Kenaikan temperatur serta durasi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur puncak akan dicatat.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Analisa Nilai Kalor

Analisa nilai kalor dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai kalor bruto dan netto yang terkandung pada pelet kayu serta perbandingannya dengan nilai kalor bruto dan netto pada batubara

**Tabel. 1** Data nilai kalor bruto (HHV) dan nilai kalor netto (LHV)

Jenis Bahan Bakar	HHV (kal/g)	LHV (kal/g)
Pelet Kayu	4021.6	3901.6
Batubara Sub-bitumen	6214.2	6117

**Tabel. 2** Data laju pembakaran pelet kayu

No.	Massa Sebelum Pembakaran (g)	Laju Pembakaran (g/detik)
1	100	0,021
2	200	0,026
3	300	0,027
4	400	0,029
5	500	0,030
6	600	0,030
7	700	0,030
8	800	0,030
9	900	0,031
10	1000	0,029

**Tabel. 3** Data laju pembakaran batubara

No.	Massa Sebelum Pembakaran (g)	Laju Pembakaran (g/detik)
1	100	0,0131
2	200	0,0156
3	300	0,0162
4	400	0,0177
5	500	0,0186
6	600	0,0185
7	700	0,0185
8	800	0,0184
9	900	0,0188
10	1000	0,0179

**Tabel. 4** Data daya yang dihasilkan oleh pembakaran pelet kayu

Massa Bahan Bakar (g)	Kalor yang diterima oleh air (kal)	Daya yang dihasilkan (Watt)
100	70,460	612
200	74,230	397
400	167,500	647
600	198,450	599
700	291,200	506
900	283,950	580
1000	333,900	627

Nilai kalor netto pelet kayu sebesar 3901,6 kal/g, lebih rendah dibandingkan dengan nilai kalor netto batubara sebesar 6117 kal/g.

#### Analisa Laju Pembakaran

Pada tabel 2 didapatkan data laju pembakaran pelet kayu dan tabel 3 didapatkan data laju pembakaran batubara. Rata-rata laju pembakaran pelet kayu sebesar 0.028 gram/detik, lebih cepat daripada laju pembakaran batubara sebesar 0.185 gram per detik. Pada percobaan massa sampel pelet kayu sebesar 900 gram laju pembakaran yang dihasilkan lebih cepat dibandingkan dengan laju pembakaran 800 gram, hal ini dikarenakan cuaca yang berangin mampu mempercepat laju pembakaran dikarenakan terjadi proses konveksi paksa pada tungku pembakaran.

#### Analisa daya yang dihasilkan oleh pelet kayu saat memanaskan air dalam bejana

Pada tabel 4 didapatkan data daya rata-rata yang dihasilkan oleh pelet kayu pada saat proses

memanaskan air pada bejana sebesar 567 Watt. Kalor yang dihasilkan dihitung dari waktu awal penyalaan sampai dengan waktu mencapai temperatur puncak. Daya yang dihasilkan pada setiap sampel pembakaran sangat bervariasi dikarenakan oleh faktor volume air yang beragam dan pencatatan durasi pembakaran dalam durasi menit, sehingga toleransi waktu yang terkonversi dari menit ke detik adalah sebesar 60 detik.

#### 4. Kesimpulan

1. Nilai kalor bruto yang dihasilkan oleh pelet kayu adalah sebesar 4021,6 kal/g, lebih rendah 35% dibandingkan dengan batubara sub-bitumen
2. Rata-rata laju pembakaran yang dihasilkan oleh pembakaran pelet kayu sebesar 0,028 gram/detik, lebih cepat apabila dibandingkan dengan rata-rata laju pembakaran batubara sebesar 0.0173 gram/detik
3. Rata-rata daya yang dihasilkan oleh pembakaran pelet kayu pada proses pemanasan air hingga mencapai suhu puncak sebesar 567 Watt.

#### 5. Referensi

- [1] Almu, M. Afif, S. Syahrul, and Yesung Allo Padang. 2014. "Analisa Nilai Kalor Dan Laju Pembakaran Pada Briket Campuran Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Dan Abu Sekam Padi." *Dinamika Teknik Mesin* 4 (2): 117–22.
- [2] Arhamsyah, Arhamsyah. 2010. "Pemanfaatan Biomassa Kayu Sebagai Sumber Energi Terbarukan." *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* 2 (1): 42–48.
- [3] Elfiano, Eddy, Purwo Subekti, and Ahmad Sadil. 2014. "Analisa Proksimat Dan Nilai Kalor Pada Briket Bioarang Limbah Ampas Tebu Dan Arang Kayu." *Jurnal Aptek* 6 (1): 57–64.
- [4] Genissa, Nomaridha, Mohamad Sidik Boedoyo, and Donny Yoesgiantoro. 2018. "Analisis Biaya Dan Manfaat Pelet Kayu Eceng Gondok Sebagai Energi Alternatif Dalam Rangka Peningkatan Ketahanan Energi." *Jurnal Ketahanan Energi* 4 (2): 92–114.
- [5] Hendra, Djeni. 2012. "Rekayasa Pembuatan Mesin Pelet Kayu Dan Pengujian Hasilnya." *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 30 (2): 144–54.
- [6] Holman, J.P. 2010. *Heat Transfer*. 10th ed. New York: McGraw Hill. <https://doi.org/10.1016/b978-1-933762-24-1.50019-x>.
- [7] Indonesia, Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik. 2018. "Ini Angka Cadangan Migas Indonesia Dan Cara Meningkatkan." 2018. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/ini-angka-cadangan-migas-indonesia-dan-cara-meningkatkannya>.
- [8] Jamilatun, Siti. 2012. "Sifat-Sifat Penyalaan Dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara Dan Arang Kayu." *Jurnal Rekayasa Proses* 2 (2): 37–40.
- [9] Novita, Dian Marya, and Enri Damanhuri. 2010. "Heating Value Base on Composition and Characteristics of Municipal Solid Waste Indonesia in Waste to Energi." *Environmental Engineering Journal, ITB* 16 (2): 103–14.
- [10] Ragland, K. W., and K. M. Bryden. 2011. *Combustion Engineering*. 2nd ed. New York: CRC Press. <https://doi.org/10.2307/3102126>.
- [11] Sabit, Ali, and M. Tirono. 2012. "Efek Suhu Pada Proses Pengarangan Terhadap Nilai Kalor Arang Tempurung Kelapa." *Jurnal Neutrino* 3 (2): 143–52.

# Analisis Pengendalian Kualitas Kadar Air pada Produk *Activated Bleaching Earth* Menggunakan *Six Sigma* di PT. XYZ

Nur Yulianti Hidayah<sup>1\*</sup>, Fadhlan Ritonga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jl. Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta, 12640

\* *Corresponding author*: [fadhlanritonga270598@gmail.com](mailto:fadhlanritonga270598@gmail.com)

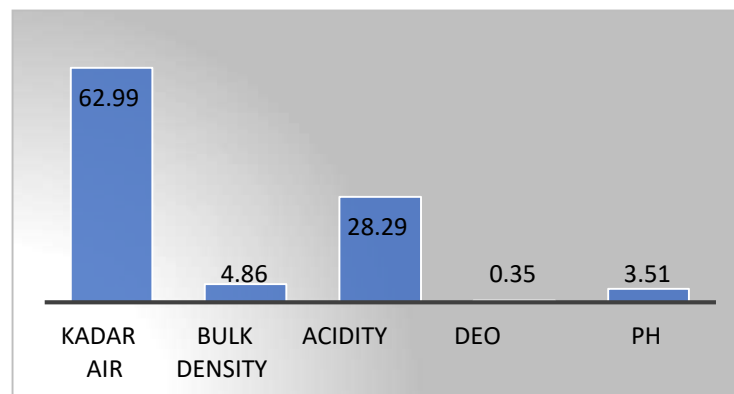
**Abstrak.** PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang mengolah dan mengaktivasi batuan bentonit dan kemudian diolah menjadi produk *activated bleaching earth*. Permasalahan kualitas mutu produk yang terjadi di PT. XYZ adalah terdapat produk cacat khususnya pada defect kadar air sehingga kualitas produk yang dihasilkan tidak memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Dengan adanya permasalahan tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk menerapkan *six sigma* dengan mengendalikan kualitas produk sehingga diharapkan dapat mengurangi kecacatan pada produk *activated bleaching earth* di PT. XYZ. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan konsep dari *six sigma DMAIC*. Pada tahap *define* ditetapkan CTQ produk yaitu  $CTQ < 10\%$  (produk kering) dan  $> 15\%$  (produk basah). Pada tahap *measure* diperoleh nilai DPMO sebesar 256.000 dan nilai sigma 2,1558. Pada tahap *analyze* dilakukan analisis FMEA dengan nilai RPN tertinggi berturut-turut yaitu pada faktor mesin, manusia dan material. Pada tahap *improve* dilakukan langkah perbaikan dan pada faktor mesin adalah menerapkan *preventif maintenance* mesin secara rutin. Untuk faktor manusia adalah memberikan arahan kepada atau peringatan kepada operator untuk saling menjaga kedisiplinan saat bekerja dan mematuhi SOP yang sudah ada. Sedangkan untuk faktor material adalah meningkatkan standar kualitas bahan baku.

**Kata kunci**— *Defect, Kadar Air, DPMO, FMEA, Six Sigma*

## 1. PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang mengolah dan mengaktivasi batuan bentonit dan kemudiandiolah menjadi produk *activated bleaching earth*. Produk *activated bleaching earth* digunakan untuk mengurangi kekeruhan serta dapat menghilangkan kotoran yang terlarut dalam minyak juga logam-logam yang terdapat dalam minyak sehingga diperoleh minyak yang bermutu baik dan jernih. Batuan bentonit merupakan sejenis batuan yang digunakan sebagai bahan pemucat yang bertujuan untuk menghilangkan zat-zat warna dalam minyak dengan penambahan *absorben agent* seperti arang aktif. Arang aktif merupakan suatu arang/karbon yang mempunyai senyawa *absorben* untuk menyerap kotoran baik di dalam cairan maupun kotoran dalam bentuk asap.

Dalam melakukan proses produksi *activated bleaching earth* tidak menutup kemungkinan kualitas produk belum terkendali. Saat ini jumlah produksi *activated bleaching earth* setiap bulannya rata-rata 4.000 ton. Pengendalian kualitas *activated bleaching earth* dilakukan melalui uji laboratorium dimana karakteristik kualitas produk yang diuji adalah uji *Moisture* (kadar air), uji *Bulk Density* (berat jenis), uji *Acidity* (keasaman), uji *Deodorization* (daya pucat), dan uji PH. Jika terjadi ketidaksesuaian kualitas produk dengan standar yang telah ditetapkan maka perusahaan akan melakukan pengerjaan ulang (*rework*).



**Gambar 1.** Persentase *Defect* Produk Periode Agustus 2018 - Mei 2020

Permasalahan yang sering terjadi dan paling banyak menyebabkan pengerjaan ulang adalah pada *Moisture* (kadar air). Standar atau spesifikasi *Moisture* (kadar air) pada produk *activated bleaching earth* yang ditetapkan perusahaan adalah 10% - 15%. diketahui kadar air produk *activated bleaching earth* selama bulan Agustus 2018–Mei 2020 memiliki persentase *defect* tertinggi yaitu *Moisture* sebanyak 1.074 ton atau 63% dan persentase *defect* terendah yaitu *Deodorization* sebanyak 6 ton atau 0,35%.

Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk mengukur dan melakukan perbaikan kualitas dengan menggunakan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) pada *six sigma* dalam menganalisis dan memperbaiki pengendalian kualitas. Metode *six sigma* diharapkan mengurangi produk *reject* yang terjadi sehingga dapat meningkatkan daya saing perusahaan. Gambar 1 menunjukkan jumlah *defect* yang menjadi penyebab produk *reject* selama bulan Agustus 2018 – Mei 2020.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini dengan menggunakan metode observasi yaitu pengamatan atau peninjauan secara langsung di tempat penelitian yaitu di PT. XYZ dengan mengamati proses produksi dari awal sampai akhir dan kegiatan pengendalian kualitas. Selanjutnya metode wawancara yaitu dengan wawancara atau tanya jawab langsung dengan manajer produksi dan karyawan. Dengan metode ini memperoleh data tentang proses produksi, penyebab produk cacat dan tentang pengendalian kualitas produk *activated bleaching earth*.

Metode analisis data dalam penelitian ini mengacu pada prinsip-prinsip dalam metode *six sigma*. Metode *six sigma* ini digunakan untuk mengantisipasi terjadinya kesalahan dengan menggunakan langkah-langkah yang terukur dan terstruktur. Pada tahap *define* ini penentuan penyebab yang paling signifikan yang merupakan sumber kegagalan produksi produk akhir *activated bleaching earth*. Dimana langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap ini adalah mengidentifikasi karakteristik kualitas *critical to quality* (CTQ).

Pada tahap *measure* ini merupakan pengukuran masalah produk *activated bleaching earth*. Dimana langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap ini adalah membuat peta kontrol, menganalisis kemampuan proses, menghitung DPMO dan menentukan nilai sigma. Peta kontrol atau diagram kontrol yang digunakan untuk memperlihatkan proses perubahan dari data dan peta kontrol yang digunakan yaitu peta kendali X dan peta kendali R. Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (1)$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (2)$$

$$UCL = D_4 \bar{R} \quad (3)$$

$$LCL = D_3 \bar{R} \quad (4)$$

Analisa kemampuan proses dengan menggunakan *capability process* (CP) dan *capability process index* (Cpk) dan bantuan peta kendali X serta R. Berikut ini kriteria penilaian indeks kapabilitas proses yaitu : Jika  $C_p > 1,33$  kemampuan prosesnya sangat baik, jika  $1,00 \leq C_p \leq 1,33$  kemampuan prosesnya cukup baik namun perlu kontrol ketat, jika  $C_p$  mendekati 1,00 dan  $C_p < 1,00$ , kemampuan prosesnya rendah maka prosesnya perlu ditingkatkan. Berikut ini rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$\sigma_o = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (5)$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_o} \quad (6)$$

$$C_{pl} = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3\sigma_o} \quad (7)$$

$$C_{pu} = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3\sigma_o} \quad (8)$$

$$C_{pk} = \frac{\min\{C_{pu}\text{ or }C_{pl}\}}{3\sigma_o} \quad (9)$$

$$P \left[ Z \geq \left( \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{s} \right) \right] \cdot 1,000,000 \quad (10)$$

$$P \left[ Z \leq \left( \frac{LSL - \bar{\bar{X}}}{s} \right) \right] \cdot 1,000,000 \quad (11)$$

Pada tahap *analyze* ini merupakan langkah untuk menganalisis penyebab masalah kualitas pada proses produksi *activated bleaching earth*. Dimana langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap ini adalah membuat diagram pareto dan diagram sebab-akibat dan analisis *failure mode and effect analysis* (FMEA). Pada tahap *improve* ini merupakan tahap untuk mengidentifikasi cara perbaikan suatu proses peningkatan kualitas dari penyebab yang muncul dari diagram sebab-akibat. Dimana langkah-langkah

yang dilakukan dalam tahap ini menggunakan metode 5W 1H.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a. Define

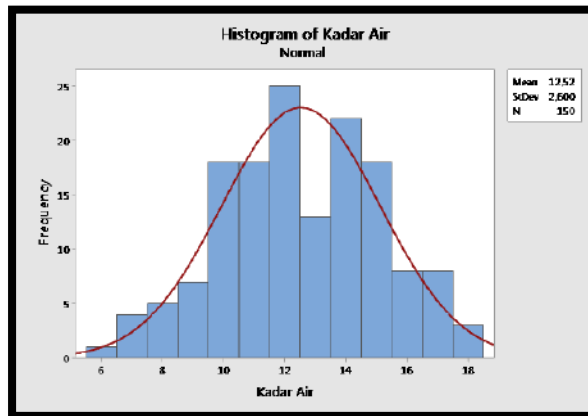
Pada tahap *define* maka ditetapkan berdasarkan jenis cacat pada produk *activated bleaching earth* yang mempengaruhi karakteristik kualitas produk sehingga tidak memenuhi harapan pelanggan. Berdasarkan hasil analisis pada tahap *define* maka yang merupakan *critical to quality* (CTQ) pada produk *activated bleaching earth* yaitu kadar air. CTQ kadar air disajikan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Critical To Quality (CTQ) Produk Activated Bleaching Earth.

CTQ	Kriteria	Spesifikasi	Deskripsi
CTQ-1	Kadar air (Moisture)	< 10%	Rendahnya kadar air dapat menyebabkan produk kering.
		> 15%	Tingginya kadar air dapat menyebabkan produk basah.

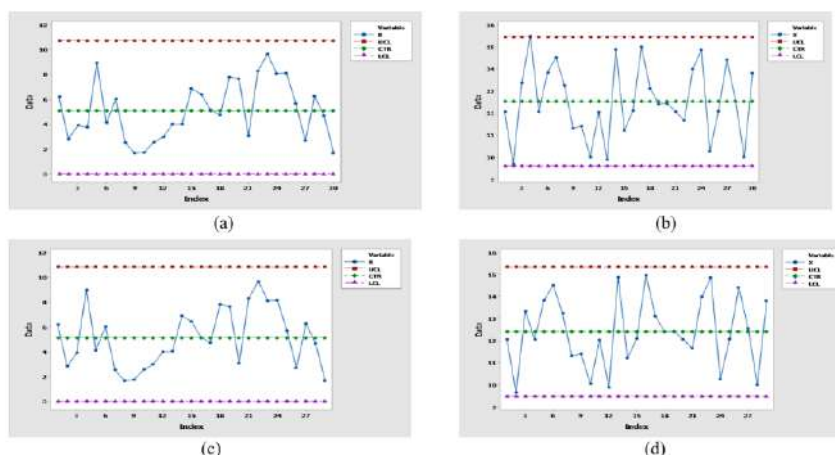
#### b. Measure

Pada tahap *measure* dilakukan dengan membuat uji normalitas data dengan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov*. Gambar 2 menunjukkan hasil  $D = 0,048 \leq D_{0,05;22} = 0,110$ . Maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak, artinya data sampel hasil pengujian kadar air periode 1-30 September 2020 berasal dari populasi yang berdistribusi normal.



**Gambar 2.** Uji Normalitas Data Kandungan Kadar Air.

Tabel 2 merupakan hasil pengujian kandungan kadar air periode 1 - 30 september 2020. Pada gambar 3 (a) diketahui bahwa penyebaran nilai rentang kadar air dari sampel yang diambil selama periode 1-30 September 2020 berada dalam batas kendali (*in control*), tetapi pada gambar 3 (b) terlihat bahwa penyebaran data nilai kadar air dari sampel (peta X) yang diambil selama periode 1-30 September 2020 menunjukkan hanya terdapat satu data yang *out of control*, yaitu data dengan nomor sampel empat, maka dilakukan revisi terhadap peta kendali R dan X dengan menghapus data ke-empat.

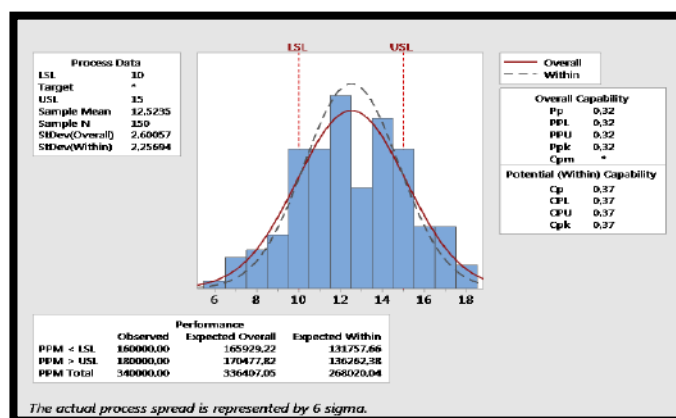


**Gambar 3.** (a) Peta Kontrol R Kadar Air Periode 1-30 September 2020; (b) Peta Kontrol X Kadar Air Periode 1-30 September 2020; (c) Peta Kontrol R Perbaikan Kadar Air Periode 1-30 September 2020; (d) Peta Kontrol X Perbaikan Kadar Air Periode 1-30 September 2020.

**Tabel 2.** Perhitungan Peta Kendali X dan R.

No	Sampel					$\bar{X}$	R
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>		
1	10.49	16.19	11.1	10.01	12.49	12.05	6.18
2	8.41	11.23	10.41	8.56	9.73	9.66	2.82
3	11.93	12.48	15.5	11.6	15.27	13.35	3.9
4	14.96	14.23	16.43	17.77	14.03	15.48	3.74
5	17.05	14.14	11.47	9.49	8.11	12.05	8.94
6	12.01	12.11	15.34	16.12	13.59	13.83	4.11
7	12.68	16.78	14.96	11.05	17.08	14.51	6.03
8	11.95	12.08	13.66	14.02	14.47	13.236	2.52
9	12.17	11.81	12	10.09	10.5	11.314	1.67
10	11.77	10.72	10.79	12.46	11.27	11.402	1.74
11	10.56	9.56	11.16	10.14	8.6	10.04	2.56
12	13.56	11.27	11.52	13.23	10.58	12.032	2.98
13	9.52	10.56	7.49	10.41	11.48	9.892	3.99
14	12.55	15.58	14.19	15.5	16.57	14.87	4.02
15	13.48	6.62	11.78	11.93	12.27	11.21	6.86
16	8.9	13.45	11.65	15.32	11.21	12.10	6.42
17	14.12	16.6	12.09	14.89	17.24	14.98	5.15
18	12.8	12.03	10.47	15.21	15.07	13.11	4.74
19	6.84	13.17	13.89	13.54	14.63	12.41	7.79
20	9.88	9.11	11.6	14.85	16.75	12.43	7.64
21	10.13	14.26	11.2	13.59	11.15	12.06	3.06
22	14.55	10.39	7.63	15.91	9.81	11.65	8.28
23	15.46	17.88	14.27	8.25	14.14	14	9.63
24	16.96	14.84	9.52	15.35	17.6	14.85	8.08
25	12.17	6.2	14.32	11.22	7.4	10.26	8.12
26	11.93	14.66	8.99	12.29	12.52	12.07	5.67
27	14	13.05	15.1	15.74	14.17	14.41	2.69
28	12.78	14.92	12.57	13.83	8.68	12.55	6.24
29	7.71	10.19	10.06	9.7	12.37	10.00	4.66
30	13.17	14.77	13.09	14.11	13.95	13.81	1.68
Jumlah						375.70	151.91

Langkah selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama seperti sebelumnya dengan menghapus data sampel nomor empat dan membuat peta kontrol R yang baru. Gambar 3 (c) setelah dilakukan perbaikan pada peta kendali R dengan menghapus data ke-empat didapatkan hasil penyebaran data nilai rentang kadar air dari sampel yang diambil selama periode 1-30 September 2020 berada dalam batas kendali (*in control*). Gambar 3 (d) merupakan peta kontrol X setelah dilakukan perbaikan dengan menghapus data ke-empat didapatkan hasil bahwa penyebaran data nilai kadar dari sampel yang diambil selama periode 1-30 September 2020 menunjukkan semua data sudah masuk ke dalam batas kendali (*in control*).



**Gambar 4.** Analisa Kemampuan Proses Kandungan Kadar Air.

Selanjutnya analisa kemampuan proses untuk menganalisis suatu proses dengan memperhatikan

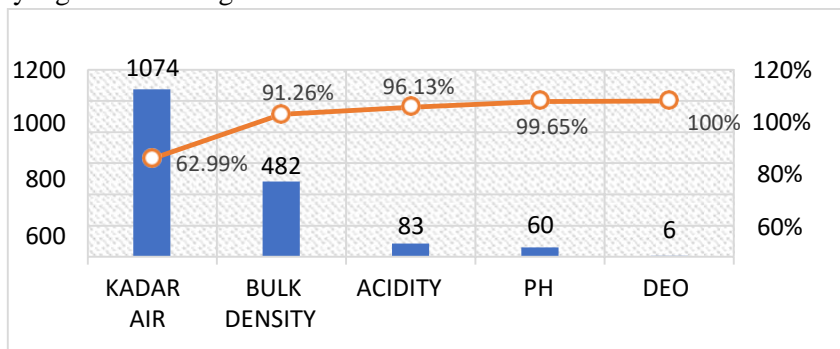


kepresisian (Cp) dan keakurasian (Cpk). Artinya (Cp) hanya memperhatikan sebaran data (masuk dalam batas antara LSL dan USL). Sedangkan (Cpk) memperhatikan seberapa jauh nilai kadar air bergeser dari spesifikasi. Berdasarkan gambar 4 diketahui bahwa  $C_p = 0,37$  dan  $C_{pk} = 0,37$ , maka  $C_p = C_{pk}$  yang artinya proses terletak tepat ditengah-tengah spesifikasi. Nilai  $C_p$  dan  $C_{pk} < 1,33$  yang menunjukkan bahwa PT. XYZ memiliki kemampuan proses yang rendah dalam menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi yang diharapkan sehingga perlu ditingkatkan kinerjanya. Selanjutnya menganalisa nilai sigma dan *Defect Per Million Opportunities* (DPMO). Berdasarkan hasil DPMO bahwa proses produksi produk *activated bleaching earth* di PT. XYZ adalah 256.000 DPMO dengan sigma level 2,1558 nilai sigma.

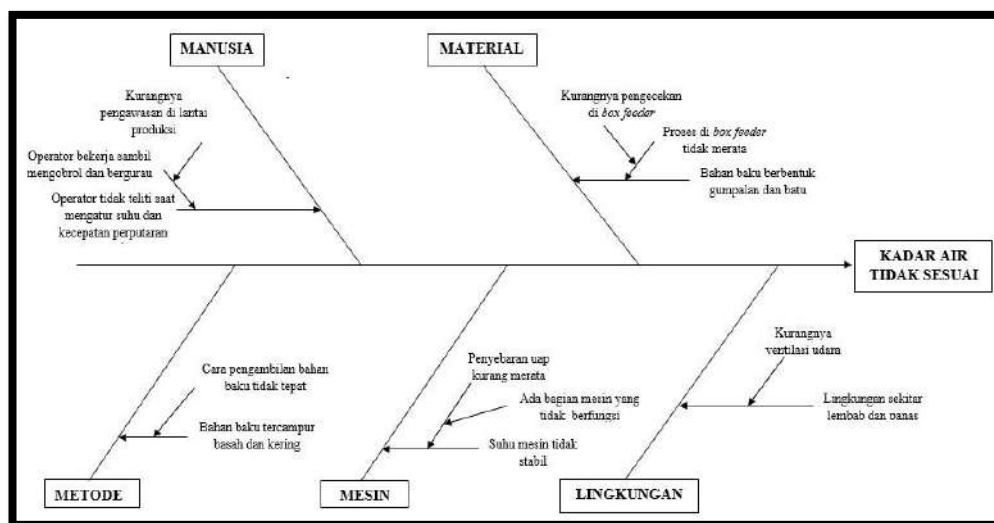
**c. Analyze**

Diaram pareto dibuat untuk mengetahui persentase jenis defect tertinggi yang terjadi pada produk *activated bleaching earth*. Berdasarkan diagram pareto pada gambar 5 maka dapat diketahui bahwa masalah cacat yang tertinggi adalah pada kadar air sebesar 1.074 ton atau sebanyak 63% dari total jumlah produk cacat yang terjadi selama bulan Agustus 2018 - Mei 2020. Diagram sebab akibat dibuat berdasarkan gambar 6 merupakan hasil wawancara dengan karyawan perusahaan, diketahui terdapat beberapa penyebab yang dapat mengakibatkan nilai kadar air tidak sesuai spesifikasi. Faktor apa saja yang dapat menyebabkan terjadinya *defect* kadar air akan dianalisis dengan menggunakan *fishbone* diagram yang terdiri dari lima faktor yaitu manusia, mesin, metode, material dan lingkungan. Dasar pembuatan *fishbone* diagram adalah hasil wawancara dengan manajer dan operator produksi di lapangan.

Analisis FMEA yang disajikan pada tabel 3 dibuat berdasarkan diskusi dan memberikan kuesioner kepada pihak yang terkait. Pembuatan tabel FMEA dimulai dari penentuan jenis kegagalan, efek dari kegagalan, penyebab dari kegagalan. Nilai *severity*, *occurance* dan *detection* diperoleh dari hasil kuesioner. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai RPN yang diperoleh dari perkalian nilai *severity*, *occurance* dan *detection*. Berdasarkan hasil analisis FMEA, maka didapatkan nilai RPN (*risk priority number*) tertinggi yaitu 140 dimana nilai RPN tersebut berasal dari penyebab kecacatan yang berupa terdapat mesin yang tidak berfungsi.



**Gambar 5.** Diagram Pareto Jenis *Defect* Produk *Activated Bleaching Earth* Bulan Agustus 2018 – Mei 2020.



**Gambar 6.** *Fishbone* Diagram Faktor Penyebab Kadar Air *Out of Spec*.

**Tabel 3.** FMEA Kandungan Kadar Air Produk *Activated Bleaching Earth*.

<i>Mode Of Failure</i>	<i>Effect Of Failure</i>	<i>Cause Of Failure</i>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>D</b>	<b>RPN</b>	<b>Rangking</b>
Sekitar mesin lembab dan panas	Bahan baku terlalu kering	Kurang ventilasi udara	4	3	3	36	5
Bahan baku tercampur kering dan basah	Bahan baku tidak menyatu	Pengambilan bahan baku tidak tepat	3	5	3	45	4
Bahan baku berbentuk gumpalan dan batu	Pengadukan bahan baku di <i>box feeder</i> tidak merata	Kurang pengecekan dimesin <i>box feeder</i>	5	4	4	80	3
Operator tidak teliti mengatur suhu dan perputaran mesin	Operator bekerja tidak disiplin	Kurang pengawasan lantai produksi	5	5	5	100	2
Suhu mesin tidak stabil	Penyebaran uap tidak merata	Ada bagian mesin tidak berfungsi	7	4	5	140	1

#### d. Improve

*Improve* merupakan tahap membuat tindakan untuk meningkatkan nilai sigma.. Dimana rencana perbaikandilakukan terhadap sumber yang memiliki potensi terjadinya cacat dengan berdasarkan hasil FMEA. Kemudian memberikan rencana perbaikan berdasarkan nilai prioritas tertinggi dengan menggunakan metode 5W 1H yang disajikan pada tabel 4.

**Tabel 4.** Rencana Perbaikan Kandungan Kadar Air.

<b>What Apa Diperbaiki</b>	<b>Why Mengapa Diperbaiki</b>	<b>Who Siapa Memperbaiki</b>	<b>Where Dimana Diperbaiki</b>	<b>When Kapan Diperbaiki</b>	<b>How Bagaimana Memperbaiki</b>
Sistem pemeliharaan mesin	Untuk mengantisipasi bagian mesin yang tidak berfungsi pada saat proses produksi	Kepala bagian produksi dan bagian <i>maintenanc</i>	Mesin <i>dryer</i> dan <i>micron</i>	Pada saat semua mesin produksi dimatikan	Melakukan pemeliharaan serta perawatan mesin secara berkala
kedisiplinan operator dalam bekerja	Agar operator lebih disiplin dalam bekerja	Kepala bagian produksi	Di lantai produksi	Setiap kali karyawan bekerja	Memberikan arahan dan melakukan inspeksi secara intensif terhadap operator oleh kepala bagian produksi.
Penentuan bahan baku	Agar bahan baku sesuai standar	Kepala bagian bahan baku	Tempat penampungan bahan baku	Pada saat bahan baku dibawa dari leuwiliang	Memisahkan bahan baku standar untuk diproses

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data mutu produk di PT. XYZ dengan menggunakan metode *six sigma* diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. *Critical to quality* (CTQ) pada produk *activated bleaching earth* yaitu kadar air dengan spesifikasi < 10% artinya rendahnya kadar air dapat menyebabkan produk kering sedangkan > 15% artinya tingginya kadar airdapat menyebabkan produk basah.
2. Berdasarkan nilai DPMO perusahaan sebesar 256.000 menunjukkan bahwa proses produksi produk *activated bleaching earth* untuk kandungan air dari setiap 1 juta ton produksi kemungkinan terjadinya cacat adalah 256.000 ton. Sedangkan nilai sigma perusahaan sebesar 2,1558 dimana dapat dikatakan bahwa kemampuan proses kurang baik sehingga perusahaan perlu terus melakukan perbaikan kualitas untuk mengurangi jumlah cacat yang terjadi hingga mencapai target *six sigma*.
3. Berdasarkan analisis FMEA diketahui bahwa nilai *risk priority number* (RPN) dengan modus tertinggi yaitu faktor mesin sebesar 140 RPN kemudian faktor manusia sebesar 100 RPN dan faktor material sebesar 80 RPN.
4. *Improvement* yang dapat dilakukan pada faktor mesin adalah perawatan mesin secara berkala

untuk memastikan mesin dalam keadaan baik. Untuk faktor manusia adalah memberikan arahan kepada atau peringatan kepada operator untuk menjaga kedisiplinan saat bekerja dan mematuhi SOP. Sedangkan untuk faktor material adalah meningkatkan standar kualitas bahan baku.

## 5. REFERENSI

- [1] Adrian, D. P., Fikri, A. K., Dan Nuraini, S. D. 2018. Analisis Pengendalian Kualitas Persentase Kadar Air Produk *Wafer Stick* Pada Industri Makanan Ringan. *Jurnal Industri Inovatif*. Vol 1. No 1. Hal 11. ISSN 2615-3066. Universitas ITN Malang.
- [2] Gaspersz, V. 2002. Pedoman Implementasi Program *Six Sigma*. Edisi 1. Cetakan ke-1. PT. Gramedia Pustaka Utama. Bogor.
- [3] Syarief, A. N. 2016. Analisa *Six Sigma* Pada proses Pembengkokan (Bending) *Main Water Tube*. *Jurnal Teknik Mesin Elemen*. Vol 3. No 1. Hal 7. ISSN 2442-2271. Politeknik Negeri Tanah Laut.
- [4] Manan, A., Handika, F. S., Dan Ahmad, D. 2018. Usulan Pengendalian Kualitas Produksi Benang Carded Dengan Metode *Six Sigma*. *Jurnal Intech Teknik Industri* . Vol 4. No 1. Hal 39. ISSN 2407-781. Universitas Serang Jaya.
- [5] Prasepta, F., Subakti, Dan Natalia, A. 2011. Usulan Penerapan Metodologi DMAIC Untuk Meningkatkan Kualitas Berat Produk Di lini Produksi *Filling* (Studi Kasus : PT Java *Egg Specialities*). *Jurnal Rekaya*. Vol 4. No 1. Hal 6. ISSN 1411-9129. Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya.
- [6] Nuryadi., Astuti, T. D., Utami, E. S., Dan Budiantara, M. 2017. Dasar-Dasar Statistik Penelitian. Edisi 1. Cetakan Ke-1. Sibuku Media. Yogyakarta.

## Rancang Bangun Prototipe Pompa Piston Aksi Tunggal Untuk PLTGAL Skala Laboratorium

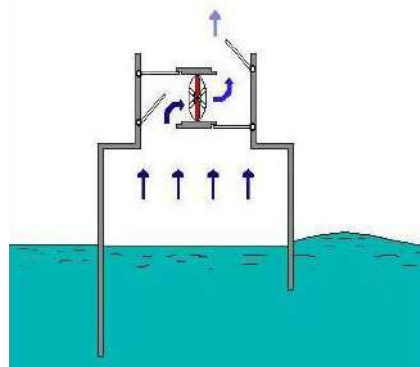
Ismail<sup>1</sup>, Nur Taufik<sup>2\*</sup><sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jl. Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta, 12640\* Corresponding author: [nurtaufik100@gmail.com](mailto:nurtaufik100@gmail.com)

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun dan menganalisis performansi dari pompa piston aksi tunggal untuk pembangkit listrik gelombang air laut skala laboratorium. Penelitian pada pembangkit listrik tenaga gelombang air laut masih sangat jarang dilakukan di Indonesia. Wilayah perairan di Indonesia jauh lebih banyak dibandingkan wilayah daratan. Energi yang bersumber dari perairan sangat banyak dan masih sangat jarang tereksplorasi. Perancangan konsep dilakukan untuk merancang prototipe yang bisa digunakan untuk mengeksploitasi energi pada gelombang air laut. Prinsip kerja dari prototipe yang dirancadalah pompa piston digerakkan oleh sebuah lengan ayun sebagai penerus gerakan naik turun gelombang air laut. Pompa piston menghisap air untuk dipompa dan dialirkan ke sebuah turbin, turbin ini nantinya akan berputar dan meneruskan putarannya ke sebuah generator listrik. Studi eksperimental dilakukan setelah dilakukan rancang bangun pada prototipe. Hasil dari studi eksperimental pada prototipe ini diperoleh efisiensi pompa adalah 55,6% dengan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa ini hanya 0,84Watt atau hanya sebesar 22% dari energi yang disimpan pada gelombang air laut yang disimulasikan pada penelitian ini. Sistem prototipe skala laboratorium ini bisa untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik tenaga gelombang air laut, karena efisiensi yang cukup dan daya yang digunakan untuk menggerakkan pompa cukup kecil.

**Kata kunci**—gelombang air laut; pompa piston; daya.

### 1. PENDAHULUAN

Potensi energi samudra/laut sangat besar karena Indonesia adalah negara kepulauan. Biaya investasi untuk membuat sebuah pembangkit listrik tenaga gelombang air laut (PLTGAL) di negara maju berkisar 9 sen/kWh hingga 1 sen/kWh [1]. Teknologi yang digunakan dalam pemanfaatan gelombang laut sebagai pembangkit listrik masih terus berkembang, diantaranya adalah pembangkit listrik tenaga gelombang laut sistem *Oscillating Water Column (OWC)* seperti terlihat pada Gambar 1. Sistem OWC melibatkan proses kerja PLTGL sistem OWC, dimana ada sebuah ruang tertutup yang bagian bawahnya tercelup ke dalam air dan bagian lainnya diarahkan pada turbin angin. Gerakan naik turun gelombang membuat udara dalam ruang tersebut tertekan dan diarahkan ke arah turbin angin untuk memutarinya.



**Gambar 1.** PLTGAL sistem OWC [2]

Salah satu penelitian terkait analisa energi pada sistem OWC dilakukan oleh I Wayan Arta Wijaya berjudul “Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Teknologi *Oscillating Water Column* di Perairan Bali”. Pada penelitian tersebut dilakukan analisa potensi energi jika PLTGL dengan teknologi OWC mengeksploitasi wilayah perairan Bali. Pada penelitian tersebut energi terbesar yang bisa dibangkitkan melalui PLTGL sistem OWC di perairan Bali adalah 4174 MW. Energi sebesar itu jika bisa terealisasikan bisa menggantikan ketergantungan pembangkit listrik pada sumber yang tidak bisa diperbaharui.

Pada tahun 2015 penelitian lain dilakukan oleh Aidil Zamri dan kawan-kawan dengan judul “Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem empat Bandul”. Sistem bandul secara vertical meneruskan pergerakan gelombang laut ke transmisi seperti terlihat pada Gambar 2. Penelitian ini bisa menghasilkan daya 30 Watt dengan cara di gerakkan secara manual. PLTGL sistem empat bandul ini bekerjadengan cara meneruskan gerak naik turun gelombang ke lengan yang disebut penton untuk memutar sebuah komponen transmisi yang dihubungkan ke generator listrik.

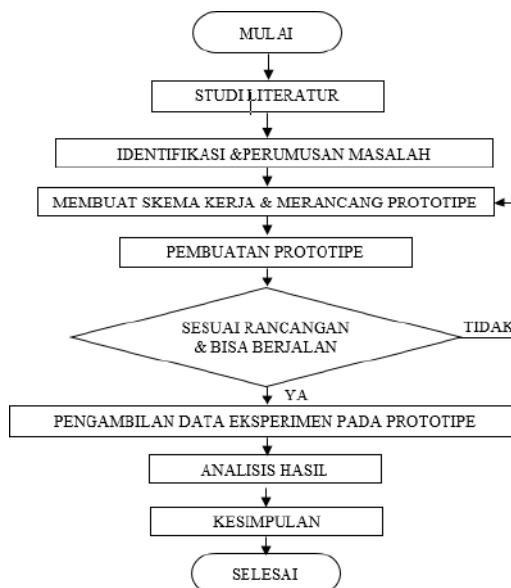


**Gambar 2.** PLTGL sistem empat bandul [3]

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya penulis ingin melakukan penelitian untuk melakukan rancang bangun prototipe pompa piston aksi tunggal untuk pembangkit listrik tenaga gelombang air laut skala laboratorium. Konsep konverter energi gelombang laut dengan menggunakan sistem pelampung untuk meneruskan gerakan naik turun gelombang laut ke pompa piston untuk memindahkan air menuju turbin air. Konsentrasi masalah pada penelitian ini terletak pada bagaimana merancang sebuah sistem pembangkit listrik tenaga gelombang air laut skala laboratorium yang bisa dijadikan model prototipe untuk penelitian.

## 2. METODE

Langkah-langkah pada penelitian ini terlihat pada Gambar 3. Diagram alir penelitian memperlihatkan proses yang dilewati dari penelitian ini. Penelitian dimulai dari melakukan studi literatur pada penelitian sebelumnya, kemudian diidentifikasi dan dirumuskan masalah yang bisa dipecahkan atau diinovasikan dari penelitian sebelumnya. Skema kerja dan rancangan dari prototipe kemudian dibuat dan dilanjutkan dengan pembuatan prototipe. Jika rancang bangun sudah sesuai maka dilakukan pengambilan data pada prototipe untuk kemudian dilakukan analisa dan ditarik kesimpulan.



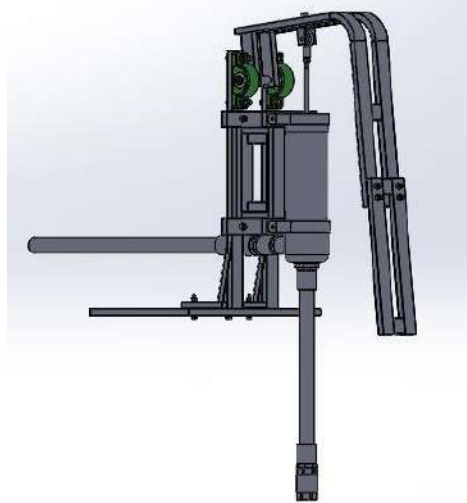
**Gambar 3.** Diagram alir penelitian

Daya yang tersimpan pada gelombang air laut bisa dihitung menggunakan Persamaan 1 [4]. Pada rumus ini periode gelombang sangat berperan besar untuk menentukan berapa daya yang bisa tersimpan pada gelombang yang ada. P merupakan daya yang memiliki satuan Watt, A merupakan luas

gelombang dengan satuan  $m^2$ . Massa jenis air laut dengan satuan  $kg/m^3$  mempunyai lambang  $\rho$  (rho), amplitudo gelombang ( $\alpha$ ) mempunyai satuan m. frekuensi gelombang mempunyai satuan  $1/s$  dengan lambang  $f$ . gaya gravitasi dengan satuan  $m/s^2$  mempunyai lambang  $g$  serta faktor pengkonversi dari rumus ini dengan nilai  $1,0 kg.m/(N.s^2)$  mempunyai lambang  $g_c$ .

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho \alpha^2 f \frac{g}{g_c} \quad (1)$$

Skema kerja dan konsep detail dari prototipe bisa dilihat pada Gambar 4. Pada konsep dari pompa yang digunakan untuk mengalirkan air ke turbin menggunakan pompa piston aksi tunggal. Gerak naik dan turun piston diperoleh dari gerakan naik dan turun gelombang air laut yang diteruskan oleh lengan ayun. Pada sistem pemipaan digunakan *check valve* untuk menjaga aliran air masuk dan keluar. Air yang keluar dialirkan ke turbin air untuk menggerakkan generator listrik.

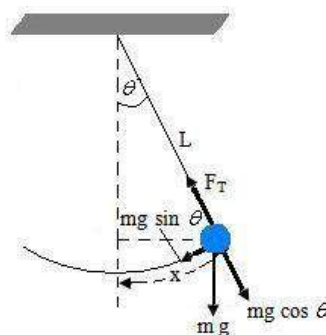


**Gambar 4.** Konsep detail

Perhitungan pada pompa piston bisa dihitung melalui persamaan 2 yaitu perhitungan debit teoritis pada pompa dengan lambang  $Q \frac{m^3}{s}$ ,  $D$  untuk diameter silinder pompa dengan satuan m,  $L$  adalah langkah piston dengan satuan m serta periode dengan satuan s dengan lambang dan satuan  $\tau$ . Pada persamaan 3 [5] daya atau  $P$  dengan satuan hp dan  $W$  adalah kerja pompa dengan satuan kg.m.

$$Q = \frac{\pi/4 D^2 L}{\tau} \quad (2)$$

$$P = \frac{W}{75} \quad (3)$$



**Gambar 5.** Sistematis lengan ayun

Lengan ayun pada prototipe adalah komponen yang meneruskan gerakan naik turun gelombang air laut ke gerakan naik turun piston. Ilustrasi lengan ayun bias dilihat pada Gambar 5. Perhitungan pada lengan ayun bisa dihitung melalui persamaan 4 untuk menghitung Gaya dengan lambang  $F$  yang memiliki satuan N dan persamaan 5 untuk menghitung torsi yang memiliki satuan N.m dengan satuan  $T$  pada lengan ayun [3]. Massa lengan ayun mempunyai satuan kg dengan lambang  $m$ , sedangkan percepatan gravitasi mempunyai lambang  $g$  dengan satuan  $m/s^2$ . Panjang lengan ayun disimbolkan dengan huruf  $L$  dengan satuan m.

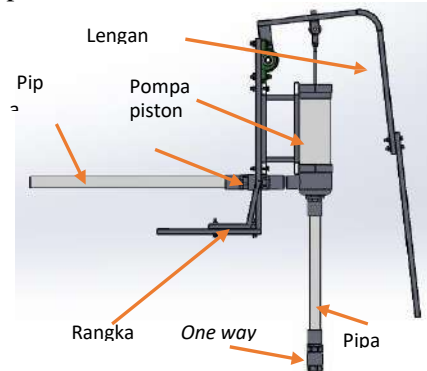
$$F = m \cdot g \cdot \sin\theta \quad (4)$$

$$T = F \cdot L \quad (5)$$

### 3. HASIL

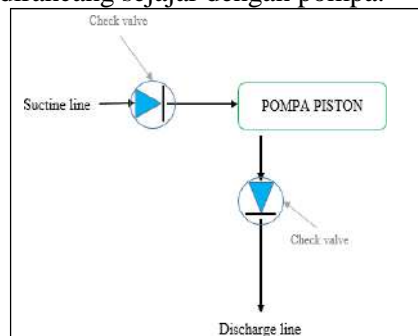
#### Rancangan prototipe

Hasil rancangan terlihat pada Gambar 6. Bahan yang digunakan pada rancangan ini harus tahan terhadap korosi, karena akan terus berkesinambungan bersentuhan dengan air laut. Seperti bahan yang digunakan pada rangka menggunakan besi galvanis, bahan pada pompa dan pemipaan menggunakan PVC. Selain bahan inti dari prototipe ini, bahan pada bagian penunjang seperti mur, baut, dan yang lainnya juga harus tahan terhadap korosi.



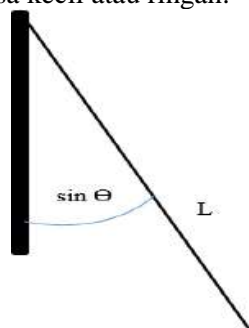
**Gambar 6.** Rancangan prototipe

Jalur pemipaan dan pompa piston dirakit seperti pada Gambar 7. Air dihisap melalui *suction line* lalu masuk ke dalam pompa piston dan didorong keluar melalui *discharge line* untuk kemudian dialirkan ke turbinair. Diameter silinder pada perancangan ini adalah 87,3 mm, diameter pipa hisap dan buang 27,7 mm, tinggi pipa hisap adalah 40 cm dan untuk pipa buang tidak memiliki ketinggian atau dengan kata lain pipa buangnya dirancang sejajar dengan pompa.



**Gambar 7.** Pompa piston dan jalur pemipaan

Posisi rancangan pada lengan ayun bisa dilihat dari Gambar 8. Lengan ayun yang dirancang memiliki panjang sebesar 885 mm dengan sudut minimal membentuk sudut  $27^\circ$  dan berat lengan ayun sebesar 2,35 kg. Lengan ayun ini harus dirancang sedemikian rupa agar gaya yang dikeluarkan untuk menggerakkan piston naik dan turun bisa kecil atau ringan.



**Gambar 8.** ilustrasi lengan ayun

#### Manufaktur Prototipe

Proses manufaktur terbagi menjadi 2, perakitan rangka serta lengan ayun dan perakitan pompa piston dan jalur pemipaan yang kemudian disatukan. Proses manufaktur pada rangka bisa terlihat pada Gambar 9. Rangka disatukan dengan cara diikat dengan baut dan mur. Pada proses ini lengan ayun belum dipasang, karena menunggu pompa piston dan pemipaan terpasang pada rangka terlebih dahulu. Seperti terlihat pada Gambar 9 rangka bisa diletakkan pada sebuah alas yang memiliki ketinggian

melebihi dari panjang pipahisap.

Proses manufaktur selanjutnya menyatukan pompa piston dan sistem pemipaan seperti terlihat pada Gambar 9b. Pompa piston terdiri dari beberapa bagian seperti dinding silinder, piston, penghubung pipa, karet penahan bocor, serta bagian kecil lainnya. Untuk sistem pemipaan mempunyai bagian penting yaitu *check valve* yang harus diperhatikan arah kerjanya agar kerja aliran air bisa terjaga dengan baik. Proses manufaktur pada pompa piston dan sistem pemipaan ini digunakan lem untuk bahan PVC agar tidak terjadi kebocoran yang dapat mengurangi kinerja pompa piston.

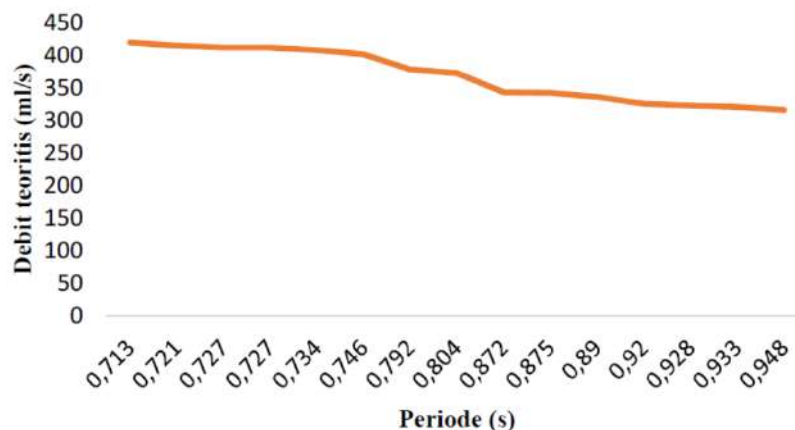


**Gambar 9.** Rangka pemegang pompa dan lengan ayun (a) serta Pompa piston dan sistem pemipaan (b)



**Gambar 10.** Prototipe pompa piston aksi tunggal untuk PLTGAL Skala Laboratorium

Rangka dan pompa piston serta lengan ayun kemudian disatukan menjadi prototipe secara keseluruhan seperti terlihat pada Gambar 10. Proses ini adalah akhir dari proses manufaktur, ketika menggabungkan antara poros sumbu piston dengan lengan ayun harus dilakukan secara perlahan agar terpasang dengan baik. Prototipe yang sudah dirakit ini kemudian dilakukan percobaan secara fungsi sebelum melakukan pengambilan data.



**Gambar 11.** Pengaruh antara periode dan debit teoritis

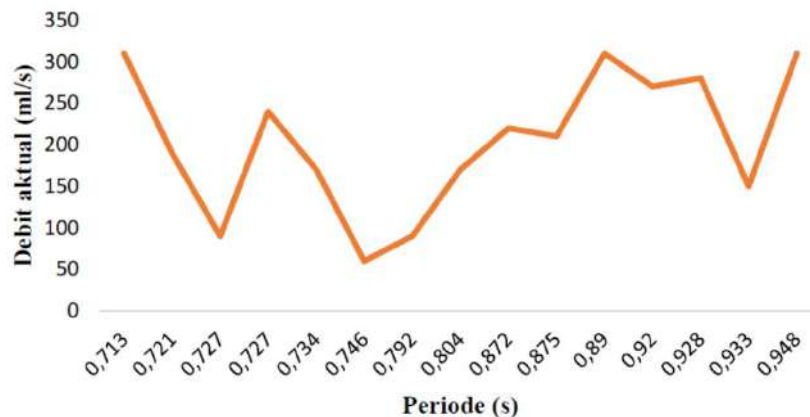
#### Analisis Data

Dari eksperimen atau pengambilan data yang dilakukan pada prototipe, didapatkan periode gelombang rata-rata adalah 0,822 s dengan debit aktual rata-rata 204,67 ml/s. Pada Gambar 11 terlihat pengaruh periode terhadap debit teoritis. Semakin cepat waktu periode maka semakin besar debit yang dihasilkan secara teoritis, dengan kata lain semakin cepat atau semakin banyak ombak yang datang



maka akan menghasilkan debit yang besar. Tinggi gelombang dan banyaknya gerakan naik turun piston juga mempengaruhi debit yang dihasilkan, namun pada penelitian ini panjang langkah piston mempunyai limitasi sebesar 50 mm dan jumlah gerakan naik dan turun piston pada setiap pengambilan data adalah 10 kali.

Selanjutnya pada Gambar 12 grafik pengaruh waktu periode dengan debit aktual yang terlihat fluktuatif. Grafik yang dihasilkan dari pengambilan data secara aktual ini sangat fluktuatif karena dipengaruhi oleh percepatan pada setiap gerakan naik dan turun piston. secara debit rata-rata yang dihasilkan pada data aktual ini mempunyai efisiensi debit yang dihasilkan sebesar 55,6%. Secara teoritis daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa piston aksi tunggal pada prototipe rancang bangun yang dibuat ini adalah sebesar 0,84 Watt. Gaya yang bekerja pada lengan ayun adalah 10,36 N dan torsi pada lengan ayun sebesar 9,17 N.m.



**Gambar 12.** Pengaruh antara periode dan debit aktual

#### 4. KESIMPULAN

Hasil perancangan dari penelitian ini diperoleh rancangan pompa piston aksi tunggal dengan sistem penggerak menggunakan lengan ayun untuk meneruskan gerak naik turun gelombang air laut menjadi gerakan naik turun piston. Pada sistem pemipaan digunakan check valve untuk menjaga aliran air pada pompa piston. Material yang digunakan pada perancangan ini menggunakan material yang bersifat anti korosif. Proses manufaktur dilakukan menjadi 2 kelompok besar, yaitu proses manufaktur pada rangka dan proses manufaktur pada pompa piston dan sistem pemipaan yang kemudian disatukan menjadi prototipe pada penelitian ini. Rancangan bangun pada penelitian ini memperoleh efisiensi debit dari pompa piston adalah 55,6%. Energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa hanya 0,84 Watt. Berdasarkan kesimpulan diatas, hasil rancang bangun prototipe pada penelitian ini bisa dikembangkan lebih lanjut dan bisa menjadi pilihan inovasi energi baru terbarukan di masa yang akan datang.

#### 5. REFERENSI

- [1] I. Kholiq, "Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung SubstitusiBBM". *IPTEK*, vol. 19, pp. 75-91, 2015.
- [2] I. W. A. Wijaya, "Teknologi Oscilating Water Column Di Perairan Bali". *Teknol. Elektro*, vol. 9, no.2, pp. 165-174, 2010.
- [3] A.Zamri, Dkk, "Pembangkit listrik Tenaga Gelombang Laut Sistim Empat Bandul", dalam *seminar Nasional Sains dan Teknologi*, Jakarta, 2015.
- [4] G. A. Moore, "Powerplant Technology," vol. 31, no. 1. p. 84, 2010.
- [5] Y. Rizal and Sepfitrah, "Analisa Kegagalan Fatik Pada Plunger Pompa Torak Reciprocating 5h3s". *APTEK*, vol. 6, pp. 73-86, 2014.

# Alat Monitoring Pulsa Kendaraan pada Mobil Listrik Berbasis RFID

Untung Priyanto<sup>1\*</sup>, Duta Widhya Sasmodjo<sup>1</sup>, Adi Wahyu Pribadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jl. Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta, 12640

\* *Corresponding author:* [untung.priyanto@univpancasila.ac.id](mailto:untung.priyanto@univpancasila.ac.id)

**Abstrak.** Perkembangan teknologi otomotif sudah menerapkan industri ramah lingkungan pada kendaraan transportasi mobil listrik, pengguna kendaraan mobil listrik terus bertambah, perihal ini akan menjadi permasalahan bagi pengelola penyedia jasa listrik atas permintaan pada saat pemilik kendaraan mobil listrik pengisian daya listrik ke accu baterai mobil. Metode penelitian merancang “Alat Monitoring Pulsa Kendaraan Pada Mobil Listrik Berbasis Rfid. Sistem ini menggunakan RFID data pemilik identitas yang digunakan pada saat pembelian pulsa listrik, RFID reader yang terdapat pada rangkain input sistem akan membaca dan meneruskan ke *Arduino. Mikrokontroler* sebagai output otomatisasi. Pengujian alat rancangan dilakukan sebagai hasil monitoring sesuai saldo dana / pulsa, relay pada kondisi ON atau OF pengisian ke accu baterai mobil, alat ini juga memiliki indicator tampilan data LCD,

**Kata kunci**— RFID, mobil listrik, accu batera, *Arduino. Mikrokontroler*

## 1. PENDAHULUAN

RFID adalah suatu teknologi indentifikasi otomatis berdasarkan penyimp anan dan penerimaan data secara jauh menggunakan tag RFID. Teknologi ini memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh teknologi/ sistem indentifikasi jenis lain. RFID dilengkapi dengan kemampuan pembacaan (*read-only*) ataupun baca tulis (*read/write*), tidak membutuhkan hubungan tambahan (*line-of-sight*) untuk pengoperasiannya, dapat berfungsi diberbagai macam kondisi lingkungan yang berbeda, dan memberikan tingkat integritas data yang tinggi. Selain itu RFID juga memiliki tingkat keamanan yang tinggi, karena teknologi ini sulit ditiru/dipalsukan.

RFID menggunakan *reader* dan perlengkapan khusus (*special RFID devices*) yang dimiliki oleh RFID. RFID menggunakan RF (Gelombang radio/gelombang elektromagnetik) sinyal untuk memindahkan informasi dari *RFID device* ke *reader*. Gelombang radio memindahkan data antar alat menggunakan *RFID device* yang telah diintegrasikan dan sebuah *RFID reader*. *RFID device* dapat memuat data yang berisi informasi tentang identitas alat, misalnya definisi dari alat tersebut, kapan data berpindah dari alat ke RF dalam waktu yang pasti, mungkin diukur dengan menggunakan parameter misalnya temperatur. *RFID device* seperti *tag* atau *label*, dapat mengidentifikasi kartu dan kemudian meneruskan informasinya ke *RF transceiver*.

Teknologi RFID menggunakan frekuensi antara 30kHz hingga 3GHz. Seperti pada Gambar 1, yang menerangkan tentang tipikal dari sistem dilengkapi dengan komponen berikut:

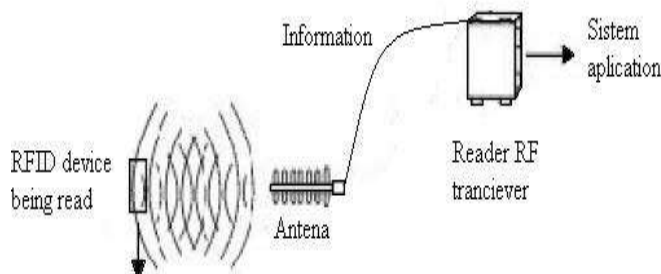
1. *RFID device (transponder* atau dalam hal ini digunakan kartu) yang menjelaskandata mengenai alat tersebut.
2. Antena yang berfungsi untuk mentransmisikan sinyal RF antara *reader* dan *RFID device*.
3. *RF transceiver* yang membangkitkan RF sinyal.
4. *Reader* yang berfungsi untuk menerima transmisi data dari *RF device* dan melanjutkan pengiriman data ke sistem aplikasi untuk diproses.

Dalam hal ini, dasar dari rangkaian RFID dilengkapi dengan aplikasi piranti lunak sebagai pendukung untuk sistem RFID.

Radio Frequency Identification (RFID, Sensor Radio Frequency Identification (RFID) adalah teknologi yang mampu mengidentifikasi berbagai objek menggunakan gelombang radio. Sistem RFID terdiri dari 4 komponen diantaranya;

1. RFID tag (transponder) memiliki chip yang dapat menyimpan data berupa nomer ID unik dan memiliki antena yang berfungsi untuk mentransmisikan data ke RFID reader melalui gelombang radio yang dipancarkan RFID reader.
2. Antena terdapat pada RFID tag (tag-antena) dan RFID reader (reader antena) atau (interogator)

- yang berfungsi mentransmisikan data dari chip RFID tag ke RFID reader melalui gelombang radio.
- RFID reader adalah perangkat yang kompatibel dengan RFID tag. RFID reader akan memancarkan gelombang radio dan menginduksi RFID tag, kemudian RFID tag akan mengirim data ID dari antena yang terdapat pada rangkaian RFID tag melalui gelombang radio yang dipancarkan RFID reader.
  - interface software berfungsi untuk membaca data ID dari RFID reader dan mengolah data tersebut sehingga dapat digunakan menjadi password.



**Gambar 1.** Typical RFID System Components

Perancangan Blok diagram sistem, Seperti pada gambar 1. Blok sistem Alat monitoring pulsa kendaraan pada mobil listrik berbasis *RFID (Radio Frequency Indentyfication)* merupakan perancangan yang akan dibuat oleh peneliti, dari hasil kajian studi literatur dan merek-merek industri mobil listrik yang sudah diproduksi belum ada, sistem rancangan data (registrasi) yang dilengkapi memiliki kartu pelangan pemilik untuk data identitas, untuk pelanggan saat pembelian pulsa mobil listrik, berbasis RFID.

- Definisi RFID merupakan Singkatan dari Radio Frequency Identification, yaitu sebuah perangkat elektronik kecil yang terdiri dari Chip dan Antena. Bagian Chip mampu menyimpan 2.000 byte data atau kurang. Label atau RFID Tag di sebut transponder yang berfungsi sama dengan barcode, sebagai identifikasi benda atau aset dengan penomoran pada EPC (*Electronic Product Code*).
- Prinsip kerja RFID menggunakan sistem identifikasi dengan gelombang radio. Sehingga, minimal dibutuhkan dua buah perangkat, yaitu TAG dan READER. Saat pemindaian data, READER menangkap sinyal dari RFID TAG. TAG Alat ini melekat pada obyek yang akan diidentifikasi oleh RFID READER. RFID TAG dapat berupa perangkat pasif atau aktif.

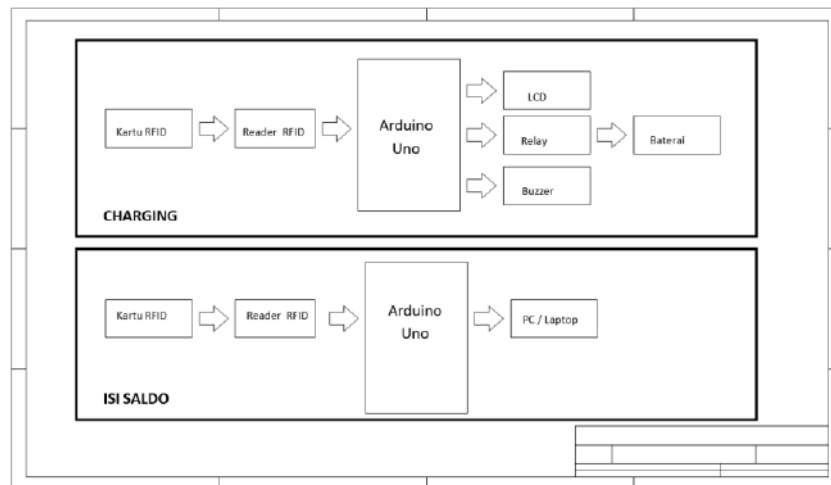
TAG pasif, tanpa baterai dan TAG aktif menggunakan baterai. TAG pasif lebih banyak digunakan karena murah dan berukuran lebih kecil. Selain itu, RFID TAG dapat berupa perangkat read-only yang berarti hanya dapat dibaca saja. Bisa juga read-write yang berarti dapat dibaca dan ditulis ulang untuk update.

#### **RFID READER:**

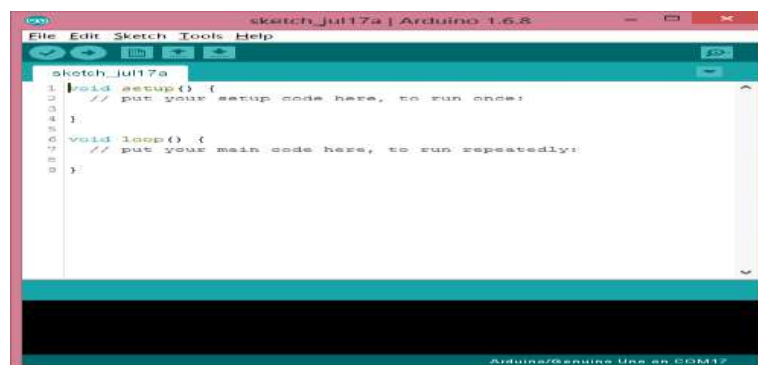
- Reader Pasif, memiliki sistem pembaca pasif yang hanya menerima sinyal radio dari RFID TAG aktif (yang dioperasikan dengan baterai atau sumber daya). Jangkauan penerima RFID PASIF bisa mencapai 600 meter, Hal ini memungkinkan perangkat RFID untuk sistem perlindungan dan pengecekan aset.
- Reader Aktif, Terdapat sistem pembaca aktif yang memancarkan sinyal interogator ke TAG dan menerima balasan autentikasi dari TAG. Sinyal interogator ini juga menginduksi TAG dan seterusnya menjadi sinyal DC yang menjadi sumber daya TAG PASIF. Sistem Sinyal, RFID. RFID menggunakan aneka jalur gelombang untuk pemancaran sinyal. Namun yang paling banyak dipakai adalah jalur UHF pada frekuensi 865-868 Mhz dan 902-928 Mhz. Kode yang ditulis pada TAG berupa 96 bit data yang memiliki 8bit header, 28 bit nama organisasi pengelola data Sedangkan untuk 24bit ruangobyek, contoh identifikasi jenis produk. 36bit terakhir merupakan nomor seri untuk tag. Kode tersebut dipancarkan melalui sinyal RF dengan urutan yang standar.

Aplikasi simulasi perancangan Arduino adalah *platform* elektronik yang bersifat *open source* serta mudah digunakan berbagai jenis Arduino yang tersedia, salah satu diantaranya adalah Arduino Uno. *Board* Arduino Uno menggunakan mikrokontroler ATmega328. Secara umum posisi/letak pin-pin

terminal I/O pada berbagai *Board* Arduino posisinya sama dengan posisi/letak pin-pin terminal I/O dari Arduino Uno yang mempunyai 14 pin Digital yang dapat di set sebagai *Input/ Output*, 6 pin Input Analog [1]. Arduino menggunakan bahasa pemrograman C/C++. Aplikasi yang digunakan untuk membuat program Arduino dinamakan *Arduino Integrated Development Environment* (Arduino IDE) yang dapat diunduh pada situs [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc). Tampilan Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 3.

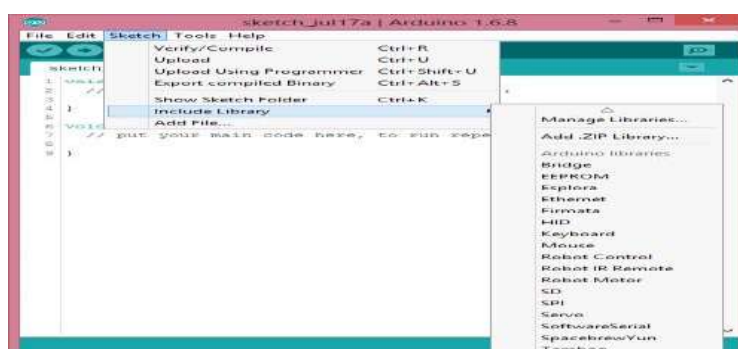


**Gambar 2.** Blok Diagram Charging Via RFID



**Gambar 3.** Arduino IDE

*Library* Arduino, *Library*/pustaka Arduino adalah kumpulan kode yang memudahkan untuk terhubung ke sensor. Ada dua jenis pustaka pada Arduino, yaitu pustaka bawaan dan beberapa pustaka tambahan. Misal, pustaka bawaan Liquid Crystal mempermudah komunikasi dengan tampilan LCD karakter, mempermudah komunikasi dengan RFID jenis Mifare RC522. Untuk dapat menggunakan pustaka tambahan, maka perlu diinstal terlebih dahulu. *Library* dapat dilihat pada Arduino IDE di menu Sketch, kemudian ditekan Include Library seperti Gambar 4.



**Gambar 4.** Library Arduino

**Liquid Crystal Display (LCD) 16x2 I2C.** adalah suatu *display* dari bahan cairan kristal yang pengoperasiannya menggunakan sistem *dot* matriks. LCD 16x2 dapat menampilkan sebanyak 32 karakter yang terdiri dari 2 baris dan tiap baris dapat menampilkan 16 karakter [1]. Pada LCD 16x2,

untuk terhubung dengan Arduino maka diperlukan 16 pin. Untuk mengatasi hal tersebut, telah disediakan teknologi *Inter-Integrated Circuit* (I2C). Hal ini memungkinkan LCD 16x2 hanya memerlukan dua pin untuk mengirimkan data dan dua pin untuk pemasok tegangan. Sehingga hanya memerlukan empat pin yang perlu dihubungkan ke Arduino:

1. GND : terhubung ke *ground*.
2. VCC : terhubung dengan 5v.
3. SDA : sebagai I2C data dan terhubung ke pin A4.
4. SCL : sebagai I2C *clock* dan terhubung ke pin A5.

Untuk mempermudah dalam menggunakan LCD I2C, maka perlu menginstal library Liquid Crystal Display\_I2C. Bentuk LCD 16x2 I2C tampak depan dan belakang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. LCD 16x2 I2C Tampak Depan.

## 2. LUARAN PRODUK RANCANGAN.

Alat monitoring pulsa kendaraan pada mobil listrik berbasis *RFID* (*Radio Frequency Indentyfication*) dirancang untuk basis data pemilikan kartu sebagai registrasi yang harus dimiliki dan digunakan pada saat pengisian / pembelian pulsa mobil listrik PLN.


### 1. Cara kerja alat charging:

Pasang adaptor ke input dari alat charging (pemakaian) maka alat siap bekerja atau aktif dengan menyalakan lcd dan menampilkan PUBLIC CHARGER. Jika ingin melakukan pengisian batre atau charging maka tempelkan kartu diatas pada alat dan tunggu proses alat bekerja yaitu dengan terbacanya kartu rfid pada arduino uno. Didalam proses pembacaan kartu rfid arduino uno akan membaca data kartu rfid yaitu saldonya apabila kartu tidak mencukupi maka lcd akan menampilkan tulisan saldo tidak mencukupi dan apabila pada kartu rfid terdapat saldo yang cukup, didalam alat ini simulasi saldonya Rp.1580 jadi apabila saldo melebihi nilai Rp.1580 rupiah alat dapat digunakan dengan mengaktifkan relay dan memberikan suply untuk melakukan pengisian pada battery.

Pada alat disimulasikan dengan pengisian 100% atau full charging menggunakan saldo minimal Rp.15800 dikarenakan pada alat untuk pengisian 10% menggunakan saldo Rp.1580 dan untuk pengisian charging 20% menggunakan saldo Rp.3160 sampai pengisian 100% dengan saldo Rp.15800 jadi untuk setiap pengisian yang ditampilkan oleh lcd adalah per 10% dengan biaya Rp.1580. Apabila arduino membaca kartu dan menuliskan kartu sampai full charging 100% maka lcd akan menampilkan tulisan battery full dan juga jumlah saldo yang tersisa setelah pemakaian atau pengisian batre dan juga mengaktifkan buzzer sebagai tanda selesai pengisian dan relay non aktif sehingga tidak ada daya yang keluar dari alat untuk melakukan pengisian batre.

Jika pada kartu rfid mempunyai nominal saldo setengah dari biaya untuk 100% yaitu Rp 15800 misalkan Rp.5300 maka pengisian hanya dapat 30% dengan pengurangan saldo  $Rp1580 \times 3 = Rp4740$  dengan sisa saldo Rp560 dan ini harus dilakukan pengisian saldo lagi agar kartu dapat digunakan kembali.

### 2. Pengisian Kartu RFID.

Untuk alat pengisian saldo pertama kali yang dilakukan adalah dengan menghubungkan kabel usb ke pc atau laptop lalu buka program arduinonya dan pilih kolom  pada pojok kanan pada program arduino lalu akan muncul tulisan "Scan a MIFARE 1K Tag to write data" maka kartu siap digunakan.

Tempelkan kartu pada alat maka alat akan menampilkan jumlah saldo atau sisa penggunaan charging lalu masukkan nominal saldo yang diinginkan maka arduino akan menuliskan total saldo yang diinginkan ditambah sisa saldonya dan menuliskannya di kartu rfid untuk disimpan datanya dan dapat digunakan kembali pada alat pengisian baterai.

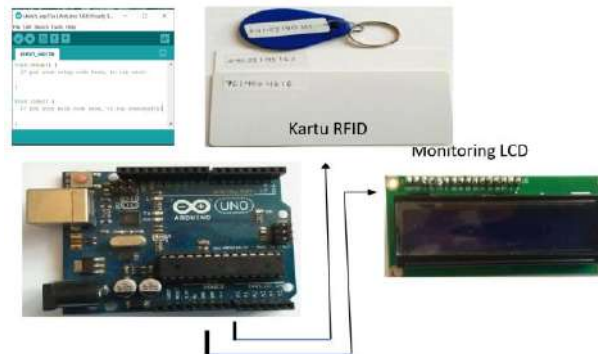
### 3. Pemakaian RFID

Kartu *RFID* sebagai input harus di Tag, ke *RFID RAIDER* akan dibaca semua data-data *identification*, dan diteruskan *programmable software* mikrokontroler Arduino.

#### 4. Keluaran.

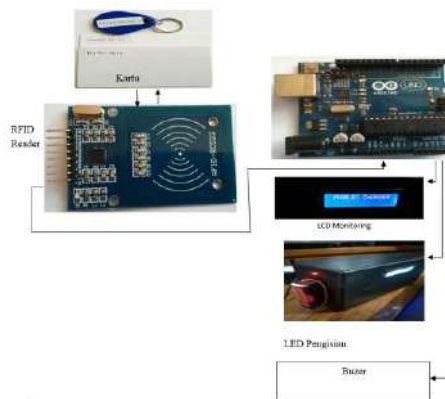
- RELAY, akan berfungsi sebagai sistem menghidupkan/mematikan (ON / OFF) proses pengisian kendaraan listrik dari PLN ke Power Supply atau Charger ke Baterai, sesuai nilai pulsa listrik pembelian.
- LCD, akan menampilkan nilai pembelian / pengurangan pulsa kendaraan listrik.

#### PENGISIAN KARTU RFID.



Gambar 6. Blok Pengisian Kartu RFID

#### PEMAKAIAN RFID



Gambar 7. Blok Pemakaian Kartu RFID



Gambar 8. Produk Alat Hasil Rancangan

#### 3. HASIL PENGUJIAN ALAT RFID

Perhitungan penggunaan pulsa. Pemakaian untuk 1 Kwh = Rp 1580 ,- Dalam sistem program ini perhitungan penggunaan dalam 1 Kwh = 10%. Contoh:

- Dari saldo yang ada akan berkurang dalam 1 Kwh pemakaian untuk pengisian baterai sampai penuh yang ditandai dengan monitoring LCD 100%, sesuai dengan tersedianya saldo yang ada di kartu RFID.
- Lampu indikator LED akan menyala, buzzer akan berbunyi, LCD akan menginformasikan sisa saldo dan pengisian full.
- Apabila, sisa saldo tidak mencukupi dalam pembacaan RFID Reader LED LCD akan menampilkan informasi saldo tidak mencukupi.

Contoh perhitungan:  $Rp\ 1580 : 10\% = Rp\ 15800$

- $Rp\ 15800 - Rp\ 1320 = Rp\ 14480$
- $Rp\ 15800 - Rp\ 18700 = Rp\ 2900$

3. Rp 15800 – Rp 64620 = Rp 48820

**Tabel 1.** Pengujian kartu RFID.

No.	Kartu RFID	Saldo	Pengisian Baterai ( % )										Sisa Saldo	Keterangan
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
1.	Kartu RFID 1	Rp 1320,-	10	Off									Rp 14480,-	Dari sisa saldo yang ada, tidak mencukupi pengisian berikutnya
2.	Kartu RFID 2	Rp 18700,-	10	20	off								Rp 2900,-	Pengisian baterai tidak mencukupi untuk pengisian berikutnya
3.	Kartu RFID 3	Rp 64620,-	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Rp 48820,-	Dapat untuk digunakan pengisian berikutnya

#### 4. KESIMPULAN

Perhitungan penggunaan pulsa. Pemakaian untuk 1 Kwh = Rp 1580 ,- Dalam sistem program ini perhitungan penggunaan dalam 1 Kwh = 10%. Contoh:

1. Dari hasil pengujian sisa saldo kurang dari 1 Kwh tidak dapat melakukan pengisian baterai ditandai dengan bunyinya buzzer dan menyalnya LED pada LCD akan tertulis saldo tidak mencukupi, pada LED akan tertulis sisa saldo yang ada. Seperti pengujian yang dilakukan pada tabel 1.
2. Dari saldo yang ada pada RFID 2 sejumlah Rp 18700,- dapat mengisi baterai hanya sampai 20%, buzzer berbunyi, LED menyala, LCD akan tertulis tidak bisa melakukan pengisian lebih lanjut berikut pada 30% off ditandai dengan bunyinya buzzer, pada LCD akan tertulis tidak mencukupi dan akan menampilkan sisa saldo yang ada.
3. Kartu RFID 3 saldo yang dimiliki pada saat awal Rp 64620,- dapat melakukan pengisian full 100% dan baterai terisi penuh ditandai dengan lampu LED menyala, buzzer berbunyi, LCD tertulis sisa saldo, dari sisa saldo yang ada Rp 48820 masih dapat dilakukan untuk pengisian lebih lanjut.
4. Pada saat pengisian pada charging RFID tidak boleh dilepas sebelum tanda proses dilakukan selesai, karena sistem serial data pada saat proses pengisian belum selesai.

#### 5. REFERENSI

- [1] Myerson, J. M. "RFID in the Supply Chain - Guide to Selection and Implementation". Auerbach publication, Taylor & Francis Group LLC 2009. .
- [2] Dale R, Thomson, "RFID Technical Tutorial" Department of Computer Science And Computer Engineering, University of Arkansas, 2006.
- [3] Dedi Supriatna. "Studi Mengenai Aspek Privasi Pada Sistem RFID". Report, Institut Teknologi Bandung, Januari 2007.
- [4] Miles, Stephen B., Sanjay E. Sarma & John R. Williams. "RFID Technology and Applications". Cambridge University Press, New York, 2008.
- [5] Finkenzeller, Hans. "Fundamentals and Applications in contactless smartcard, Radio Frequency Identification and Near-field Communication (third edition) ". United Kingdom, 2003.
- [6] Banzi, Massimo. "Getting Started With Arduino" . USA: Maker Media, 2009.
- [7] Rankl, W. & Effing, W. "Smart Card Handbook Third Edition". Wiley, 2003.
- [8] Arduino Hardware product: Arduino Uno Rev.3 Web. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- [9] Arduino Hardware product: Arduino Nano. Web. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>

- 
- [10] Arduino Hardware product: Arduino Mega 2560 Rev.3 <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>
- [11] Arduino Software product: Arduino Ide. <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>
- [12] P. Grover, A. Ahuja, “Radio Frequency Identification Based Library Management System”, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 1, No.1, 2010, pp 41 – 45
- [13] ACS RFID product: ACR1281U-C1 DualBoost II USB Dual Interface Reader. Web. <https://www.acs.com.hk/en/products/159/acr1281u-c1-dualboost-ii-usb-dual-interface-reader/>
- [14] HID RFID product: HID Inlays & Labels. Web. <https://www.hidglobal.com/products/rfid-tags/identification-technologies>
- [15] Finkenzeller, Klaus. (2003). rfid handbook : Fundamentals and Application In Contactless Smart Cards and Identification (2nd ed.). Munich: Carl Hanser Verlag.
- [16] S. Aditya, “Analisa Struktur Perangkat Keras dan File System Smart Card,” hal. 1 - 2015
- [17] Angger Widya Sulaiman, Erwin Susanto, dan Unang Sunarya. 2016. Perancangan dan Implementasi Sistem Faktur dan Pembayaran Otomatis pada Toko Swalayan Berbasis RFID. Tetrika: Jurnal Teknik Elektro Universitas Telkom.



# Perancangan Mesin Penyuling Limbah Ikan Patin Menjadi Minyak Ikan

Reygar Dwi Ilham<sup>1</sup>, I Gede Lesmana<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Diploma Tiga, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jl. Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta, 12640

\* Corresponding author: [gdlesma@univpancasila.ac.id](mailto:gdlesma@univpancasila.ac.id)

**Abstrak.** Ikan merupakan salah satu bahan makanan yang memiliki kandungan gizi cukup tinggi dan banyak diminati masyarakat Indonesia. Pada umumnya sebelum dikonsumsi dagingnya, isi perut ikan patin dibersihkan dan dibuang begitu saja sehingga menjadi limbah yang dapat mencemari lingkungan. Berbagai upaya dilakukan untuk menanggulangi limbah ikan dengan menjadikannya tepung ikan dan minyak ikan. Pengolahan minyak ikan masih dilakukan secara manual jika dilakukan dengan skala kecil sedangkan mesin pengolahan limbah ikan patin yang tersedia hanya dalam skala besar dan tidak terjangkau oleh pelaku usaha kecil dan menengah. Untuk itu, perlu dilakukan perancangan mesin yang dapat mengolah limbah ikan menjadi minyak ikan dengan skala yang lebih kecil agar dapat dimanfaatkan oleh pedagang ikan, nelayan maupun pelaku usaha menengah kebawah dengan harga terjangkau. Perancangan limbah ikan dilakukan menggunakan metode *Phal and Beitz* untuk menyesuaikan kebutuhan pelaku usaha. Dengan menyebarkan kuisioner, mengidentifikasi kebutuhan masyarakat pelaku usaha dan menyesuaikan kebutuhan komponen mesin sehingga didapatkan mesin penyuling limbah ikan dengan komponen Motor Listrik 1,5 HP 2400 Rpm, besi *hollow galvanis*, *bearing uc* 204 20 mm, *Pulley A1* × 8 inch × 20mm, poros st37 atau setara dengan AISI 1045 20 mm, *Gearbox WPO* 60 ratio 1:20.

**Kata kunci**—Minyak Ikan, Ikan Patin, *Phal and Beitz*, limbah ikan

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang kaya akan ikan. Ikan air tawar maupun ikan air laut yang dapat dikonsumsi manusia banyak dijumpai di pasaran bahkan menjadi komoditas ekspor Indonesia. Salah satu jenis yang cukup banyak diminati adalah ikan patin. Ikan patin merupakan ikan air tawar dengan kandungan protein cukup tinggi. Kandungan vitamin, mineral dan asam lemak omega 3 pada ikan patin bermanfaat bagi kesehatan manusia. Asam lemak Omega-3 seperti asam eikosa pentaenoat dan asam dokosa heksaenoat terdapat dalam minyak atau lemak ikan dapat menurunkan kadar kolesterol dan lemak dalam darah sehingga tidak terjadi penimbunan pada dinding pembuluh darah [1]. Walaupun sangat bermanfaat dan sangat diminati, tidak semua bagian tubuh ikan patin dikonsumsi. Sebelum diolah, isi perut ikan patin dibersihkan dan dibuang begitu saja sehingga menjadi limbah yang dapat mencemari lingkungan. Untuk mengurangi pencemaran lingkungan, limbah ikan patin sebaiknya diolah menjadi produk lain yang dapat dimanfaatkan.

Pada umumnya proses pengolahan ikan patin di Indonesia menghasilkan produk filet yang kemudian dijual dalam bentuk filet segar maupun beku. Rendemen pada proses pengolahan filet ikan patin ini sekitar 45%, bagian selebihnya termasuk isi perut, lemak abdomen, tulang, kulit dan hasil perapian (*trimming*) sebesar 55% belum dimanfaatkan secara optimal. Proses pengolahan ikan umumnya menghasilkan limbah hingga di atas 50% dari keseluruhan berat ikan yang diolah. Limbah dari proses pengolahan ikan biasa digunakan untuk bahan pembuatan pakan ikan dengan minyak sebagai hasil samping atau untuk proses remediasi tanah [1].

Menurut Kamini dkk, salah satu pemanfaatan limbah ikan patin yang belum dikerjakan secara maksimal adalah pembuatan minyak ikan. Minyak ikan dari ekstraksi ikan patin bersumber pada riset yang sudah dicoba sebelumnya ialah sumber asam lemak tidak jenuh omega 3 yang mempunyai peranan positif untuk kesehatan manusia. Tidak hanya itu, minyak ikan patin mentah (*crude oil*) dapat dimanfaatkan untuk peningkatan nutrisi pakan ternak, pelumas food grade serta lain-lain. Sebaliknya minyak ikan yang sudah dimurnikan bisa disantap manusia serta pula digunakan selaku bahan baku pada farmasi serta kosmetika [2].

Pemanfaatan limbah ikan patin jadi minyak ikan sejalan dengan program pemerintah menimpa

penciptaanbersih (zero waste concept). Dengan konsep penciptaan bersih (zero waste concept) hingga hasil samping ikan patin diolah jadi produk ikan sehingga tidak menyisakan limbah buangan yang mencemari area. Limbah ikanpatin yang secara maksimal menghasilkan minyak ikan antara lain bagian daging perut belly flap. Menurut penelitian Hastarini dkk, kadar lemak pada masing-masing bagian ikan patin yang merupakan kepala (11,2%), tulang ekor (13,10%), kulit (7,90%), isi perut (26,31%),daging sisa trimming(6,63%) daging belly flap (36,21%) [3].

Prosesan minyak ikan patin dari daging belly flap memakai tata cara ekstraksi *wet rendering*(ekstraksi basah). Secara garis besar prosesnya merupakan proses ekstraksi, pemurnian sertakonsentrat. Pada proses ekstraksi daging *belly flap* dilumatkan terlebih dulu, setelah itu dipanaskandengan air dengan perbandingan (1:3/b:v), daging *belly flap* 1 bagian, air 3 bagian. Pemanasan memakai panci panas double jacket hingga dengan temperatur 700C, sepanjang 15 menit. Dilanjutkan penyaringan serta pembelahan minyak dengan corong pisah. Pada tahap ini didapatkanminyak kasar (*crude oil*).

Beberapa penelitian tentang pengolahan limbah ikan patin menjadi minyak ikan telah dilakukan diantaranyaoleh abd Rahman, dengan meakukan pemanasan 1 kg limbah ikan patin pada suhu 70°C selama 30 menit kemudian disaring secara terpisah menggunakan corong dan di suling pada temperatur 27°C hingga menghasilkan minyak ikan.[4], penelitian lain juga dilakukan oleh Ema Hastari dkk, Melakukan ekstraksi limbah ikan petin dengan modifikasi metode *wet rendering* hingga menghasilkan minya ikan. [1]. Kelemahan kedua penelitian tersebut, masih menggunakan cara manual untuk melakukan penyulingan sehingga perlu adanya perancangan mesin pengolah ikan yang efektif dalam penggunaannya serta dapat menyimpan hasil atauproduk yang telah dibuat menjadi bersih serta higienis untuk kapasitas penyulingan kecil. Selain untuk mempermudah proses penyulingan mesin ini dapat digunakan untuk pelaku usaha menengah kebawah.

## 2. METODE

Metodologi penelitian yang digunakan dalam perancangan konsep mesin penyuling limbah ikan patin menjadi minyak ikan dikombinasikan dengan metode perancangan Pahl dan Beitz pertama-tama dengan melakukan perencanaan dan penjelasan produk, perancangan konsep produk, erancangan bentuk produk, perancangan detail. Untuk dapat menentukan acuan dasar dari sebuah rancangan konsep, diperlukan data hasilobservasi dan data kualitatif. Data tersebut salah satunya dapat diperoleh melalu penyebaran kuesioner. Kuesioner disebarakan kepada para calon pengguna atau para pelaku usaha terkait dengan produk olahan yangdalam hal ini adalah minyak ikan. Tujuannya adalah agar mesin yang dihasilkan dapat menyelesaikan masalahyang ada. Berdasarkan metode Pahl dan Beitz.

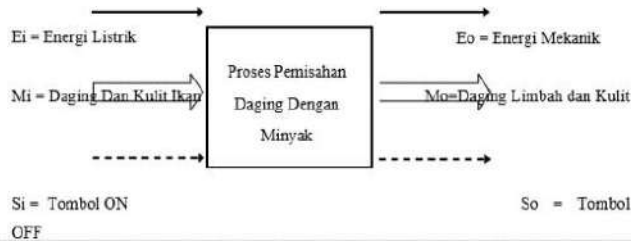
The image shows a Google Forms questionnaire with 18 numbered questions. Each question is followed by two radio button options: 'Alah' and 'Demasi'. The questions are as follows:

1. Sifatnya aman bagi lingkungan sekitar?  Alah  Demasi
2. Mudah dalam pengoperasian?  Alah  Demasi
3. Material bahan mudah didapat?  Alah  Demasi
4. Mudah dibersihkan/pemeliharaan?  Alah  Demasi
5. Daya motor listrik yang digunakan memadai untuk beroperasi?  Alah  Demasi
6. Cara pendongkrang cukup memadai?  Alah  Demasi
7. Cara pasang material memadai?  Alah  Demasi
8. Tidak ada masalah yang dihadapi?  Alah  Demasi
9. Cara kerja aman dan nyaman saat beroperasi?  Alah  Demasi
10. Tidak ada masalah lingkungan?  Alah  Demasi
11. Sifatnya mudah dalam pengalihan tenaga?  Alah  Demasi
12. Tidak ada masalah keselamatan?  Alah  Demasi
13. Tidak ada masalah pemeliharaan?  Alah  Demasi
14. Tidak ada masalah biaya?  Alah  Demasi
15. Tidak ada masalah?  Alah  Demasi
16. Bisa dipakai di lapangan?  Alah  Demasi
17. Tidak ada masalah?  Alah  Demasi
18. Tidak ada masalah?  Alah  Demasi

**Gambar 1.** Contoh kuesioner dengan Google Forms

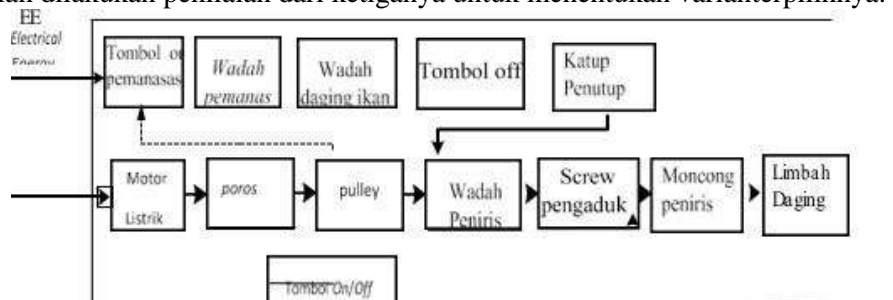
Beberapa persyaratan dari sebuah rancangan produk yang terdiri dari dua aspek yang wajib dipenuhi (*Demand/D*) dan masih sebatas keinginan (*Wishes/W*). Gambar 1. memperlihatkan contoh kuesioner yang digunakan untuk mengumpulkan data. Kuisisioner disebarakan ke beberapa masyarakat dan pelaku usaha yang berhubungan dengan pengolahan limbah ikan patin. Hasil kuisisioner dirangkup dan dibuat tabulasi data responden untuk mengetahui kebutuhan mesin penyuling limbah ikat patin.

Tahap selanjutnya adalah membuat struktur fungsi dari mesin penyuling limbah ikan menjadi minyak ikanyang terbagi menjadi dua, yaitu struktur fungsi keseluruhan dan struktur sub fungsi. Struktur fungsi keseluruhan dapat dideskripsikan sebagai aliran energi, aliran material dan aliran informasi, yang digambarkan sebagai blok fungsi dengan aliran masuk dan aliran keluar seperti pada Gambar 3. Jenis energi yang digunakan pada mesin yang dirancang dapat berupa energi listrik, mekanik dan termal yang dilambangkan dengan simbol “E”. Untuk material masuk yang digunakan adalah limbah ikan patin, sedangkan material keluar dapat menjadiminyak ikan, dilambangkan dengan simbol “M”. Aliran informasi dapat berupa sinyal, baik sinyal mekanis maupun sinyal listrik atau *software* dalam mesin ini digunakan tombol *on* dan *off* sebagai sinyalnya yang dilambangkan dengan simbol “S”.



**Gambar 2.** Struktur fungsi mesin penyuling limbah ikan patin menjadi minyak ikan

Sedangkan struktur sub fungsi biasanya disebut sebagai tingkat kedua, sub-sub-fungsi tingkat ketiga dan seterusnya yang menjelaskan tentang hubungan aliran terhadap energi, material, sinyal terhadap komponen dan proses yang ada pada mesin yang dirancang seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Setelah dibuat struktur fungsi keseluruhan beserta struktur sub fungsinya, maka selanjutnya dicari prinsip-prinsip solusi untuk memenuhi sub fungsi tersebut ke dalam bentuk tabel matriks morfologi. Metode yang akan digunakan dalam mencari prinsip solusi adalah metode kombinasi, yaitu metode yang mengkombinasikan semua solusi yang ada dalam bentuk matriks. Prinsip solusi diusahakan sebanyak mungkin, akan tetapi prinsip-prinsip solusi tersebut dianalisis kembali, jika ada prinsip solusi yang tidak berpengaruh terhadap fungsi dapat dihilangkan atau diabaikan dengan tujuan agar dalam tahap perancangan konsep selanjutnya tidak terlalu banyak konsep yang harus dievaluasi kembali. Berdasarkan prinsip solusi yang dibuat dalam matriks morfologi akan dibuat sebanyak tiga varian mesin pengolah multi produk. Dari tabel tersebut nantinya akan diperoleh gambar sketsa tiga varian mesin yang kemudian dilakukan penilaian dari ketiganya untuk menentukan varianterpilihnya.



**Gambar 3.** Struktur sub-fungsi mesin penyuling limbah ikan menjadi minyak ikan

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menentukan varian mesin, terlebih dahulu dilakukan interview pada 31 Orang (10 peternak ikan patin dan penjual ikan patin). Hasil wawancara yang dilakukan, didapatkan tabulasi kebutuhan mesin pada Tabel 1 dan 2. Perancangan detail dibuat berdasarkan varian terpilih pada perancangan konsep varian sebelumnya. Prinsip kerja dari mesin penyuling ikan menjadi minyak ikan ini menggunakan komponen pemanas yang terletak pada bagian atas dari mesin dan dibagian bawah yang terdapat motor listrik sebagai penggerak utama, putaran motor listrik kemudian diteruskan ke *pulley* untuk dapat menggerakkan poros yang memiliki ulir yang bergerak berputar secara perlahan dan menggiling daging ikan untuk mengeluarkan minyak ikannya dan akan ditampung ke wadah penampung yang sudah disiapkan dibagian bawah, serta daging ikan yang tidak terpakai akan keluar pada bagian monjong dari mesin ini. Adapun prinsip solusi pada konsep perancangan mesin pengolah multi produk buah pisang disajikan dalam Tabel 3.

**Tabel 1.** Tabulasi hasil kuesioner

Pertanyaan	Pilihan Jawaban(%)	
	D	W
Aman dalam pengoperasian	93.5	6.5
Mudah dalam pengoperasian	93.3	6.7
Material tahan karat	83.9	16.1
Daya motor kecil	74.2	25.8
Bentuk atau model mesin	35.5	64.5
Dimensi mesin	41.9	58.1
Umur pakai	87.1	12.9
Harga mesin	80.6	19.4
Kemudahan perawatan	90.3	9.7
Komponen mudah didapat	80.6	19.4

**Tabel 2.** Daftar persyaratan rancangan mesin

Aspek Perancangan	Persyaratan	Tingkat Kebutuhan
Keamanan	Aman dalam pengoperasian	D
Ergonomi	Mudah dalam pengoperasian	D
Material	Material tahan karat	D
Energi	Daya motor kecil	D
Geometri	Bentuk atau model mesin	W
	Dimensi mesin	W
Kehandalan	Umur pakai	D
	Harga mesin	D
Perawatan	Kemudahan perawatan	D
	Komponen mudah didapat	D

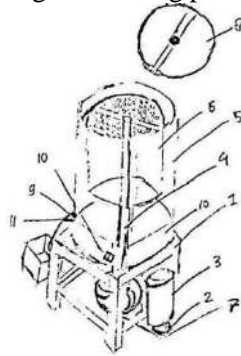
**Tabel 3.** Tabel Solusi - Sub Fungsi

No.	Sub-Fungsi	Solusi		
		1	2	3
1	Profil Rangka			
2	Peniris minyak ikan			
3	Transmisi			
4	Cercong Masuk			
5	Penggerak peniris minyak ikan			
6	Wadah Pemanas Ikan			
7	Elemen Pemanas			

Berdasarkan Tabel 3, hasil kombinasi solusi – sub fungsi dihasilkan kombinasi sebagai berikut:  
 Varian 1 : 1.1 – 2.1 – 3.1 – 4.1 – 5.1 – 6.1 – 7.1  
 Varian 2 : 1.2 – 2.2 – 3.2 – 4.2 – 5.1 – 6.2 – 7.2  
 Varian 3 : 1.2 – 2.2 – 3.2 – 4.3 – 5.2 – 6.3 – 7.3

Hasil dari Tabel 3, dibuat sketsa konsep rancangan mesin pengolah multi produk buah pisang sebanyak tigakonsep, seperti yang disajikan pada Gambar 4, 5 dan 6. Gambar 4 menggambarkan varian 1 memiliki rangka utama mesin penyuling limbah ikan ini berbentuk kubus terbuat dari besi siku yang bersisi 600 mm. Dinding dari mesin pemanas dari wadah pemanas berbentuklingkaran, ketika ikan dimasukkan pada bagian wadah pemanas kemudian tombol pemanas di nyalakan dan membuat air menjadi mendidih dan menghasilkan suhu tertentu agar dapat mematangkan ikan yang ada di dalam

wadah, setelah proses pematangan ikan selesai kemudian tombol pemanas di non-aktifkan, setelah itu air yang digunakan untuk mematangkan ikan dibuang dengan membuka katup yang terdapat dibagian bawah setelah air yang ada pada wadah pemanas ini tadi sudah keringkemudian tutup katup dan nyalakan tombol on untuk membuat motor listrik bergerak, putaran yang dihasilkan dari motor listrik dialirkan ke pully yang membuat poros yang tersambung pada wadah ikan berputar.

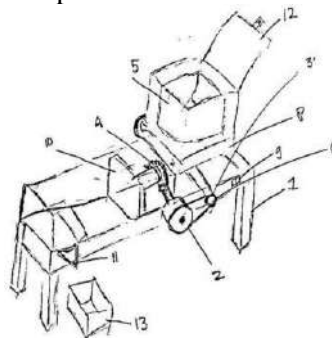


**Gambar 4.** Sketsa konsep varian 1

Keterangan Gambar:

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| 1. Rangka             | 7. V-belt            |
| 2. Pulley             | 8. Tutup Tabung      |
| 3. Motor Listrik      | 9. Katup             |
| 4. Poros              | 10. Tombol on/off    |
| 5. Tabung dan Pemanas | 11. Komponen Pemanas |
| 6. Wadah Peniris      |                      |

Pada mesin varian 2, rangka utama mesin penyuling limbah ikan ini berbentuk persegi panjang sisi 1400 mm, rangka terbuat dari besi *hollow* dengan dinding pemanas yang terbuat dari plat yang dapat menghantarkan panas dengan baik, wadah pemanas ini berbentuk kubus dan terletak pada bagian atas dari mesin ini. Proses dari penggunaan dari mesin ini adalah ikan yang sudah dibersihkan sebelumnya dimasukkan ke dalam wadah pemanas dan masukan air ke dalam wadah pemanas lalu komponen pemanas ini di aktifkan pada posisi *on*, setelah proses pemanasan ini selesai lalu posisikan komponen pemanas ke posisi *off* lalu ambil ikan yang sudah matang tadi dan pindahkan ke alat pemeras minyak ikan, setelah ikan yang sudah matang tadi dimasukkan ke dalam wadah pemeras lalu aktifkan motor listrik ke posisi *on*, motor listrik akan bergerak memutar dan mengerjakan roda gigi dan membuat poros yang menopang plat yang berguna untuk menekan ikan tadi bergerak secara perlahan, setelah proses dari pemerasan ini selesai minyak yang sudah diambil dari ikan ini ditampung di wadah penampung yang sudah disediakan, lalu posisikan tombol motor listrik ke posisi *off*.



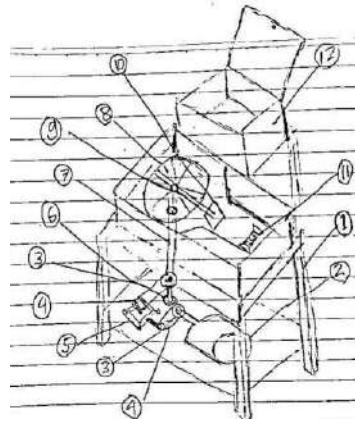
**Gambar 5.** Sketsa konsep varian 2

Keterangan Gambar:

- |                  |                     |
|------------------|---------------------|
| 1. Rangka        | 6. V-belt           |
| 2. Pulley        | 7. Tutup Tabung     |
| 3. Motor Listrik | 8. Komponen Pemanas |
| 4. Roda Gigi     | 9. Tombol on/off    |
| 5. Wadah Pemanas | 10. Ulir Peniris    |

Pada varian 3, rangka mesin menggunakan besi *hollow*, rangka mesin ini berbentuk persegi dengan panjang 1500 mm serta lebar 700 mm. Komponen untuk pengukus ikan terletak pada bagian atas dari alat ini, Proses pemisahan minyak ikannya berbeda dengan varian 1 dan 2 yaitu dengan menggunakan

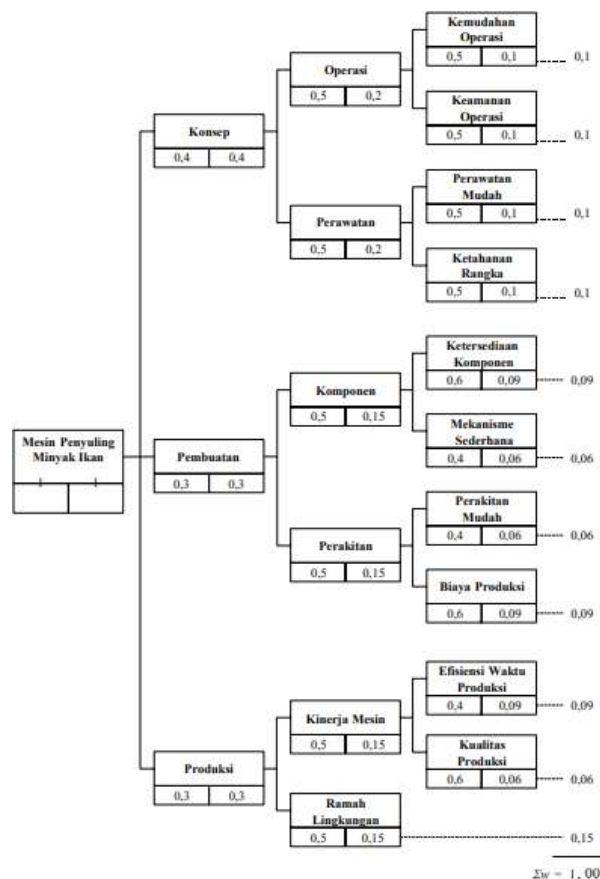
roda yang memiliki ulir yang berguna untuk memeras ikan serta menggiling ikan yang sudah dikukus sebelumnya, proses dari penggunaan mesin ini yaitu dengan memasukkan ikan yang sudah dibersihkan dimasukkankedalam wadah pemanas dan masukan air kedalam wadah pemanas lalu komponen pemanas ini di aktifkan pada posisi *on*, setelah proses pemanasan ini selesai lalu posisikan komponen pemanas ke posisi *off* lalu ambil ikan yang sudah matang tadi dan pindahkan ke alat pemerasminyak ikan, setelah ikan yang sudah matang tadi masuk kedalam wadah pemeras lalu aktifkan motor listrik keposisi *on*, motor listrik akan bergerak memutar dan mengerakan poros yang berbentuk ulir untuk memisahkan ikan dnegan minyak ikannya.



Gambar 6. Sketsa konsep varian 3

Keterangan Gambar:

- |                  |                     |
|------------------|---------------------|
| 1. Rangka        | 6. Pillow Blok      |
| 2. Motor Listrik | 7. Poros            |
| 3. Pulley        | 8. Engkol           |
| 4. V-belt        | 9. Batang Engkol    |
| 5. Gear Box      | 10. Wadah Penampung |



Gambar 7. Pohon kriteria

Untuk mendapatkan varian konsep terpilih, digunakan pohon kriteria (lihat gambar 8) dengan cara

membandingkan point evaluasi pada tiap – tiap varian konsep. Pohon kriteria ini mengubah masalah yang ada pada mesin pengolah multi produk buah pisang, untuk diubah menjadi rangkaian solusi yang mempunyai nilai positif untuk masalah tersebut. Pohon kriteria mesin pengolah multi produk buah pisang ini memiliki beberapa cabang yaitu :

1. Konsep.  
Cabang ini terdiri dari operasi yang mempunyai cabang lagi yaitu kemudahan operasi dan keamanan operasi dan perawatan yang juga mempunyai cabang yaitu perawatan yang mudah, ketahanan rangka dari mesin.
2. Pembuatan.  
Cabang ini terdiri dari komponen yang mempunyai cabang lagi yaitu ketersediaan komponen, mekanismeyang sederhana dan perakitan yang juga mempunyai cabang lagi yaitu perakitan yang mudah, biaya produksi yang terjangkau.
3. Produksi.  
Cabang ini terdiri dari kinerja mesin yang juga mempunyai cabang lain yaitu efesiensi waktu produksi, kualitas produksi pada mesin dan mesin yang ramah lingkungan.

Penilain konsep yang diambil berdasarkan data persyaratan (Tabel 2) yang dibuatkan ke dalam kuisisioner Google Forms untuk pemilihan sketsa dengan menggunakan skala Likert lima tingkat. Adapun skala Likert yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Skor 1 : Tidak Penting
- Skor 2 : Kurang Penting
- Skor 3 : Cukup Penting
- Skor 4 : Penting
- Skor 5 : Sangat Penting

**Tabel 4.** Kebutuhan pengguna

Kebutuhan Pengguna	Tingkat Kepentingan
Kemudahan operasi	5
Keamanan operasi	4
Mekanisme sederhana	4
Ketersediaan komponen	4
Ketahanan rangka	4
Biaya produksi	4
Kualitas produksi	4
Kemudahan merakit	3
Waktu produksi yang cepat	4
Kemudahan perawatan	4

Data kuisisioner kemudian dievaluasi dan dibagi nilai-nilainya berdasarkan masing- masing varian konsep dan kriteria evaluasi yang totalnya berjumlah 10 kriteria evaluasi. Terdapat parameter kriteria untuk mengetahui atau mengukur bahwa mesin tersebut dapat memenuhi kriteria atau tidak. Kemudian setelah dilakukan pembobotan didapatkan hasil 3,00 untuk varian 1, kemudian 3,46 untuk varian 2, serta 4,19 untuk varian 3. Berdasarkan pembobotan varian tersebut, maka dihasilkan nilai varian yang terbesar yaitu varian 3 dengan nilai 4,19.

Mesin variasi 3 menggunakan motor listrik dengan daya 1,5 HP dengan putaran 2400 rpm. Motor bensin akan menggerakkan mekanisme pulley pada poros *screw*, sehingga akan menggiling daging ikan melalui filter yang berukuran 12 mm yang terdapat pada moncong alat, serta minyak ikan yang dihasilkan akan melalui filter yang berukuran 70 mesh dan dialirkan kebawah. Rangka terbuat dari besi *hollow galvanis*, *bearing* ucf 204 20 mm, *Pulley*  $1 \times 8 \text{ inch} \times 20\text{mm}$ , poros st37 atau setara dengan AISI 1045 20 mm, *Gearbox* WPO 60 ratio 1:20.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari perancangan mesin penyuling ikan menjadi minyak ikan didapatkan mesin varian 3 dengan spesifikasi Komponen-komponen utama dari mesin penyuling ikan menjadi minyak ikan yang digunakan meliputi : Motor Listrik 1,5 HP 2400 Rpm, besi *hollow galvanis*, *bearing* ucf 204

20 mm, Pulley A1 × 8 inch × 20mm, poros st37 atau setara dengan AISI 1045 20 mm, Gearbox WPO 60 ratio 1:20.

## 5. REFERENSI

- [1] Emha Hastini, Dedi Hardiaz dkk, Karakteristik Minyak Ikan Dari Limbah Pengolahan Filet Ikan Patin Siam (*Pangasius Hypophthalmus*) Dan Patin Jambal (*Pangasius Djambal*). "Agritech" Vol.32. no.4, 2012
- [2] Kamini, Suptijah P, Santoso J, Suseno SH. Ekstraksi *Dry Rendering* Dan Karakteristik Minyak Ikan Dari Lemak Jeroan Hasil Samping Penggolahan Salai Patin Siam,.Bogor: Institut Pertanian Bogor., JPHPI 2016, Volume 19 Nomor 3. 2016.
- [3] Iswahyudi, Febri,. Pengembangan Modul Praktik Kerja Pelat dan Tempa untuk Meningkatkan Kualitas Proses dan Hasil Pembelajaran di Jurusan Pendidikan Teknik Mesin. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya : JPTM FT Unesa. JPTM. Volume 02 Nomor 02 Tahun 2013, 45-54. 2010.
- [4] Azwinur Azwinur, Syukran Syukran, Hamdani Hamdani. Kaji Sifat Mekanik Sambungan Las *Butt Weld dan Double Lap Joint* pada Material Baja Karbon Rendah. Aceh : Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe, SINTEK JURNAL, Vol. 12 No. 1, Juni 2018. 2018
- [5] N. Evalina, "Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable logiccontroller," *Journal of Electrical Technology.*, vol. 3, no. 2, pp. 73- 80, 2018.
- [6] F. N. Salan & K. Muhammad, "Penerapan Modul Pembelajaran Solidworks Untuk Meningkatkan Kompetensi Membuat Model 3D," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin.*, vol. 16, no. 1, pp. 43-47, 2016.
- [7] E. Fibrianie, "Rancang Bangun Mesin Penggiling Dan Potong Kerupuk Ikan Dengan Menggunakan Gearbox Designing and Constructing of Grinder and Slicing Machine for Homemade Fish Crackers By Using a Gearbox," *Jurnal Riset Teknologi Industri.*, vol. 12, no. 1, pp. 1-8, 2018.
- [8] Eritama & U. Yasa, "Desain Konsep Alat Poles Semi Otomatis Untuk Kap Mobil," *Jurnal RekayasaMesin.*, vol. 5, no. 1, pp. 118-125, 2018.
- [9] E. M. V. & J. W. Robert L. Mott, *Machine Elements in Mechanical Design 6th Edition*. Pierson, 2018.
- [10] National Council Of Examiners For Engineering And Surveying "Fundamentals of Engineering -Supplied- Reference Handbook" Clemson, vol. 13, no. 3. p. 557, 2001
- [11] N. Andi, "Kinematika" Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, J. teknik mesin, vol 2, no 3, pp. 260-278, 2019



## Prinsip Perancangan Apartemen Neighbourhood

Helen Devita<sup>1</sup>, Ramadhani Isna Putri, S.T, M.T<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jl. Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta, 12640

\* Corresponding author: [4118210001@univpancasila.ac.id](mailto:4118210001@univpancasila.ac.id)

**Abstrak.** Kebutuhan akan rumah tinggal pada era mandiri saat ini terus meningkat. Namun hal ini tidak sebanding dengan ketersediaan lahan yang ada. Pembangunan hunian vertikal menjadi salah satu solusi untuk permasalahan tersebut. Apartemen merupakan pilihan populer bagi masyarakat yang memilih tinggal pada hunian vertikal. Keberadaan apartemen sebagai hunian, terutama pada area perkotaan, memiliki banyak dampak positif. Namun, pemilihan apartemen sebagai hunian juga menimbulkan dampak negatif, salah satunya adalah munculnya individualisme antar penghuninya yang menyebabkan minimnya interaksi sosial antar penghuni. Budaya individualis ini tidak sesuai dengan ciri kehidupan sosial masyarakat Indonesia yang dikenal menjunjung tinggi ramah tamah dan gotong royong. Untuk mengatasi hal tersebut, maka muncul gagasan untuk merancang apartemen yang juga dapat mewadahi interaksi sosial penghuninya. Penelitian kali ini bertujuan untuk menghasilkan prinsip perancangan apartemen dengan konsep neighbourhood, yakni perancangan apartemen yang bertujuan untuk membentuk interaksi sosial bagi para penghuninya. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif, yakni pengumpulan data melalui studi literatur dan studi preseden yang kemudian dianalisis untuk menghasilkan prinsip perancangan. Berdasarkan hasil studi literatur dan preseden, didapatkan empat prinsip utama yang perlu diperhatikan dalam merancang apartemen neighbourhood, yakni bentuk massa bangunan, ruang komunal, sirkulasi, dan fasilitas pendukung.

**Kata kunci**— *Apartemen; Neighbourhood; Apartemen Neighbourhood.*

### 1. PENDAHULUAN

Pembangunan apartemen menjadi solusi utama dalam pemenuhan kebutuhan akan hunian bagi masyarakat perkotaan saat ini. Ketersediaan lahan yang terbatas menjadi sebab utama gencarnya pembangunan hunian vertikal, terutama apartemen, dan perlahan menggeser budaya landed house, termasuk di kota-kota besar Indonesia, salah satunya di Jakarta. Pemilihan apartemen sebagai hunian bagi masyarakat perkotaan juga didasari oleh efektivitas dan efisiensi aktivitas bagi penghuninya. Apartemen yang dibangun dengan berbagai fasilitas pendukung dinilai dapat mempermudah penghuni untuk beraktivitas. Keberadaan apartemen memiliki dampak positif bagi penghuni, seperti berkurangnya jarak yang perlu ditempuh bila ingin beraktivitas, seperti olahraga, berbelanja kebutuhan sehari-hari, atau berkumpul di ruang terbuka/taman.

Selain dampak positif, pemilihan apartemen sebagai hunian juga memiliki dampak negatif bagi penghuninya. Perancangan apartemen sebagai hunian vertikal seringkali mengabaikan kehidupan sosial dari penghuninya, sehingga membentuk perilaku penghuni yang lebih individualis [1]. Masyarakat yang tinggal di apartemen cenderung memiliki sifat individualis, yakni cenderung tidak peduli dengan keadaan sekitar, sehingga apapun kejadian-kejadian yang terjadi di lingkungan sekitar mereka dianggap tidak penting [2]. Hal ini tentunya tidak sesuai dengan budaya masyarakat Indonesia yang dikenal dengan ramah tamah dan kehidupan bersosialnya yang tinggi.

Berdasarkan persoalan di atas, maka perlu dirancang apartemen yang dapat mewadahi dan meningkatkan interaksi sosial penghuninya. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam merancang apartemen tersebut adalah konsep neighbourhood. Konsep ini mempertimbangkan dua komponen fundamental, yakni komponen fisik dan komponen psikososial dengan elemen dasarnya yang terdiri atas manusia, tempat, sistem interaksi, identifikasi bersama, dan simbol publik [3]. Penggunaan konsep neighborhood pada perancangan apartemen diharapkan dapat mengubah stigma terhadap penghuni apartemen. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan prinsip-prinsip perancangan apartemen yang didasari pada konsep neighborhood. Hal ini dilakukan agar apartemen yang dirancang dapat memiliki ruang-ruang sosial yang dapat meningkatkan interaksi antar penghuni, sehingga dapat meningkatkan pula kualitas hidup bermasyarakat bagi penghuni di apartemen tersebut.

## **APARTEMEN**

Apartemen merupakan salah satu alternatif hunian vertikal yang populer di kalangan masyarakat perkotaan. Seperti hunian pada umumnya, apartemen merupakan tempat tinggal yang terdiri atas kamar tidur, ruang tamu, kamar mandi, dapur, dan sebagainya, namun terletak pada satu lantai bangunan bertingkat yang besar dan mewah [4]. Apartemen biasanya juga dilengkapi dengan berbagai aktivitas pendukung, seperti kolam renang, pusat kebugaran, toko, dan lainnya. Kelengkapan fasilitas tersebut menjadi salah satu pertimbangan masyarakat untuk memilih tinggal di apartemen. Masyarakat yang menjadi penghuni dapat memanfaatkan seluruh fasilitas tersebut tanpa harus memiliki dan merawatnya sendiri, cukup dengan membayar service charge terhadap pengelola setiap bulannya.

Berdasarkan jumlah lantai yang dimiliki, apartemen dibagi menjadi lima kategori, yakni (1) walk-up apartment yang terdiri antara 3-6 lantai, (2) low-rise apartment yang terdiri kurang dari tujuh lantai, (3) mid-rise apartment yang terdiri antara 7-10 lantai, (4) high-rise apartment yang terdiri lebih dari sepuluh lantai, dan (5) garden apartment yang terdiri antara 2-4 lantai dan dikelilingi taman di sekitar bangunannya [5]. Sedangkan berdasarkan tipe unitnya, apartemen dibedakan menjadi lima tipe, yakni (1) tipe studio yang merupakan tipe apartemen dengan luasan terkecil dengan jumlah penghuni satu orang, (2) tipe apartemen 1,2,3 yang merupakan tipe dengan bentuk ruangan seperti rumah, di mana antara kamar dan ruangan lainnya (dapur, ruang tamu, dan ruang santai) dibuat terpisah, luasan tipe ini beragam tergantung dari jumlah ruangan yang dimiliki, (3) tipe loft yang merupakan tipe apartemen yang memiliki jarak ceiling yang cukup tinggi sehingga dapat dibuat mezzanine atau dua lantai dalam satu unit, dan (4) tipe penthouse yang merupakan tipe apartemen yang paling luas, mewah, dan privat [5].

## **KONSEP NEIGHBOURHOOD**

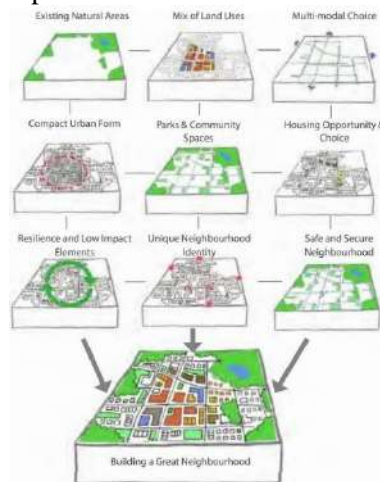
Konsep neighbourhood menjadi salah satu pendekatan yang bisa digunakan dalam perancangan arsitektur. Komponen fundamentalnya yang terdiri atas komponen fisik dan psikososial [3], dan elemen dasarnya yang terdiri atas manusia, tempat, sistem interaksi, identifikasi bersama, dan simbol publik dapat menjadi dasar pertimbangan dalam perancangan apartemen. Penyatuan dari elemen-elemen tersebut dalam perancangan dapat menciptakan sebuah populasi yang menjadi bagian dari sebuah kota, di mana masyarakat yang menjadi anggota di dalamnya terorganisir dalam jaringan interaksi umum, yang secara formal dan informal mengikat dan dapat mengekspresikan identifikasinya terhadap wilayahnya melalui simbol-simbol publik [3]. Penerapan konsep neighbourhood pada perancangan apartemen diharapkan mampu membuat penghuninya dapat mengekspresikan ikatannya terhadap lingkungan dan sesamanya secara lebih bebas.

Perancangan dengan konsep neighbourhood secara fisik harus memiliki standar layanan dan fasilitas tertentu yang dapat memenuhi kebutuhan penghuninya. Pada konsep neighbourhood, standar minimal fasilitas umum yang harus dimiliki mencakup fasilitas kesehatan, fasilitas rekreasi, klub, fasilitas komersial, fasilitas budaya, dan rumah ibadah [3]. Fasilitas-fasilitas tersebut harus terletak pada jarak berdekatan agar dapat ditempuh oleh para penghuninya, sehingga dapat digunakan bersama-sama oleh penghuninya, dan dapat menciptakan interaksi sosial antar penghuni.

Interaksi sosial pada perancangan apartemen dengan konsep neighbourhood merupakan perwujudan kebutuhan manusia sebagai makhluk sosial yang tidak dapat hidup sendiri. Dalam istilah psikososial, neighbourhood didefinisikan sebagai sebuah zona yang memungkinkan hubungan sosial penggunaannya [3]. Secara umum, konsep neighbourhood dapat digambarkan dengan ciri fisik dan sosial berupa: (1) neighbourhood adalah bagian dari perkotaan, di mana masyarakat dapat mengontrolnya meskipun dengan akses yang terbatas, (2) neighbourhood adalah lingkungan yang disukai masyarakat, karena lingkungannya yang cenderung lebih aman, masyarakat dapat berkolaborasi bersama, namun privasi individu tetap terlindungi, dan (3) neighbourhood adalah lingkungan yang terbentuk atas ekspresi masyarakatnya terhadap lingkungan sekitarnya. Ciri fisik dan sosial di atas membentuk perancangan dengan konsep neighbourhood memiliki karakteristik unik yang mendefinisikan identitasnya dengan baik.

Perancangan dengan pendekatan konsep neighbourhood harus memperhatikan kriteria [6], seperti kondisi lingkungan harus dibangun dengan tujuan untuk dapat memwadahi kegiatan dan menjadi tempat pertemuan antar penggunaannya, sehingga pengguna dapat menyalurkan ide, kreasi, maupun saling bertukar pendapat, dan dapat memwadahi pengguna untuk menyalurkan hobi dan bakatnya. Berdasarkan hal tersebut, maka perancangan dengan konsep neighbourhood perlu memperhitungkan ruang gerak manusia dan kendaraan. Oleh karenanya perancangan dengan konsep neighbourhood memerlukan area yang lebih luas untuk dapat menampung berbagai kegiatan sosial penggunaannya.

Selain kriteria di atas, untuk dapat menghasilkan perancangan dengan konsep neighbourhood yang baik, terdapat sembilan prinsip yang perlu diperhatikan [7], yakni: (1) memanfaatkan area natural eksisting pada tapak untuk meningkatkan fungsinya, (2) memperhatikan secara garis besar campuran aktivitas untuk penggunaan lahan, (3) memastikan setiap elemen lingkungan terhubung dengan baik agar penggunaan lahan lebih fungsional, (4) memanfaatkan lahan secara maksimal agar tercipta fungsi yang beragam dalam satu kawasan, sehingga tercipta *node* yang beragam, (5) mengintegrasikan berbagai area publik atau ruangbersama, (6) menyediakan peluang pilihan tipe, (7) menggunakan komponen-komponen yang ramah lingkungan, (8) menciptakan lingkungan yang aman dan terjamin, dan (9) mendorong penggunaan elemen yang menambah identitas unik lingkungan. Contoh penerapan prinsip-prinsip di atas, digambarkan pada Gambar 1 di bawah ini.



**Gambar 1.** Penerapan konsep neighbourhood pada perancangan

## 2. METODE

Pada penelitian kali ini, metode yang digunakan adalah metode kualitatif, dimana penelitian dilakukan berdasarkan studi literatur dan studi preseden. Metode berbasis studi preseden adalah model pendekatan yang tertuju pada sudut pandang permasalahan, penyelesaian masalah, dan mengkomunikasikan manfaat penelitian. Melalui beberapa preseden yang digunakan, diharapkan dapat menghasilkan kesimpulan yang meningkatkan pemahaman akan prinsip perancangan yang sesuai, sehingga mendorong hasil yang maksimal.

Metode berbasis studi literatur dan preseden juga dapat dilihat dari berbagai sisi yang mengacu kepada berbagai macam metode pendekatan. Pendekatan berbasis studi literatur dan preseden bertujuan untuk mencari informasi, menyusun hipotesis, mengumpulkan data, menganalisis data, dan membuat kesimpulan atas data yang sudah tersusun.

## 3. STUDI PRESEDEN

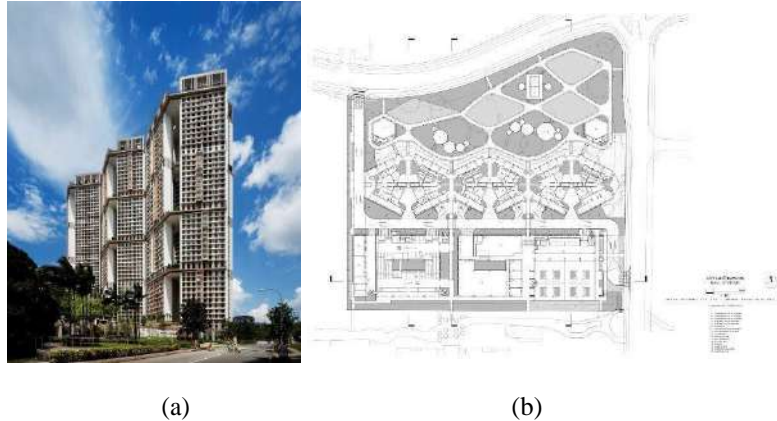
Untuk dapat merancang apartemen dengan konsep neighbourhood, maka perlu diketahui prinsip-prinsip untuk setiap elemen perancangannya. Studi preseden ini bertujuan untuk mengetahui prinsip-prinsip yang digunakan pada perancangan apartemen dengan konsep neighbourhood sebelumnya. Pada penelitian ini, studi kasus yang dipilih sebagai kajian perbandingan adalah Sky Ville Apartment di 86 Dawson Rd, Singapore, One Pearl Bank di 1 Pearl Bank, Singapura, dan Kampung Yu Sing di Kecamatan Penjarangan, Jakarta Utara. Ketiganya dianggap sebagai perancangan apartemen yang berhasil menerapkan konsep neighbourhood.

### a. Sky Ville Apartment

Apartemen Sky Ville merupakan salah satu karya arsitek WOHA, yang berdiri sejak tahun 2015. Apartemen Sky Ville ini berdiri di atas lahan seluas 29392 m<sup>2</sup>. Apartemen Sky Ville memiliki keunikan dalam bentuk denah dan ruang komunal yang dominan. Ruang komunal eksternal bersama ini terhubung melalui kumpulan tower dari tanah hingga atap. Setiap tower dari Sky Village terdiri dari 80 rumah yang berbagi teras komunitas taman terlindung. Ide perancangan tersebut untuk mendorong interaksi dan menjadi bagian dari kehidupan sehari-hari. Setiap penghuni yang lewat akan tertuju pada bagian atas apartemen. Sirkulasi dari lift ke apartemen dapat dimanfaatkan untuk berinteraksi antar penghuni dan area bermain anak.

Area komunitas lainnya termasuk alun-alun yang terletak di sepanjang taman linier publik yang diapit oleh *supermarket*, kedai kopi dan ruang ritel, dan fasilitas penitipan anak. Ruang tamu komunitas

di lantai dasar dilengkapi dengan area tempat duduk yang menghadap ke taman. Paviliun untuk pernikahan dan pemakaman, area bermain dan kebugaran, lapangan dan halaman rumput dibatasi oleh bioswale sepanjang 150 m. Taman umum atap menggabungkan lintasan lari 400 m di bawah paviliun yang dibatasi oleh susunan fotovoltaik. Strategi desain apartemen ini adalah passive design berupa seluruh apartemen yang memiliki pencahayaan dan ventilasi alami, photovoltaics pada atap dan prefabrikasi yang meminimalisir sampah konstruksi.[8]

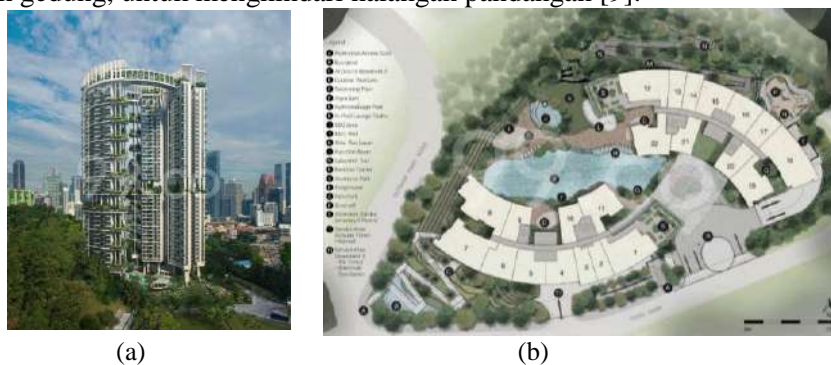


**Gambar 2.** Sky Ville : (a) Gambaran Suasana Apartemen Sky Ville, (b) Site Plan Apartemen Sky Ville

### b. One Pearl Bank

One Pearl Bank adalah apartemen sewa yang terletak di 1 Pearl Bank di Distrik 03. Apartemen ini berdiri 39 lantai dan terdiri dari total 774 unit. Apartemen Pearl Bank terdiri dari menara silinder berongga 38 lantai, menyerupai tapal kuda, dirancang untuk hunian total 1.500 orang. Bentuk menara tapal kuda dirancang untuk efisiensi karena ekonomis dalam hal bahan yang digunakan, menawarkan rasio dinding-ke-lantai terkecil.

Terdapat dua menara melengkung 39 lantai dihubungkan di atap oleh sebuah jembatan. Pada lantai 28 dikhususkan untuk penggunaan komunitas, yang dikenal sebagai "Taman Langit", mirip dengan dek kosong di flat HDB di seluruh Singapura. Pengaruh pendekatan arsitektur split-level dalam perencanaan tata ruang dinyatakan sebagai aspek penting dari bangunan. Setiap unit apartemen selanjutnya dikategorikan menjadi area "publik" dan "pribadi" untuk menawarkan eksklusivitas dan pemandangan maksimal kepada penghuninya. Area kering seperti kamar tidur dan ruang tamu terletak di tepi luar sedangkan area utilitas dan layanan terletak di bagian belakang apartemen, menghadap ke halaman tengah gedung, untuk menghindari halangan pandangan [9].



**Gambar 3.** One Pearl Bank : (a) Gambaran Suasana One Pearl Bank, (b) Site Plan One Pearl Bank

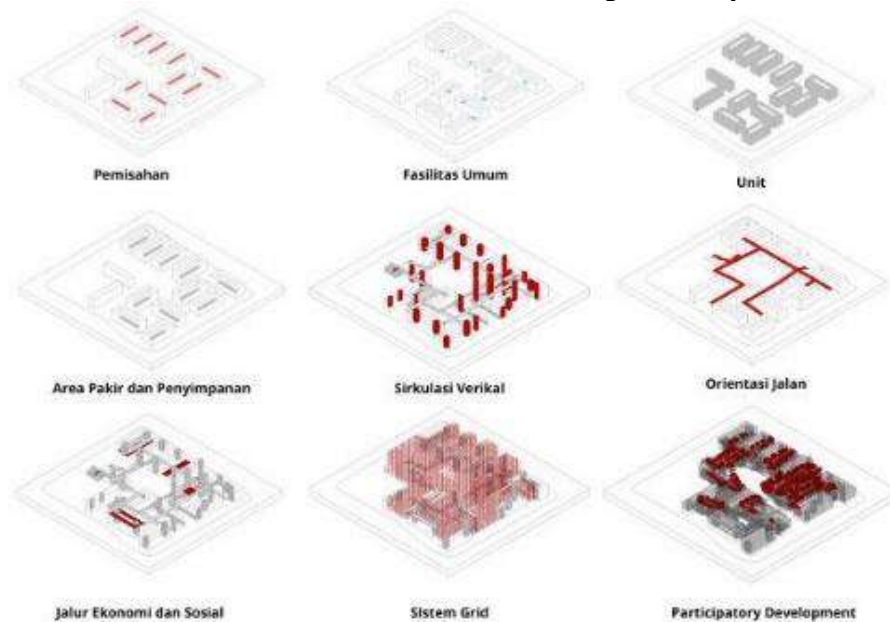
### c. Kampung Yu Sing

Kampung vertikal Yu Sing berlokasi di Jakarta Utara yang merupakan kawasan padat dan berkembang. Kampung ini merupakan usulan perbaikan dari Rusun Penjaringan yang digagas oleh Yu Sing. Rusun tersebut terdiri dari 13 blok dengan ketinggian 4 hingga 5 lantai. Rusun tersebut sudah berdiri selama 30 tahun, sejak 1986. Bangunan rusun yang formal telah digunakan dan disesuaikan dengan pola hidup kampung tersebut. Pada beberapa kompleks rusun ini telah mengembalikan asalnya sebagai sebuah kampung. Desain kampung Yu sing sebagai bentuk menyikapi kondisi dan meningkatkan kemungkinan jika adanya penambahan penduduk dengan menambah unit-unit baru dan unit-unit usaha. Beberapa aspek yang belum tersedia pada rusun tersebut adalah kurangnya fasilitas umum (took-toko, klinik, area komunal, dan ruang terbuka), fasilitas penyimpanan dan parkir. Yu sing

menggunakan strategi desain dengan meninggikan bangunan, menyediakan ruang untuk perkembangan ekonomi eksisting, membuat bangunan yang ekologis, serta memperkuat karakter kampung dan jaringan sosial [10].

Yu Sing memiliki unit hunian yang dikelilingi oleh fasilitas umum sehingga warga dapat menghidupkan ekonomi sekitar. Sirkulasi vertikal ditambahkan dengan meninggikan bangunan untuk mendorong pertumbuhan hunian secara vertikal. Lahan parkir ditempatkan pada setiap level sehingga memungkinkan terbentuknya dataran baru. Penyusunan massa bangunan dalam grid untuk mempermudah pertumbuhan kampung secara organis di masa mendatang. Massa bangunan dibuat berongga agar matahari dan angin dapat masuk ke dalam bangunan sebagai sumber cahaya dan penghawaan alami. Vegetasi mangrove di sekitar kampung vertikal untuk melindungi tapak dari jalan raya yang berdekatan dengan lingkungan yang padat [10].

Konsep Yu sing memperkuat sirkulasi vertikal yang ada untuk memungkinkan ekspansi vertikal. Jalan horizontal ke jalan vertikal menghubungkan semua blok ke satu ekosistem jalan sebagai penghubung ekonomi, pembangkit aktivitas dan interaksi sosial. Aspek iklim membuat rongga-rongga pada blok yang ada untuk permeabilitas ekosistem secara keseluruhan: memungkinkan matahari dan aliran udara menembus struktur dan memberikan ventilasi silang dan cahaya alami [11].



**Gambar 4.** Konsep Bangunan Kampung Vertikal Yu Sing Sumber gambar: Reza, Adelia (2013)

#### 4. KESIMPULAN PRESEDEN

Berdasarkan kajian studi preseden di atas, dapat disimpulkan beberapa prinsip perancangan apartemen dengan konsep neighbourhood berdasarkan elemen-elemen perancangannya. Berdasarkan studi preseden di atas, contoh penerapan prinsip perancangan apartemen neighbourhood dirangkum pada Tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1.** Kesimpulan Studi Preseden

Elemen Perancangan	Sky Ville	One Pearl Park	Kampung Yu Sing
Ruang Komunal	Memiliki ruang komunal pada setiap tower yang saling terhubung satu samalain melalui struktur atapnya.	Terdapat ruang komunal pada lantai 28 yang dikhususkan bagi penggunaan aktivitas komunitas pengguna.	Ruang komunal ada pada setiap lantai dengan mengadopsi konsep kampung pada bangunan.
Sirkulasi	Sirkulasi dari lift dimanfaatkan sebagai ruang interaksi antar penghuni dan juga area bermain anak.	Sirkulasi antar bangunan dihubungkan dengan jembatan, sehingga penghuni dapat saling terhubung.	Sirkulasi vertikal diperkuat sebagai ekspansi vertikal, sehingga dapat menghubungkan seluruh area.
Fasilitas Pendukung	Dilengkapi dengan berbagai fasilitas pendukung seperti supermarket, kedai kopi, ruang ritel, dan penitipan anak yang dapat dimanfaatkan oleh penghuni.	Dilengkapi dengan fasilitas pendukung seperti ampiteater, area kebugaran, ruang serbaguna, kolam hidroterapi, <i>open terrace</i> , ruang santai, dan area BBQ.	Dilengkapi fasilitas pendukung seperti lapangan olahraga, pasar jalanan, toko serba ada, tukang cukur, toko lokal dan kafe.

## PRINSIP PERANCANGAN APARTEMEN NEIGHBOURHOOD

Berdasarkan penjelasan mengenai konsep neighbourhood dan juga berdasarkan studi preseden yang telah dilakukan, maka dapat disusun prinsip perancangan apartemen neighbourhood yang dapat digunakan pada proses perancangan selanjutnya. Prinsip perancangan ini masih bersifat umum dan universal, sehingga dapat diterapkan pada berbagai perancangan apartemen neighbourhood di mana saja.

Berdasarkan hasil analisis studi literatur dan studi preseden yang dilakukan, maka didapatkan prinsip perancangan apartemen neighbourhood yang didasari pada elemen-elemen perancangan, yakni (1) bentuk massa bangunan apartemen perlu mempertimbangkan rongga yang memungkinkan terciptanya jalur penghubung antar bangunan, yang juga dapat dimanfaatkan sebagai ruang interaksi bagi penghuni, (2) keberadaan ruang komunal harus dapat diakses dengan mudah oleh penghuni karena menjadi wadah utama bagi penghuni untuk berinteraksi dengan sesama, (3) sirkulasi pada bangunan apartemen berfungsi sebagai ruang publik untuk penghuni beraktivitas dan juga berinteraksi dengan sesama, sehingga perlu dirancang dengan nyaman dan aman, (4) apartemen harus dilengkapi dengan fasilitas pendukung yang menjadi wadah bagi penghuni untuk melakukan aktivitas sosial. Fasilitas pendukung yang perlu disediakan mencakup fasilitas kesehatan, fasilitas rekreasi, klub, fasilitas komersial, fasilitas budaya, dan rumah ibadah.

### 5. KESIMPULAN

Pada perancangan apartemen dengan konsep neighbourhood, agar konsep perancangan yang diharapkan dapat berhasil diterapkan, tidak hanya mempertimbangkan kenyamanan pengguna pada ruang privat (unit rumah), tetapi juga perlu merancang ruang yang dapat mewadahi aktivitas sosial penghuninya. Elemen-elemen yang perlu diperhatikan dalam menghasilkan prinsip merancang apartemen neighbourhood adalah bentuk massa bangunan, ruang komunal, sirkulasi, dan fasilitas pendukung. Bentuk bangunan yang berongga-rongga dapat memungkinkan terciptanya jalur penghubung bangunan yang dapat dimanfaatkan sebagai ruang interaksi bagi penghuni. Keberadaan ruang komunal dapat menjadi wadah interaksi penghuninya, sehingga dapat meningkatkan kualitas kehidupan sosial penghuninya. Sirkulasi di dalam apartemen perlu dirancang dengan nyaman dan aman, sehingga para penghuni dapat beraktivitas dan berinteraksi dengan nyaman dan aman. Selain itu, salah satu elemen penting lainnya adalah tersedianya fasilitas pendukung yang dapat menjadi wadah untuk para penghuni melakukan aktivitas sosial.

### 6. REFERENSI

- [1] Azizah, A. *Gaya Hidup Individualisme di Masyarakat*. [Online] from <https://www.kompasiana.com/aningg/5816d811bc9373b90a56fba/gaya-hidup-individualisme-di-masyarakat> (2016). [diakses 31 Oktober 2021].
- [2] Riyono, Sharon, M. *Landasan Konseptual dan Perancangan Apartemen di Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta: Atma Jaya Yogyakarta [Online] <http://e-journal.uajy.ac.id/6220/6/TA613704.pdf> (2014). [diakses 31 Oktober 2021]
- [3] Aydın, D, Büyüksahin S, Sıramkayab. *"Neighborhood" Concept And The Analysis Of Differentiating Sociological Structure With The Change Of Dwelling Typology*. Turkey: Selcuk University. (2013).
- [4] Lia, L. *Tahukah Anda Perbedaan Antara Rumah Susun, Apartemen, dan Kondominium?* [Online] from <https://blog.spacestock.com/tahukah-anda-perbedaan-antara-rumah-susun-apartemen-dan-kondominium/>. (2018). [diakses 31 oktober 2021].
- [5] Akmal, I. *Menata Apartemen*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama. (2007).
- [6] Iwawo, P, dkk. *Neighbourhood Cultural Center di Manado*. Manado : Universitas Sam Ratulangi. [Online] <https://media.neliti.com/media/publications/66221-ID-none.pdf> [diakses 30 Oktober 2021]
- [7] Director of Planning Service. *Neighbourhood Planning and Design Standarts*. New York: Organizational Purpose Statements. (2013).
- [8] ArchDaily. 2016. [Online] <https://www.archdaily.com/800832/skyville-woha>, (2016) [diakses: 31 Maret 2021]
- [9] 99.co. 2019. [Online] <https://www.99.co/singapore/condos-apartments/one-pearl-bank> (2019) [diakses 13 September 2021]
- [10] Shabrina, M. N. *Perancangan kampung Vertikal di Kampung Gambiran Kota Yogyakarta*. Yogyakarta: Universitas Islam. (2019).
- [11] Reza, A, dkk. *Rusun Penjaringan, Jakarta Vertical Kampung*. Retrieved from Rumah Yu Sing: <http://rumah-yusing.blogspot.com/2013/07/rusun-penjaringan-jakarta-vertical.html>. (2013). [diakses 25 September 2021]

# Pengaturan Tegangan Output Throttle Pada Controller BLDC Berdasarkan Jarak Obyek Menggunakan Perangkat Lunak Proteus

Agung Saputra<sup>1\*</sup>, Vector Anggit Pratomo<sup>1</sup>, dan Gunady Haryanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jl. Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta, 12640

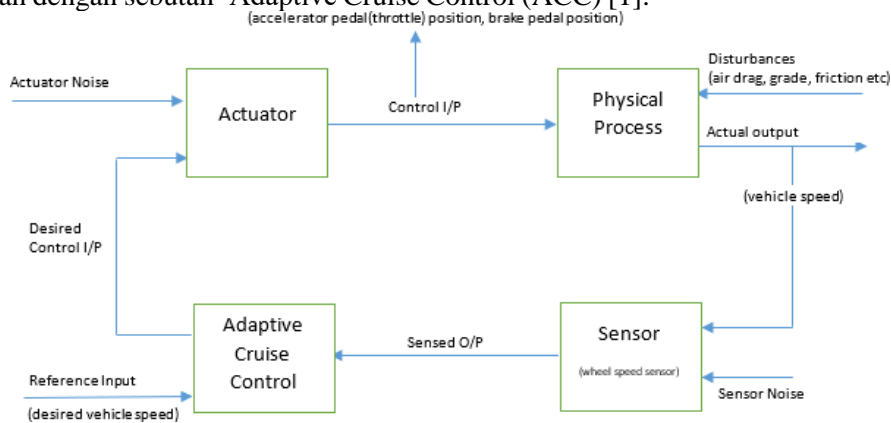
\* *Corresponding author:* [agung@univpancasila.ac.id](mailto:agung@univpancasila.ac.id)

**Abstrak.** Mobil merupakan kendaraan angkutan darat yang umum di abad ke-21 ini. Kendaraan ini memainkan peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Saat ini istilah Cruise Control mengacu pada konsep membantu pengemudi dalam mengendalikan kendaraan bergerak lurus untuk menghindari kecelakaan atau tabrakan didepannya. Dalam penelitian ini, kami mengusulkan pengembangan Adaptive Cruise Control menggunakan perangkat yang lebih murah, juga dapat meningkatkan kemudahan penggunaan dan menambah fitur lain di dalamnya. Tujuan dalam penelitian ini untuk membangun sistem semi otonom yang membantu pengemudi untuk mengendalikan laju kendaraan dengan menggunakan sensor ultrasonic. Indikasi peringatan (LCD) diberikan pada saat kendaraan mendekati obyek didepannya. Saklar digunakan untuk memastikan kendaraan bergerak secara semi otomatis. Pengembangan model penelitian ini menggunakan perangkat lunak proteus guna mengendalikan tegangan yang dikeluarkan oleh throttle untuk mengendalikan kontroller motor BLDC (Brushless DC). Kecepatan kendaraan listrik di set di awal dan mengikuti secara otonom yang tergantung dari jarak yang terbaca sensor terhadap obyek di depannya. Sensor HC-SRF04 sebagai sensor jarak mengukur obyek didepan kendaraan. Pengujian secara keseluruhan terhadap sistem menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan penyesuaian nilai tegangan terhadap jarak obyek yang terbaca oleh sensor HC-SR04. Penyesuaian tegangan keluaran mengikuti jarak obyek yang terbaca. Semakin dekat obyek akan semakin kecil nilai tegangan keluarannya.

**Kata kunci**—BLDC, HC-SR04, ACC

## 1. PENDAHULUAN

Di tahun 1970-an ketika mobil sudah menjadi transportasi yang umum di Amerika, muncul ide pengendalian kecepatan mobil menggunakan perangkat ‘cruise control’. Cruise control adalah salah satu teknologi yang diterapkan pada mobil dengan fungsi mengatur kecepatan mesin stabil tanpa membutuhkan pijakan pedal gas. Fitur ini memungkinkan mobil untuk tetap bergerak dengan kecepatan yang stabil tanpa kaki harus menginjak pedal gas. Cruise control kerap juga disebut sebagai speed control atau juga autocruise. Meskipun namanya berbeda, namun fungsinya tetap sama saja. Fungsi cruise control ini semakin lama tidak memadai dan tidak praktis dengan pertimbangan kondisi lalu lintas di jalan raya yang semakin padat. Dengan alasan tersebut, versi yang lebih baik dikembangkan dengan sebutan ‘Adaptive Cruise Control (ACC) [1].

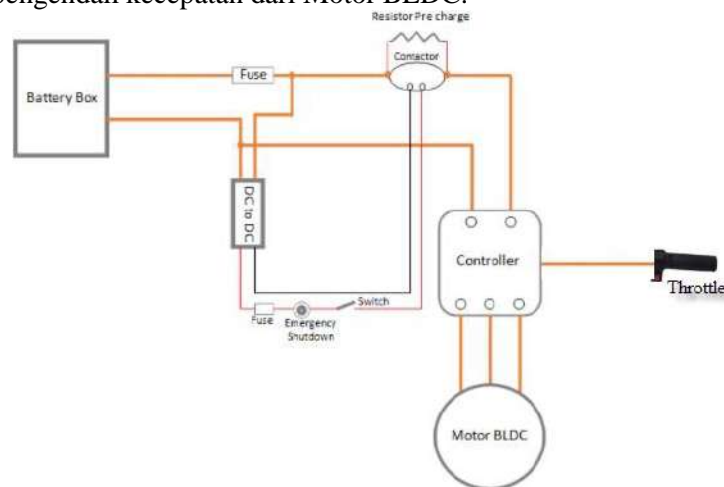


**Gambar 1.** Desain Sistem Adaptive Cruise Control

Pengendalian pada adaptive cruise control didasarkan pada informasi sensor ultrasonic, radar atau

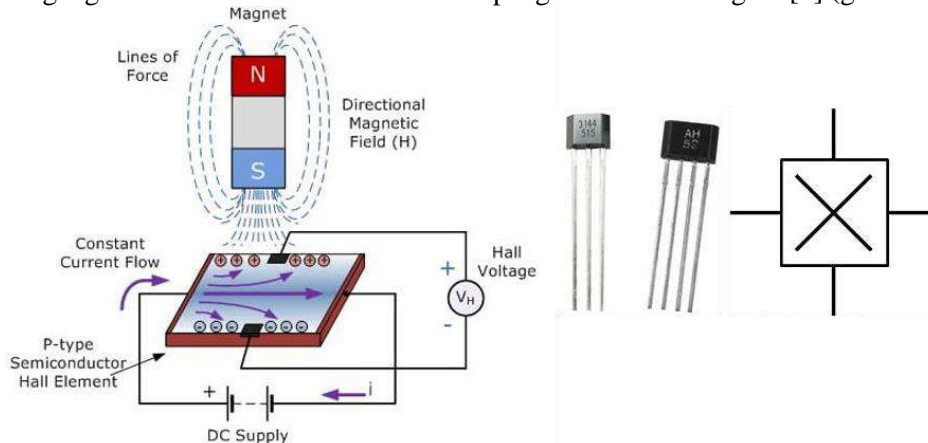
kamera yang diletakkan di depan mobil untuk mengukur jarak dengan obyek didepannya. Dengan adanya sensor tersebut memungkinkan mobil mengurangi kecepatannya sesuai jarak aman yang telah ditetapkan oleh pengembangnya. Adaptive Cruise Control tidak memberikan kendali penuh [2], sistem ini hanya memberikan bantuan kepada pengemudi untuk menambah aman dan nyaman dalam berkendara. Teknologi ini pula dapat disandingkan dengan teknologi kotak hitam (black box). Kotak hitam ini mencatat segala informasi yang didapatkan dari sensor dan dapat digunakan kembali untuk menganalisis penyebab kecelakaan yang terjadi di jalan raya [3].

Gambar 1. merupakan gambaran umum dari perancangan sistem implementasi praktis pada Adaptive Cruise Control (ACC) di mobil. Dari gambaran tersebut, jelas bahwa setiap perangkat yang berbeda saling bekerja sama membentuk jaringan data tertutup dimana satu sama lain sinkron [4]. Komponen kendaraan listrik secara umum terdiri dari battery, kontroler, motor BLDC dan komponen pendukung lainnya seperti switch, sikring, throttle dan lain sebagainya (gambar 1). Battery sebagai sumber energi untuk menggerakkan motor BLDC dan komponen kelistrikan lainnya, kontroler berfungsi sebagai pengendali kecepatan dari Motor BLDC.



**Gambar 2.** Komponen dasar kendaraan listrik

Kontroler merupakan komponen pembagi yang ada dalam kendaraan listrik, komponen ini merupakan pusat pengaturan dari instalasi listrik yang ada dalam kendaraan listrik, dimana arus yang masuk dari Akumulator dibagi untuk pemakai meliputi dinamo, lampu dan indikator lain yang ada pada speedometer. Throttle atau disebut dengan handle gas pada motor/sepeda, sedangkan pada mobil disebut dengan pedal gas. Throttle pada kendaraan listrik merupakan komponen penting yang menghubungkan gerakan mekanik tangan untuk mengatur kecepatan motor BLDC. Prinsip kerja Throttle mengatur tegangan tetap yang masuk menjadi tegangan yang berubah – ubah keluar sesuai dengan putaran mekanik pada Throttle. Tegangan dari Throttle tersebut akan digunakan oleh kontroler BLDC sebagai referensi untuk membangkitkan sinyal pulsa PWM yang akan disalurkan ke motor BLDC untuk menciptakan putaran [5]. Komponen elektronik utama dalam Throttle adalah sensor efek hall, dimana tegangan keluaran akan berubah karena pengaruh medan magnet [6] (gambar 3).



**Gambar 3.** Sensor efek hall, komponen, simbol

Saat ini kendaraan listrik sudah banyak beredar di jalan raya, kendaraan listrik tersebut dapat berupa



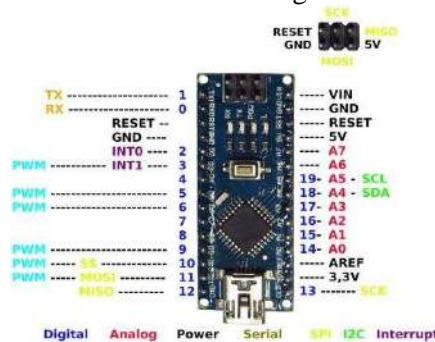
mobil, motor maupun sepeda yang dipasang BLDC pada rodanya. Pada kendaraan listrik yang maju, komponen pelindung keselamatan terhadap tabrakan di depan sudah mulai banyak diterapkan dengan menggunakan sensor jarak yang akan mengendalikan kecepatan, namun umumnya masih banyak yang belum menyertakan fitur tersebut. Pada penelitian yang dilakukan ini, peneliti melakukan penambahan fitur pengendalian kecepatan putaran motor BLDC dengan melakukan perubahan tegangan keluaran dari Throttle berdasarkan jarak obyek didepan menggunakan sensor ultrasonic HC-SR04. Pengujian akan dilakukan dengan melakukan peletakan halangan didepan sensor dengan mengukur tegangan yang dihasilkan oleh mikrokontroller.

## 2. METODE PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan mengenai komponen utama yang digunakan dalam penelitian serta algoritma yang digunakan untuk mendapatkan pengaruh jarak terhadap perubahan tegangan yang dihasilkan oleh mikrokontroller.

### a. Arduino Nano

Arduino nano adalah papan pengembangan mikrokontroller yang berbasis chip ATmega328P. Arduino Uno memiliki 14 digital pin input / output (atau biasa ditulis I/O, dimana 14 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM antara lain pin 0 sampai 13), 6 pin input analog, menggunakan crystal 16 MHz antara lain pin A0 sampai A7, koneksi USB, header ICSP dan tombol reset. Hal tersebut adalah semua yang diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroller.

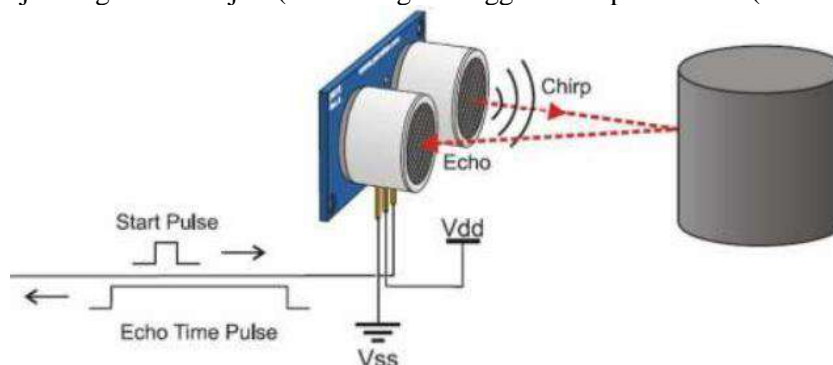


Gambar 4. Mikrokontroller Arduino Uno

### b. Sensor Ultrasonik (HC-SR04)

Prinsip kerja sensor Ultrasonik adalah “mengeluarkan gelombang suara pada frekuensi yang terlalu tinggi untuk didengar manusia”. Lalu jaraknya dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan gelombang suara untuk dipantulkan kembali dari objek. Ini sama seperti bagaimana radar mengukur waktu yang dibutuhkan gelombang radio untuk kembali setelah mengenai suatu objek. Jika jarak tertentu dari sensor perlu diukur, ini dapat dihitung berdasarkan rumus ini:  $Jarak = \frac{1}{2} T \times C$  ( $T$  = Waktu dan  $C$  = kecepatan suara). Prinsip kerja Sensor Ultrasonik:

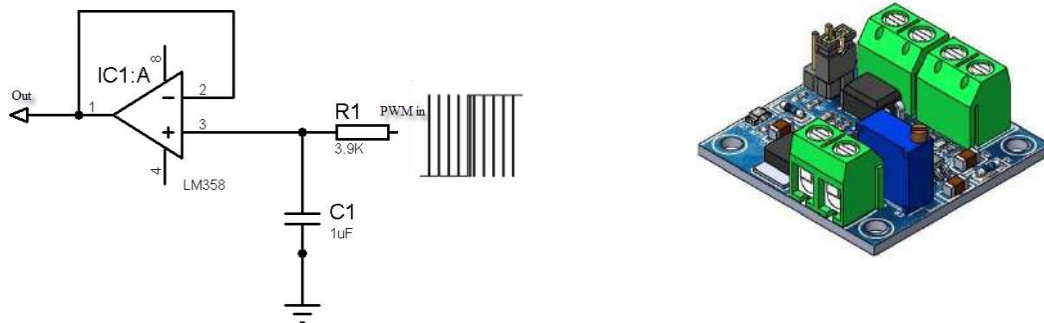
1. Menggunakan pemacu IO untuk setidaknya sinyal level tinggi 10us.
2. Modul secara otomatis mengirimkan gelombang frekuensi 40 kHz dan mendeteksi ada tidaknya sinyal pulsa kembali (objek target).
3. JIKA sinyal kembali, melalui level tinggi, waktu durasi IO output tinggi adalah waktu dari pengiriman gelombang ultrasonik untuk menerima kembali gelombang setelah dipantulkan oleh objek target.  $Jarak\ uji = (waktu\ tingkat\ tinggi \times kecepatan\ suara\ (340M / S)) / 2$  [7].



Gambar 5. Prinsip kerja sensor ultrasonik

### c. Modul Pengubah Sinyal PWM ke Sinyal Analog

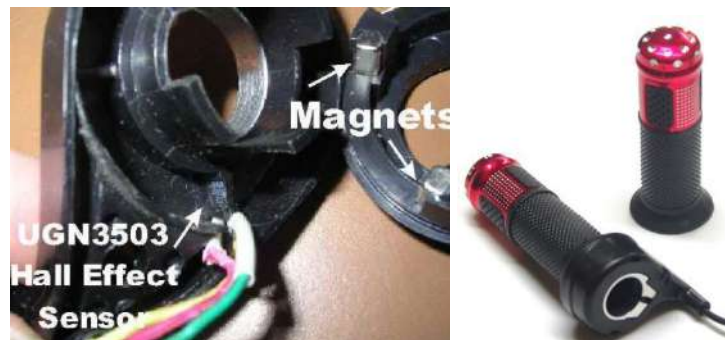
Modul tegangan pengubah LC PWM LC-LM358-PWM2V [8] dapat mengubah sinyal pulsa PWM menjadi sinyal analog 0 hingga 10 v. Prinsip kerja pengubah sinyal PWM ke sinyal analog dengan mengandeng resistor dan kapasitor yang dikuatkan oleh LM358 sebagai penguat sinyal (gambar 6).



**Gambar 6.** Modul Pengubah Sinyal PWM ke Sinyal Analog

**d. Throttle Position Sensor Tipe Hall Effect**

Throttle position sensor tipe hall effect bekerja dengan memanfaatkan hall effect sensor. Hall effect akan bereaksi apabila dekat dengan sebuah magnet. Oleh karena itu ketika throttle valve berubah posisi, hall effect akan bekerja dan mengakibatkan tegangan output berubah-ubah [9].



**Gambar 7.** Throttle Position Sensor Tipe Hall Effect

**e. Mekanisme perhitungan sensor HC-SR04 terhadap keluaran sinyal analog**

Secara umum, algoritma mekanisme perhitungan keluaran sinyal analog dengan menggunakan sensor halleffect ditunjukkan pada gambar 7. Pada rancangan yang dilakukan, ada dua mode yaitu mode manual dan mode ACC (mode otomatis/Adaptive Cruise Control). Pada mode manual, pengguna dapat melakukan penambahan dan pengurangan kecepatan dengan merubah putaran Throttle. Sedangkan pada mode ACC, penambahan dan pengurangan dengan menekan tombol UP dan Down. Pengurangan kecepatan berdasarkan jarak obyek yang di deteksi oleh HC-SR04 yang kemudian akan mengurangi duty cycle pulsa PWM bila obyek yang dideteksi semakin mendekat. Ada 5 kondisi yaitu kondisi aman, kondisi siap, kondisi siaga, kondisi bahaya dan kondisiberhenti. Jarak maksimum yang dapat di deteksi oleh sensor HC-SR04 maksimum 4 meter (ref datasheet), sehingga dimana kondisi aman bila jarak obyek di atas 4 meter yang mengakibatkan tegangan maksimum untuk inputan ke kontroler BLDC. Jarak antara 4 s.d 3 meter memberikan 75% tegangan maksimum, jarak 3 sd 2 meter memberikan 50% tegangan maksimum, jarak 2 sd 1 meter memberikan 25% tegangan maksimum dan apabila jarak dibawah 1 meter akan memberikan tegangan nol.

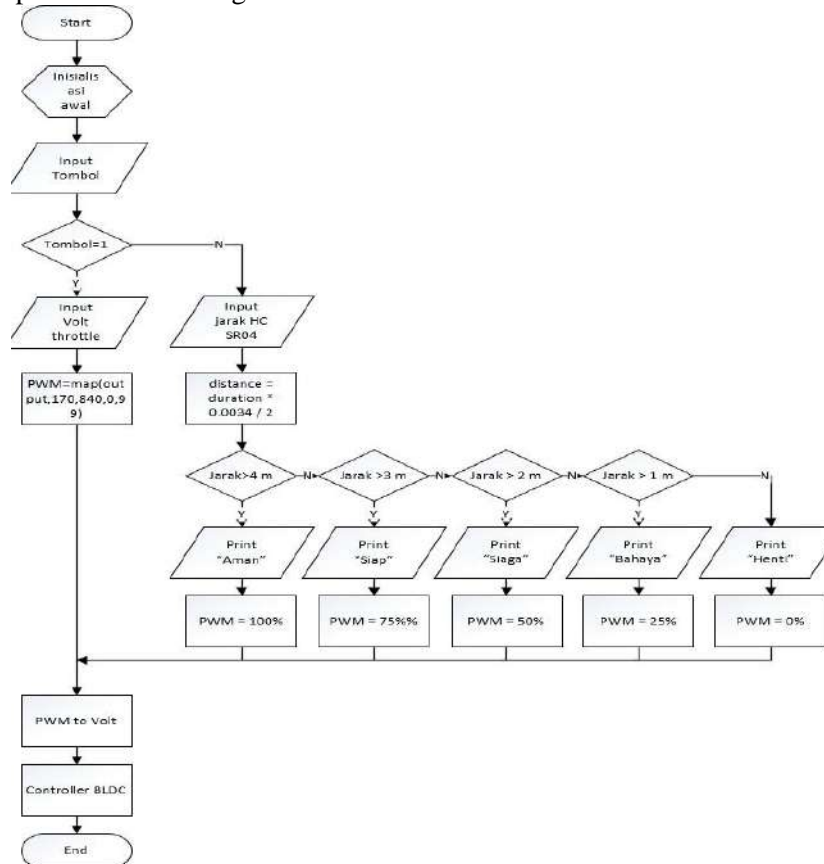
**f. Diagram blok sistem**

Dalam mengaplikasikan sensor HC-SR04 sebagai pengukur jarak, maka variabel yang menjadi subjek adalah jarak obyek. Perancangan dan realisasi rangkain pendukung sistem meliputi rangkaian sensor jarak, Throttle hall effect, tombol sebagai masukan sistem dan PWM to Volt sebagai keluaran. Setiap perubahan jarak yang terbaca oleh HC-SR04 akan diolah oleh mikrokontoller untuk merubah nilai keluaran berbentuk sinyal PWM (gambar 8).

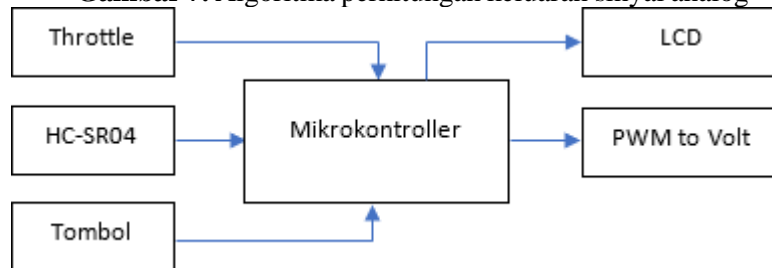
**g. Rangkaian kontrol simulasi**

Untuk mencapai tujuan penelitian yang telah di tetapkan, dibuat rangkaian menggunakan perangkat lunak simulasi proteus. Tujuan simulasi tersebut, guna memastikan perangkat dapat berjalan dengan

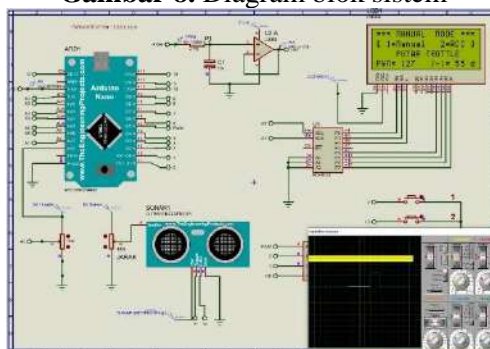
baik pada rangkaian sebenarnya. Rangkaian simulasi terdiri dari mikrontroller Arduino nano yang dihubungkan denganmasukan yang terdiri dari sensor HC-SR04, throttle yang diwakili oleh variable resitor dan tombol pemilihanmenu. Mikrokontroller memberika sinyal keluaran kepada LCD 20x4 dan rangkaian pwm to voltage yang terdiri dari IC LM358. Rangkaian keseluruhan dari diagram blok tersebut dapat di perlihatkan dalam gambar 9 berikut



**Gambar 7.** Algoritma perhitungan keluaran sinyal analog



**Gambar 8.** Diagram blok sistem



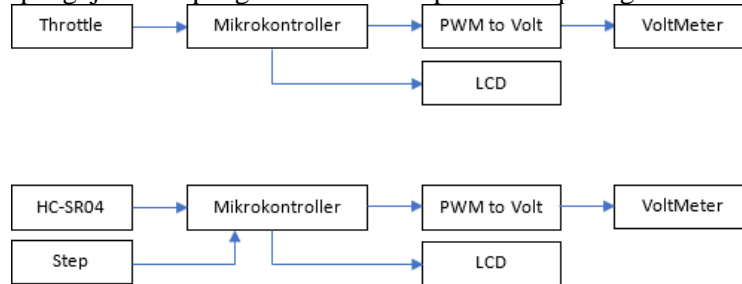
**Gambar 9.** Rangkaian keseluruhan

### 3. HASIL PENGUJIAN

Bagian ini akan menjelaskan mengenai mekanisme pengujian dan pengambilan data serta pembahasan dan analisis data percobaan yang didapat.

#### a. Mekanisme pengujian dan pengambilan data

Pengujian dilakukan dengan menempatkan obyek penghalang didepan sensor HC-SR04. Proses kalkulasi dan pengambilan data sensor dilakukan menggunakan mikrokontroler Arduino UNO. Secara detail diagram blok pengujian dan pengambilan data dapat dilihat pada gambar 10 berikut :



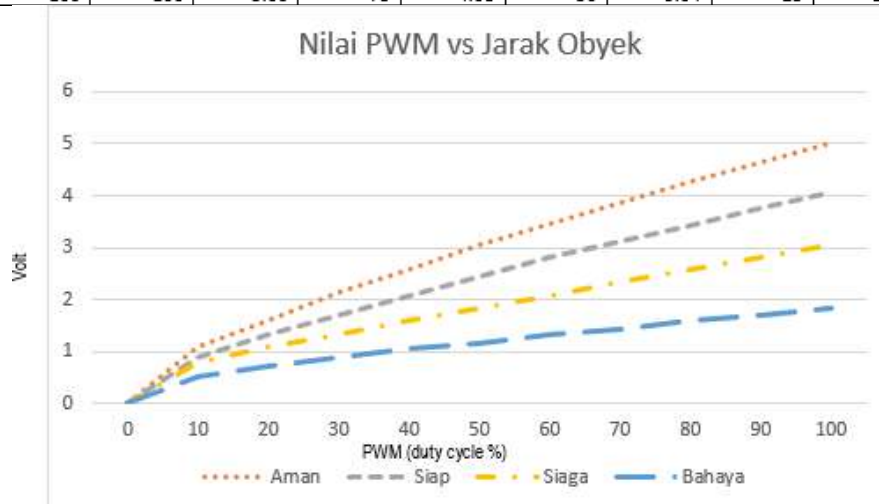
Gambar 10. Diagram blok pengujian dan pengambilan data

#### b. Pengujian

Pada tahap ini, sistem akan menguji fungsi ACC (adaptive cruise control) dengan memberikan obyek didepan sensor HC-SR-04. Fungsi ACC dapat digunakan bila menekan tombol ACC, kemudian menekan tombol UP untuk menambah sinyal PWM pada mikrokontroler dan melihat tegangan yang keluar dari konverter PWM to Volt. Tabel 1 berikut merupakan hasil dari pengujian jarak sensor HC-SR04 terhadap obyek yang berubah-ubah dibandingkan dengan kenaikan nilai PWM secara bertahap (menaikkan set nilai PWM dengan menekan tombol UP) yang terbaca pada pengukuran tegangan yang keluar dari konverter PWM to Volt sebagai masukan bagi kontroler BLDC.

Tabel 1. Perbandingan Input PWM dengan Jarak Obyek

Input PWM (duty cycle %)	jarak > 4 meter		3 > jarak > 4 meter		2 > jarak > 3 meter		1 > jarak > 2 meter	
	Output PWM (duty cycle %)	Tegangan (volt)	Output PWM (duty cycle %)	Tegangan (volt)	Output PWM (duty cycle %)	Tegangan (volt)	Output PWM (duty cycle %)	Tegangan (volt)
0	10	0	0	0	0	0	0	0
10	10	1.08	7	0.88	5	0.77	2	0.52
20	20	1.60	15	1.32	10	1.08	2	0.72
30	30	2.12	22	1.68	15	1.32	7	0.88
40	40	2.59	30	2.08	20	1.60	10	1.04
50	50	3.04	37	2.44	25	1.84	12	1.16
60	60	3.45	45	2.80	30	2.08	15	1.32
70	70	3.88	52	3.12	35	2.35	17	1.44
80	80	4.27	60	3.44	40	2.58	20	1.60
90	90	4.64	67	3.76	45	2.80	22	1.68
100	100	5.00	75	4.08	50	3.04	25	1.84



Gambar 11. Grafik keluaran tegangan terhadap perubahan PWM dan Jarak

Hasil pengujian pada gambar 11 sebagai refresentasi tabel 1 menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan penyesuaian nilai PWM terhadap jarak obyek yang terbaca oleh sensor HC-SR04. Penyesuaian tegangan keluaran mengikuti jarak obyek yang terbaca. Semakin dekat obyek akan semakin kecil nilai tegangan keluaranya.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang dapat ditarik menjadi kesimpulan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Pengujian secara keseluruhan terhadap sistem menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan penyesuaian nilai PWM terhadap jarak obyek yang terbaca oleh sensor HC-SR04. Penyesuaian tegangan keluaran mengikuti jarak obyek yang terbaca. Semakin dekat obyek akan semakin kecil nilai tegangan keluaranya.
2. Penggunaan throttle gas dengan sensor hall effect pada kendaraan listrik sebagai masukan pada kontroler BLDC dapat dikombinasikan dengan sistem ACC untuk meningkatkan fungsi semi otonom yang sudah ada sebelumnya

#### 5. REFERENSI

- [1] Paul John King et al. (2000), Adaptive cruise control system
- [2] Giulio Francesco Bianchi Piccinini et al. (2014), Driver's behavioral adaptation to Adaptive Cruise Control (ACC): The case of speed and time headway
- [3] Naveen Kumar B, 2017, "Adaptive Cruise Control & Automobile Black Box – Team Code Chef – PES University", <https://www.slideshare.net/naveenkumar1128/adaptive-cruise-control-automobile-black-box-team-code-chef-pes-university-78222426> , diakses pada 15 Agustus 2021 pukul 19.00
- [4] Wei Yang, 2018, "Potential field-based hierarchical adaptive cruise control for semi-autonomous electric vehicle", [https://www.researchgate.net/figure/The-control-architecture-of-the-ACC-system-ACC-adaptive-cruise-control\\_fig1\\_327584473](https://www.researchgate.net/figure/The-control-architecture-of-the-ACC-system-ACC-adaptive-cruise-control_fig1_327584473), diakses pada 10 Agustus 2021 pukul 20.00
- [5] Akbar, D., Riyadi, S. Pengaturan kecepatan pada motor brushless menggunakan PWM. Seminar nasional instrumentasi, control dan otomasi. 2018.nu Akbar
- [6] E. Ramsden, Hall-Effect Sensors: Theory and Applications, 2nd ed. Burlington: elsavier, 2006.
- [7] Muharmen Suari, Pengujian Sensor Jarak HC-SR04 Pada Percobaan Gerak Lurus Suatu Benda, Jurnal NaturalScience, Vol 4. No.2 (2018)
- [8] Elektronoobs, 2020, "Arduino PWM + Filter", [https://electronoobs.com/eng\\_circuitos\\_tut53.php](https://electronoobs.com/eng_circuitos_tut53.php), diakses pada 30Agustus 2021 pukul 10.00
- [9] Infineon Technologies : Throttle Position Sensing with Linear Hall Sensors, V 1.0, Neubiberg, Germany, 2009

# Perancangan Alat Pengatur Kualitas Air Pada Kolam Ikan Koi Berbasis Arduino

Ainil Syafitri<sup>1</sup>, Rafi Rahmat Firdaus<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

\* Corresponding author: [ainil\\_syafitri@gmail.com](mailto:ainil_syafitri@gmail.com)

**Abstrak.** Perkembangan Ikan koi (*Cyprinus carpio*) berkembang sangat pesat di Indonesia dan bahkan di dunia, oleh karena itu semakin banyak orang-orang yang memelihara dan membudiyakannya. Pemeliharaan ikan koi (*Cyprinus carpio*) biasa dilakukan di empang dan di kolam yang diletakan disekitar pekarangan rumah, oleh karena itu air pada kolam ikan koi mudah berubah kualitas airnya dikarenakan perubahan suhu, terpapar sinarmatahari, tercampur dengan air hujan dan sebagainya. Pada studi ini dirancang sebuah sistem yang dapat mengatur kualitas air pada kolam ikan koi, khususnya menjaga nilai pH pada kolam ikan koi tetap stabil. Sistemini menggunakan Arduino Uno R3 sebagai pengendali, sensor MSP340 untuk pH, sensor DS18B20 untuk suhu, 2 pompa DC brushless submersible sebagai pengatur nilai pH dengan cara menambahkan cairan daun ketapang dan cairan backing soda. Pompa asam aktif saat nilai pH 8,21 - 14,00, dan pompa basa aktif saat nilai pH 0 - 6,99. Dari hasil pengujian didapat sensor pH MSP340 memiliki akurasi sebesar 95,53%, pada pompa asam memiliki response time 0,83 detik dan untuk pompa basa memiliki response time 0,88 detik. Dan waktu aktif yang dibutuhkan pompa basa saat nilai pH 6.93 adalah 5,39 detik dan pompa asam saat nilai pH 8.27 adalah 3,41 detik.

**Kata kunci**—Ikan koi, pH, Sensor MSP340, Arduino Uno R3, Pompa DC Brushless Submersible

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan Ikan koi (*Cyprinus carpio*) berkembang sangat pesat di Indonesia dan bahkan didunia, oleh karena itu semakin banyak orang-orang yang memelihara dan membudiyakannya. Menurut M. Nasir (2016) ikan koi (*Cyprinus carpio*) adalah salah satu jenis ikan hias air tawar yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi, karena jenis ikan ini sangat digemari keindahan fisik dan tingkah lakunya oleh masyarakat sehingga banyak dijadikan hewan peliharaan. Pemeliharaan ikan koi (*Cyprinus carpio*) biasanya dilakukan di empang dan di kolam yang diletakan di sekitar pekarangan rumah. Karena diletakan di sekitar pekarangan rumah, air pada kolam ikan koi jadi mudah berubah kualitas airnya dikarenakan perubahan suhu, terpapar sinar matahari, tercampur dengan air hujan dan sebagainya. Oleh karena itu ikan koi (*Cyprinus carpio*) mudah terserang penyakit dan bahkan sampai menyebabkan kematian pada ikan koi (*Cyprinus carpio*) [1]. Untuk menghindari penyakit pada ikan koi (*Cyprinus carpio*) adalah dengan mengatur kualitas air pada kolam ikan koi. Hal-hal yang perlu di perhatikan dalam menjaga kualitas air pada kolam ikan yaitu perlu di perhatikan pH air, suhu air, kadar oksigen, Ammonia, Nitrit, Nitrat didalam air agar tetap stabil. PH air yang ideal untuk kolam ikan koi berkisar antara 7,5 sampai 8,3, walaupun dalam pH 7,0 sampai 8,5 ikan koi masih dapat hidup [2].

Ammonia (NH<sub>3</sub>) adalah zat yang paling berbahaya bagi ikan koi jika terlarut didalam air kolam dengan kadar yang melampaui batas. Ammonia merupakan senyawa kimia yang terdapat pada kotoran dan urin yang dikeluarkan oleh ikan koi melalui anus, Ammonia juga di lepas melalui insang ikan koi sebagai kotoran hasil pencernaan protein. Dan dalam parameter air yang ideal pada kolam ikan koi, hal yang harus di perhatikan adalah kandungan Nitrit dan Nitrat dalam air. Karena kedua senyawa ini bisa membahayakan ikan koi jika kandungan senyawa ini terlalu banyak terdapat di dalam kolam ikan koi [4].

Beberapa penelitian telah dilakukan yang berkaitan dengan alat pengatur kualitas air diantaranya penelitian [9] yang membahas alat prototipe sistem sensor keasaman air untuk aplikasi pengontrolan kondisi air tambak udang yang membahas pengontrolan tingkat keasaman air pada tambak udang menggunakan pH meter dan kertas lakmus sebagai bahan pengujian.

Dalam penelitian ini menggunakan sensor pH MSP340 dengan arduino uno R3 sebagai pengendali, yang dimana sensor pH MSP340 akan membaca nilai pH dari kolam ikan koi dengan cara mendeteksi banyaknya ion H<sup>+</sup> dari suatu cairan. Dalam pembuatan alat pengatur kualitas air yang menggunakan

sensor pH MSP340 untuk mendeteksi nilai pH pada kolam ikan koi. Penelitian ini memodifikasi penelitian sebelumnya dengan menambahkan pompa brushless submersible DC untuk menambahkan cairan daun ketapang maupun cairan backing soda yang tidak dibahas pada penelitian sebelumnya [9].

Power of Hydrogen adalah jumlah konsentrasi ion Hidrogen ( $H^+$ ) pada larutan yang menyatakan tingkat keasaman dan kebasaan yang dimiliki, Power of Hydrogen merupakan besaran fisis dan diukur pada skala 0 sampai 14 [14]. Bila nilai derajat keasaman kurang dari 7 larutan bersifat asam, saat nilai derajat keasaman lebih besar dari 7 larutan tersebut bersifat basa dan saat nilai derajat keasaman sama dengan 7 maka larutan bersifat netral [15]. Power of Hydrogen sama dengan 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi, dan Power of Hydrogen sama dengan 14 menunjukkan derajat kebasaan yang tinggi. Umumnya indikator sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila keasamannya rendah. Selain menggunakan kertas lakmus, indikator asam basa dapat diukur dengan pH meter yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit atau konduktivitas suatu larutan. Sistem pengukuran Power of Hydrogen mempunyai tiga bagian yaitu electrode pengukuran pH, electrode referensi dan alat pengukur impedansi tinggi. Istilah pH berdasarkan dari (p) lambang matematika dari negative logaritma dan (H) lambang kimia dari unsur Hydrogen.

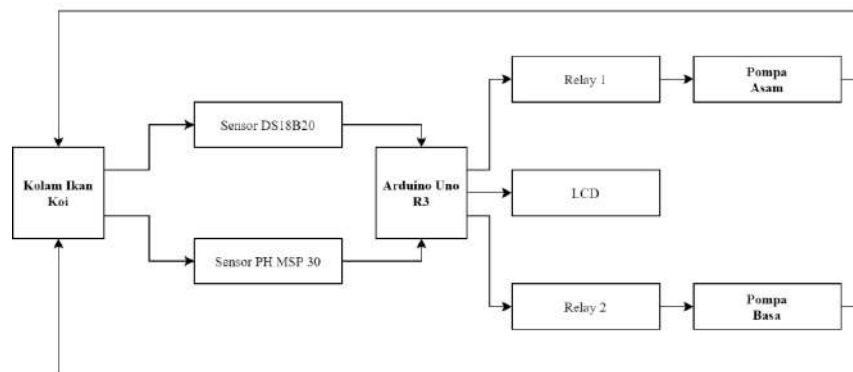
Arduino adalah sistem punarupa elektronik yang fleksibel dan mudah digunakan, baik dari sisi hardware maupun software. Arduino didefinisikan sebagai sebuah platform elektronik yang open source, berbasis hardware dan software yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk seniman, desainer, hobbies, dan setiap orang yang tertarik dalam membuat sebuah objek atau lingkungan yang interaktif [11]. Diluar itu, keunggulan arduino adalah jumlah pemakai yang sangat banyak sehingga tersedia pustaka kode program maupun modul pendukung dalam jumlah yang sangat banyak.

## 2. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan dan implementasi sistem pengatur kualitas air pada kolam ikan koi pada penelitian ini terdiri dari perancangan perangkat keras (hardware) dan perancangan perangkat lunak (software).

### a. Perancangan Perangkat Keras

Berikut merupakan diagram blok dari sistem pengatur kualitas air seperti pada gambar 1. Sistem pengatur kualitas air pada penelitian ini dirancang menggunakan pengendali mikrokontroler Arduino uno R3 sebagai pusat kendali yang terhubung dengan beberapa sensor untuk mengukur nilai Power of Hydrogen dan nilai suhu air pada kolam ikan koi. Pengendali Arduino uno R3 berfungsi sebagai pusat pengendali yang bekerja untuk mengolah data dari hasil pembacaan data sensor pH MSP340 dan sensor suhu DS18B20 yang kemudian akan menampilkan hasil pembacaan melalui LCD. Arduino uno R3 juga berfungsi untuk mengaktifkan pompa brushless submersible DC yang dimana Arduino uno R3 memberikan perintah melalui Relay 2 channel.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

### b. Perancangan Perangkat Lunak

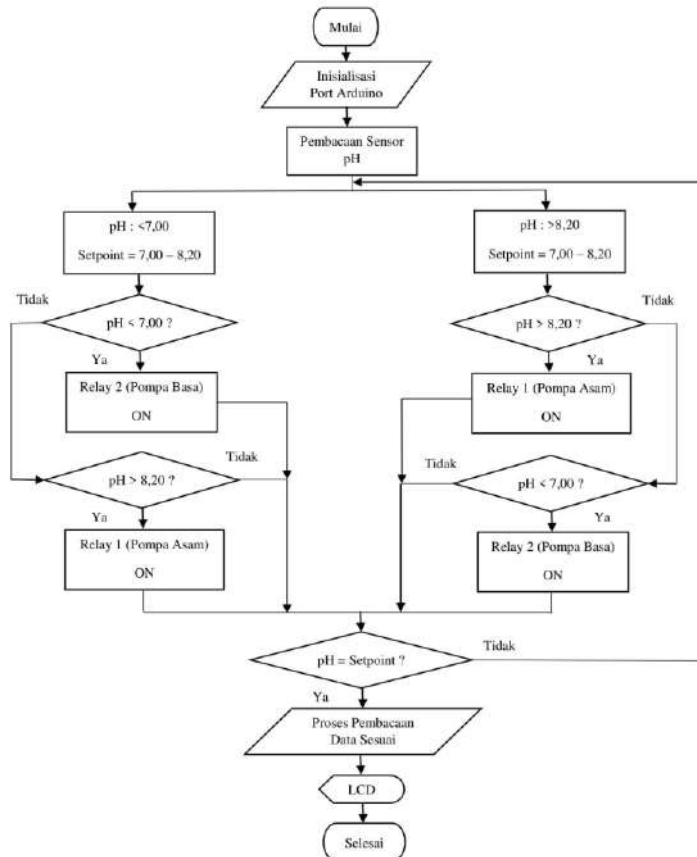
Perancangan perangkat lunak merupakan pemrograman pada pengendali mikro menggunakan Arduino IDE. Berikut ini diagram alir sistem ini. Gambar.2 diatas menunjukkan proses sistem dari pembacaan sensor pH yang kemudian data akan diolah oleh mikro Arduino uno R3 lalu menyalakan salah satu pompa brushless submersible DC dan kemudian ditampilkan oleh LCD.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

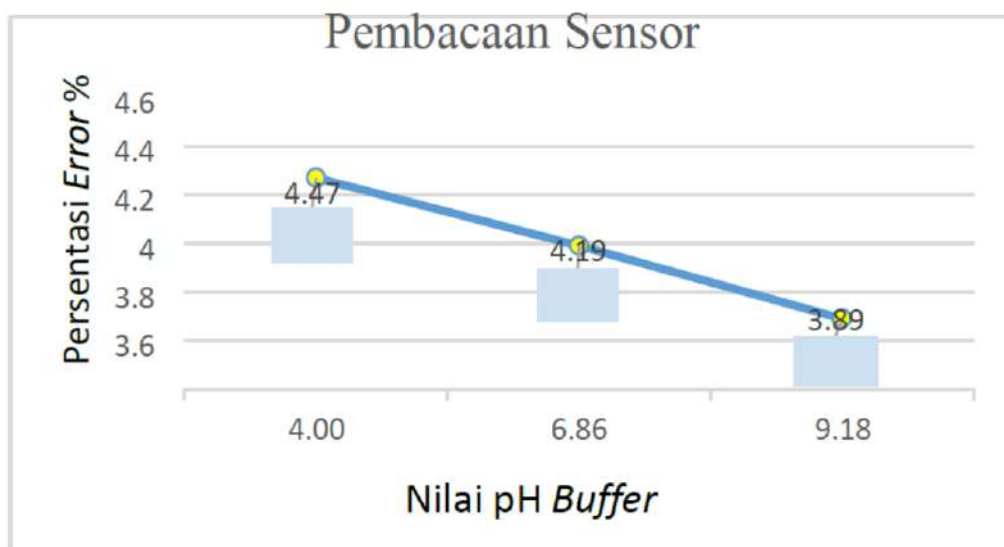
Pada bagian ini akan dibahas nilai keakuratan dari sensor pH MSP340 dengan menggunakan pH buffer 4.00, 6.86, dan 9.18 sebagai alat pembanding. Pada bagian ini juga akan dilakukan pengujian untuk melihat volume output setiap 1 detik pada pompa brushless submersible DC. Dan dilakukan pengujian untuk mendapatkan response time dari pompa terhadap nilai setpoint pH dan untuk mendapatkan waktu yang dibutuhkan pompa untuk membuat nilai pH kembali sesuai setpoint ketika nilai pH berubah.

#### a. Pengujian Sensor pH MSP340

Pengujian sensor pH MSP340 dilakukan dengan menggunakan pH buffer 4.00, 6.86, dan 9.18 dengan melakukan pengukuran nilai pH sebanyak 10 kali pengujian dari tiap pH buffer yang berbeda. Dan kemudiandihitung selisih nilai pH yang terbaca oleh sensor pH MSP340 dan nilai pH buffer.



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Pengatur Kualitas Air



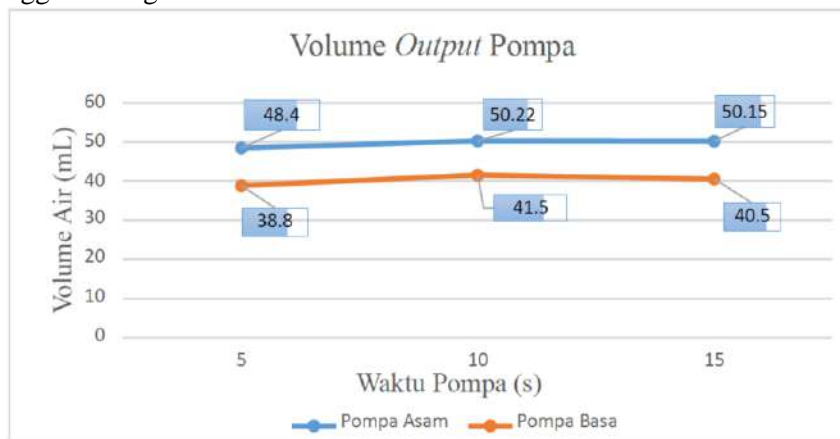
Gambar 3. Grafik Pengujian Sensor pH MSP340



Dari hasil pengujian yang dapat dilihat pada Gambar 3. Terlihat grafik hasil pengujian menyatakan pembacaan sensor pH untuk nilai pH buffer 4.00, 6.86, dan 9.18 memiliki selisih nilai error rata-rata kurang dari 5%. Dengan tingkat keakuratan sensor yang mencapai 95,53%.

**b. Pengujian Pompa Brushless Submersible DC**

Pengujian pompa brushless submersible dilakukan dengan menghubungkan pompa dengan relay 2 channel, waktu aktif yang digunakan pada pengujian ini dilakukan dengan tiga waktu yang berbeda dan dilakukan enam kali pengujian yang dimana tiga dilakukan pada pompa asam dan tiga dilakukan untuk pompa basa. Waktu aktif yang digunakan dalam pengujian ini yaitu selama 5, 10, dan 15 detik dan pengujian ini dilakukan dengan melihat berapa banyak volume air yang dikeluarkan dan diukur menggunakan gelas ukur.



**Gambar 4.** Grafik Pengujian Pompa Brushless Submersible DC

Dari Gambar 4. dapat dilihat hasil pengujian yang telah dilakukan, terdapat perbedaan jumlah volume air yang dikeluarkan oleh pompa asam dan pompa basa. Volume air rata-rata yang dikeluarkan oleh pompa asam dalam satu detik didapatkan hasil sebesar 49,59 mL, dan volume air rata-rata yang dikeluarkan oleh pompa basa dalam satu detik didapatkan hasil sebesar 40,27 mL. Setelah dilakukan pengujian didapatkan perbedaan volume air rata-rata yang dikeluarkan oleh pompa asam dan basa, perbedaan volumenya sebesar 9,23 mL.

**c. Pengujian Nilai pH Larutan Daun Ketapang dan Baking Soda**

Dalam sistem ini terdapat cairan yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan nilai pH dari air pada kolam ikan koi. Pengujian nilai pH larutan ini dilakukan dengan melakukan sepuluh kali pengukuran dari satu sampel yang sama menggunakan sensor pH MSP340, kemudian dicari rata-rata nilai pH larutan tersebut.

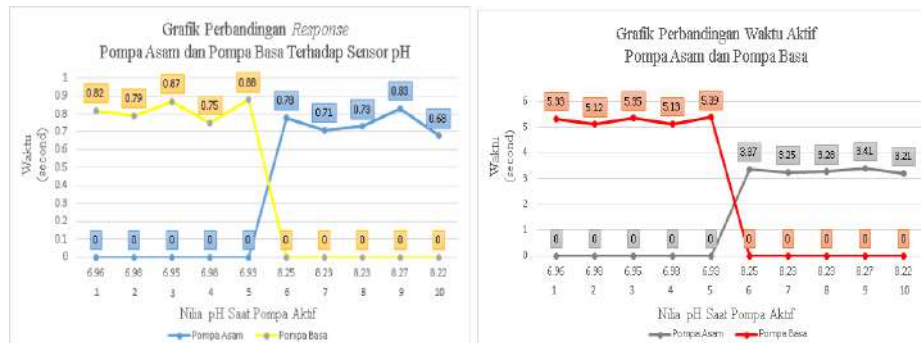
**Tabel 1.** Nilai pH Larutan

No	Nilai pH Larutan	
	Daun Ketapang	Baking Soda
1	7.11	8.15
2	7.14	8.15
3	7.09	8.21
4	7.12	8.18
5	7.21	8.23
6	7.18	8.20
7	7.12	8.15
8	7.11	8.13
9	7.18	8.19
10	7.12	8.21

Pada Tabel 1. dapat dilihat kedua larutan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai pH yang berbeda. Dimana untuk rata-rata nilai pH larutan daun ketapang didapatkan hasil sebesar 7.14, dan untuk rata-rata nilai pH larutan baking soda didapatkan hasil sebesar 8.18.

#### d. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan ini dilakukan dengan cara, membuat nilai pH pada aquarium menjadi sesuai set point yaitu pada pH 7.00 - 8.20. Yang kemudian ditambahkan cairan asam dan cairan basa sehingga nilai pH berubah menjadi diluar set point. Kemudian pada pengujian ini, melihat seberapa cepat response pompa ketika nilai pH berubah dan berapa waktu yang dibutuhkan oleh pompa untuk membuat nilai pH kembali menjadi sesuai set point.



**Gambar 5.** Grafik Perbandingan Response dan Waktu Aktif Pada Pompa

Dari Gambar 5. dapat dilihat bahwa response waktu yang dibutuhkan oleh pompa asam untuk aktif memerlukan waktu maksimal 0,83 detik setelah nilai pH berubah dari set point. Dan untuk pompa basa, response waktu yang dibutuhkan untuk aktif saat nilai pH berubah membutuhkan waktu 0,88 detik. Dan untuk waktu aktif yang dibutuhkan oleh pompa asam saat nilai pH berubah menjadi 8.27, waktu yang dibutuhkan pompa untuk membuat nilai pH kembali menjadi set point adalah 3,41 detik. Dan untuk waktu aktif yang dibutuhkan oleh pompa basa saat nilai pH berubah menjadi 6.93, waktu yang dibutuhkan adalah 5,39 detik.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Dari hasil pengujian yang menggunakan Arduino Uno R3 sebagai pengendali sensor dan pompa, sensor pH MSP340 yang menggunakan pH buffer 4.00, 6.86 dan 9.18 didapatkan error rata-rata sebesar kurang dari 4,47% yang dimana keakuratan sensor pH MSP340 yang digunakan cukup tinggi. Dan dari hasil pengujian volume output pompa DC Brushless Submersible 12 V DC terdapat perbedaan jumlah volume output rata-rata setiap 1 detik dari pompa asam dan pompa basa, yang dimana volume rata-rata dari pompa asam didapatkan hasil sebesar 49,59 mL dan untuk pompa basa didapatkan hasil sebesar 40,27 mL.
2. Dilihat dari grafik yang dihasilkan dari pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kedua pompa tidak memerlukan response time yang panjang, dimana dapat dilihat perbandingan waktu response yang dibutuhkan pada pompa asam hanya memerlukan waktu 0.83 second dan pompa basa yang membutuhkan waktu 0.88 detik.
3. Pada hasil pengujian yang dapat dilihat, perbandingan waktu aktif pompa asam untuk membuat nilai pH kembali menjadi set point membutuhkan 3,41 detik pada saat nilai pH 8.27. Dan untuk pompa basa membutuhkan waktu 5,39 detik pada saat nilai pH 6.93. Perbedaan waktu yang dibutuhkan kedua pompa dikarenakan perbedaan volume output setiap 1 detik dan nilai pH dari larutan yang digunakan.

#### 5. REFERENSI

- [1] H. Azmi, D. R. Indriyanti, and N. Kariada, "Identifikasi Ektoparasit Pada Ikan Koi (*Cyprinus carpio* L) di Pasar Ikan Hias Jurnatan Semarang," *Life Science*, vol. 2, 2013.
- [2] M. Nasir and M. Khalil, "Pengaruh penggunaan beberapa jenis filter alami terhadap pertumbuhan, sintasan dan kualitas air dalam pemeliharaan ikan mas (*Cyprinus carpio*)," *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, vol. 3, pp. 33- 39, 2016.
- [3] N. Putriana, W. Tjahjaningsih, and M. A. Alamsjah, "PENGARUH PENAMBAHAN PERASAN PAPRIKA MERAH (*Capsicum annum*) DALAM PAKAN TERHADAP TINGKAT KECERAHAN WARNA IKAN KOI (*Cyprinus carpio* L.) THE INFLUENCE OF ADDITIONAL RED PEPPER (*Capsicum annum*) JUICE IN FISH FEED TO KOI FISH'S (*Cyprinus carpio* L.) COLOR BRIGHTNESS LEVEL," *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan* Vol, vol. 7, 2015.

- 
- [4] L. Rosiana, "Analisa Kualitas Air Ikan Koi (Cyprinus Carpio) Yang Terindikasi Khv (Koi Herpes Virus) Pada Kolam Pemeliharaan Di Desa Kemloko, Kecamatan Nglegok, Kabupaten Blitar, Jawa Timur," Universitas Brawijaya, 2017.
- [5] I. Y. Bachtiar and T. Lentera, *Mencemerlangkan Warna Koi*: AgroMedia, 2002.
- [6] R. Agromedia, *Koi si Ikan Panjang Umur*: AgroMedia, 2002.
- [7] U. T. Koi and M. Sitanggang, *Merawat & Menangkarkan Koi*: AgroMedia, 2010.
- [8] E. Yuliza and T. U. Kalsum, "Alat Keamanan Pintu Brankas Berbasis Sensor Sidik Jari Dan Passoword Digital Dengan Menggunakan Mikrokontroler Atmega 16," *Jurnal Media Infotama*, vol. 11, 2015.
- [9] E. S. Ningrum, P. S. Wardana, and T. A. Putra, "Sistem Sensor Keasaman Air (pH) untuk Aplikasi Pengontrolan Kondisi Air Tambak Udang," 2008.
- [10] R. Prastyantoro, "ALAT PENGATUR WAKTU MEMASAK OTOMATIS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER," *POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA*, 2017.
- [11] J. Arifin and L. N. Zulita, "Perancangan Murotal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560," *Jurnal Media Infotama*, vol. 12, 2016.
- [12] R. S. Pressman, *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi (Buku Satu)*, Yogyakarta: Andi, 2002.
- [13] E. Sulisty, G. P. Artiani, and T. Febriyanto, "Kajian Rancangan Dan Permasalahan Instalasi Pengujian Pompa Dan Turbin Model PLMTH Di STT-PLN," *JURNAL POWERPLANT*, vol. 1, pp. 21-26, 2013.
- [14] F. Astria, M. Subito, and D. W. Nugraha, "Rancang bangun alat ukur pH dan suhu berbasis short message service (SMS) gateway," *Jurnal MEKTRIK Vol*, vol. 1, 2014.
- [15] E. Ihsanto and S. Hidayat, "Rancang bangun sistem pengukuran pH meter dengan menggunakan mikrokontroler arduino uno," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 5, 2014.

## Sistem Informasi Pengelolaan *Event Bogor Trade Mall*

Wisnu Ramadhan<sup>1</sup>, Ionia Veritawati<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

**Abstrak.** *Event* adalah promosi di mana perusahaan atau merek dikaitkan dengan acara atau di mana kegiatan bertema dikembangkan untuk tujuan menciptakan pengalaman konsumen dan mempromosikan produk atau layanan. Untuk memberikan pelayanan yang optimal dan memuaskan diperlukan kerjasama di berbagai bidang. Seiring kemajuan teknologi, *mall* yang mengelola *venue* membutuhkan sebuah sistem yang memudahkan mereka untuk melihat kesiapan *venue* yang akan digunakan untuk menggelar sebuah *event*. Saat ini koordinasi jadwal antara *event organizer* yang satu dengan yang lainnya terkait dengan ruangan yang tersedia terkadang tidak tepat sehingga membuat bentrok khususnya di *Bogor Trade Mall*. *Mall* ini memiliki 4 lokasi *venue* yang tersedia di lobby raden saleh, gedung serbaguna di lantai 2, *atrium* di lantai 3 dan *food gallery* di lantai 4 bagi rekanan yang ingin mengadakan *event* musik, pameran, kompetisi, seminar, *workshop* dan lain-lain. *Mall* ini menyediakan jasa sewa *venue* untuk berbagai *event*. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dibuatlah Sistem Informasi Manajemen *Event Bogor Trade Mall*. Aplikasi ini dapat memudahkan pihak *mall* dalam mengelola *event* yang dilaksanakan dan mempermudah dalam mempublikasikan informasi dengan cepat sehingga mitra tidak kesulitan dalam mencari informasi jadwal. Pengolahan data penelitian ini menggunakan metode *prototype*.

**Kata kunci**—*event, mall, venue*.

### 1. PENDAHULUAN

*Event* adalah suatu kegiatan yang diselenggarakan untuk memperingati hal-hal penting dan menandai hari-hari penting dalam hidup manusia, baik secara individu atau kelompok yang terikat secara adat, tradisi, budaya dan agama yang diselenggarakan untuk suatu tujuan tertentu. Sedangkan manajemen *event* adalah pekerjaan untuk mengadakan suatu acara umum. Manajemen *event* membuat desain *event*, merencanakan dan mengkoordinasikan serta mengawasi agar *event* berjalan dengan lancar dan baik. Pusat perbelanjaan *mall* dapat merancang strategi pemasaran yang efektif *Bogor Trade Mall* memiliki *venue* untuk *partner* yang ingin menyelenggarakan *event* dengan adanya *venue* ini pihak *mall* diuntungkan karena dapat menarik minat pengunjung sekaligus menjadi pemasukan *mall*.

Agar *event* yang diselenggarakan tersebut dapat memberikan hasil positif bagi pusat perbelanjaan, maka perlu dikelola dengan baik. *Bogor Trade Mall* merupakan salah satu pusat perbelanjaan dan hiburan terbesar di Jl. Ir Haji Juanda yang telah dibuka sejak tahun 2004. *Bogor Trade Mall* memiliki 4 lokasi *venue* yang tersedia untuk *partner* yang ingin menyelenggarakan *event* musik, pameran, lomba, festival budaya, *workshop* dan lain-lain. *Bogor Trade Mall* ini memiliki Bidang *Marketing Communication* yang bertugas untuk pengelolaan *venue* serta *event* yang ada di *Bogor Trade Mall*. Sekretaris *Marketing Communication* mengolah keuangan *mall* yang terdiri dari pemasukan *mall* pada saat *event* dan penyusunan laporan *event* yang terdiri dari *event* yang sudah dilakukan ataupun yang akan dilakukan.

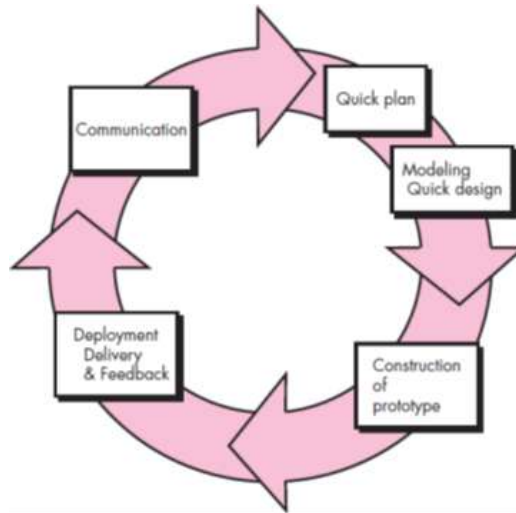
Namun Bidang *Marketing Communication* masih memiliki permasalahan dalam pengelolaan *event* untuk *partner* pengajuan penyelenggara *event* yang dilakukan belum terkomputerisasi dan menggunakan proposal *event* berbentuk *hardcopy* yang menyebabkan *Manager Communication* membutuhkan *space* untuk menyimpan berkas-berkas. Proposal *event* yang masih menggunakan media kertas sehingga berkas-berkas menumpuk di meja kerja maupun di pengarsipan dokumen.

Koordinasi jadwal antara *partner* penyelenggara *event* yang satu dengan yang lainnya terkait tersedia ruangan terkadang tidak akurat sehingga menjadi bentrok. Untuk pengelolaan aset *event* pada *mall* saat ini masih dilakukan belum terkomputerisasi dengan cara mendokumentasikan pada beberapa dokumen kertas. Kondisi seperti ini mengakibatkan proses pengolahan data menjadi kurang baik, misalnya lamanya pencarian aset barang yang sewaktu-waktu dibutuhkan dalam jangka waktu yang singkat. Maka diperlukan suatu teknologi informasi dalam perkembangan bisnis menjadi suatu strategi yang efektif dan efisien. Salah satunya dengan menggunakan sistem informasi untuk mengolah data menjadi informasi yang berguna dan bermanfaat untuk memecahkan masalah suatu organisasi. Sistem informasi juga melibatkan sekumpulan informasi yang dikelompokkan dan diproses sedemikian rupa agar dapat menghasilkan suatu informasi yang saling berkaitan dan saling mendukung. Sistem yang

akan dikembangkan adalah Sistem informasi berbasis web sebagai sumber penyedia informasi yang valid, juga sebagai sarana pemasaran yang efektif. Sistem informasi dalam sebuah *mall* harus selalu berkembang dan dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan perkembangan zaman agar memudahkan kelancaran bisnis dalam *mall*.

## 2. METODELOGI PENELITIAN

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



Gambar 1. Metode *Prototype*

### 1. Requirement Analysis

Pada tahap ini baik pembangun maupun pihak Bogor *Trade Mall* melakukan identifikasi kebutuhan secara bersama-sama dan batasan-batasan sistem yang akan dibangun.

### 2. Build Prototype

Pada tahapan kedua *prototype* dibuat dari sebuah sistem yang akan dibangun, namun *prototype* hanya difokuskan pada penyajian kepada pihak *Marketing Communication* Bogor *Trade Mall* dan bentuk laporan yang sesuai dengan yang diinginkan.

### 3. Prototype Evaluation

Tahapan ini dilakukan oleh pihak *Marketing Communication* Bogor *Trade Mall* apakah *prototype* yang dibuat sudah sesuai dengan kebutuhan atau tidak, jika sesuai maka akan diimplementasikan. Jika tidak, *prototype* akan direvisi lagi lalu ditunjukkan pada pihak *Marketing Communication* Bogor *Trade Mall* kembali.

### 4. Implementation

Setelah *prototype* sesuai dengan kebutuhan *Marketing Communication* Bogor *Trade Mall* dan sudah disepakati bersama, maka tahapan selanjutnya akan dilakukan dengan memulai membuat program dengan menggunakan bahasa pemrograman yang sesuai.

### 5. Testing

Setelah sistem yang dibangun menjadi satu suatu program yang utuh dan siap pakai, selanjutnya akan dilakukan pengujian terlebih dahulu. Sistem pengujian dilakukan dengan *black box*, pengujian dilakukan oleh user.

### 6. System Evaluation

Tahapan ini dilakukan oleh pihak *Marketing Communication* Bogor *Trade Mall* dengan melakukan evaluasi apakah sistem yang sudah dibuat telah sesuai dengan yang diharapkan. Jika sistem selesai maka akan diimplementasikan.

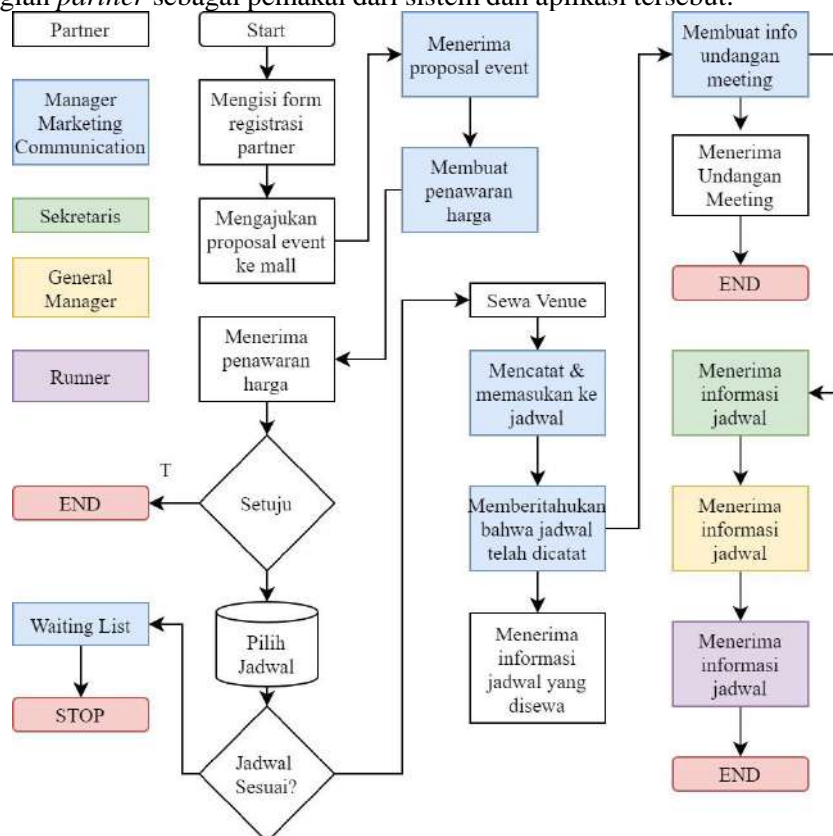
## Proses Desain

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 *partner*, *manager marketing communication*, sekretaris, *general manager* dan *runner*. Masing-masing bagian tersebut terpusat pada bagian sistem yang menghasilkan sebuah laporan yang berakhir pada runner sebagai bagian penyiapan jadwal dan bagian *partner* 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 tiga yaitu *venue*, aset, tipe. Proses Transaksi untuk sistem ini adalah monitoring dengan hasil transaksi (informasi) ada 3 data yaitu pengelolaan booking, pengelolaan pembayaran, pengelolaan pemasukan.

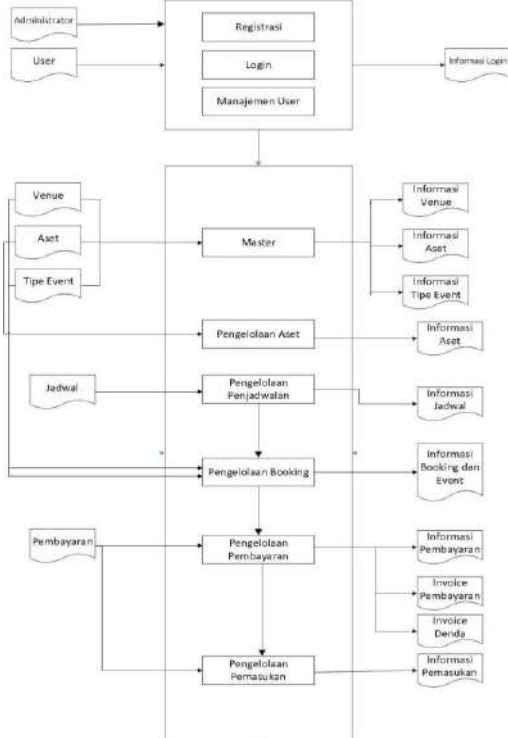
**Pemodelan Sistem / UML**

*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.

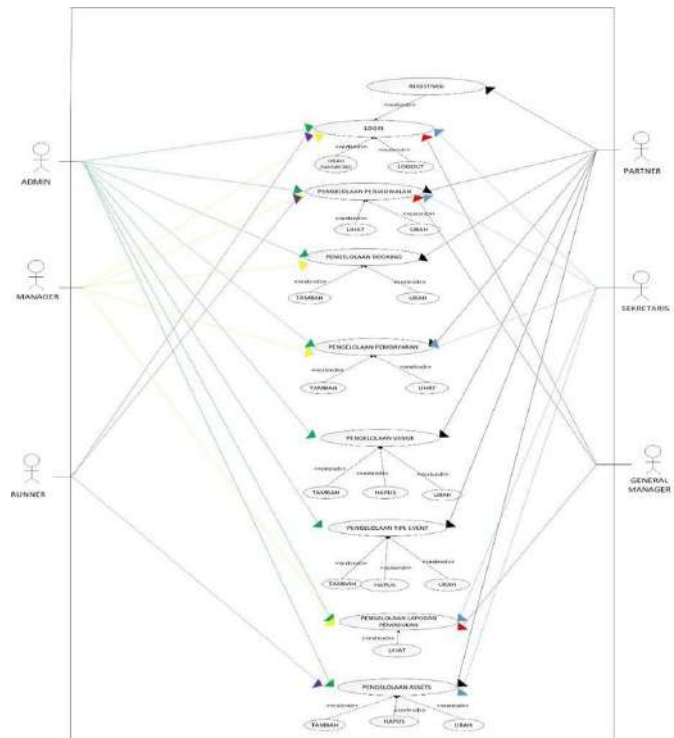
**Use Case Diagram**

Use case diagram menggambarkan fitur apa saja yang dijalankan oleh masing-masing pengguna (aktor) dalam bentuk diagram. Terdapat 6 aktor yang merupakan mempunyai hak akses dalam system ini. Enam (6) aktor tersebut adalah *Admin*, *Manager*, *Sekretaris*, *Runner*, *General Manager*, *Partner*. 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: Hasil yang akan ditampilkan merupakan hasil dari sistem usulan yang sudah di pastikan implementasinya. Berikut adalah implementasinya *Menu Utama*, *Menu Kalender*, *Dashboard Partner*, *Admin*, *Dashboard Booking*.



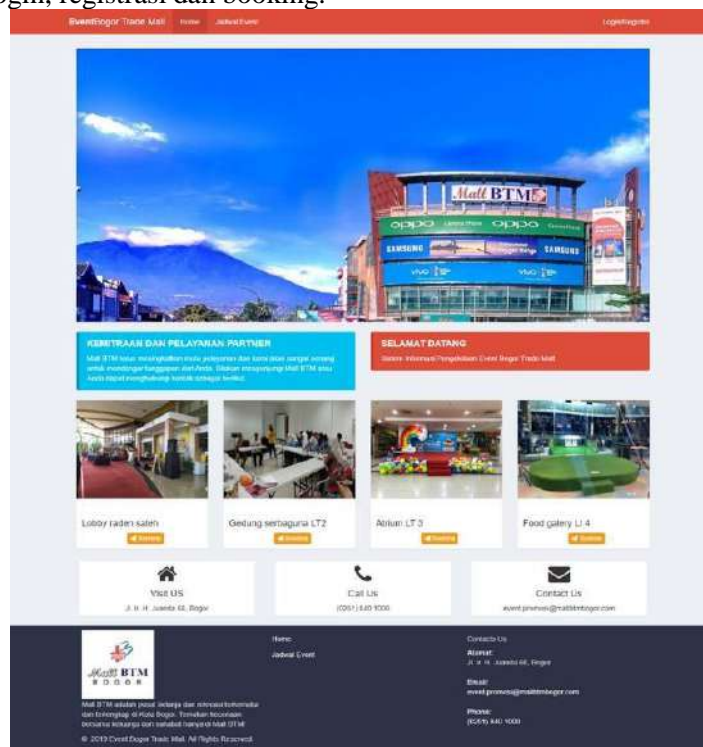
Gambar 3. Arsitektur Perangkat Lunak



Gambar 4. Use Case Diagram

### A. Menu Utama

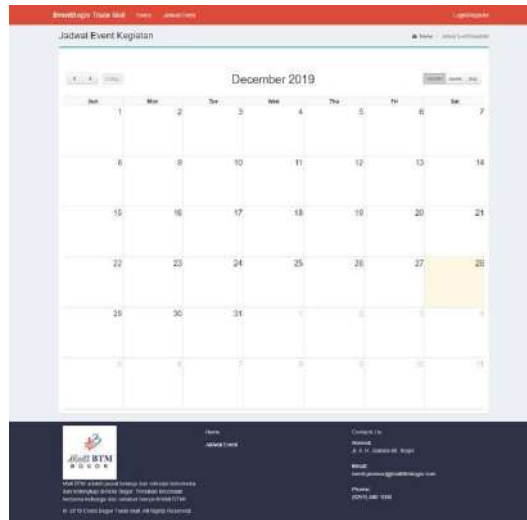
Menu utama merupakan tampilan utama dari program aplikasi sistem informasi pengelolaan event bogor trade mall pertama kali saat program ini diakses. Halaman awal pengguna untuk melakukan proses login, registrasi dan booking.



Gambar 5. Tampilan Menu Utama

### B. Menu Kalender

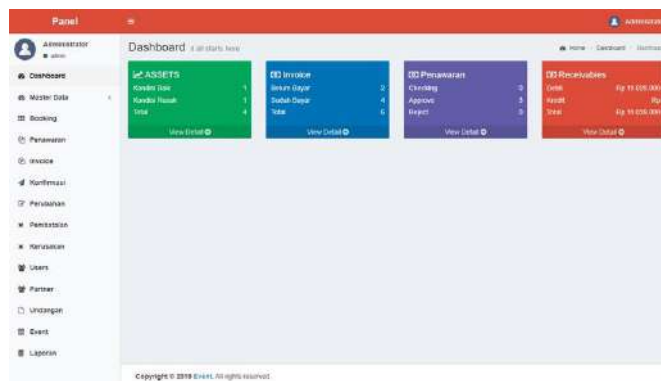
Merupakan halaman dari menu kalender. Halaman awal pengguna untuk melihat jadwal kegiatan event yang berlangsung



Gambar 6. Tampilan Menu Kalender

### C. Dashboard Admin

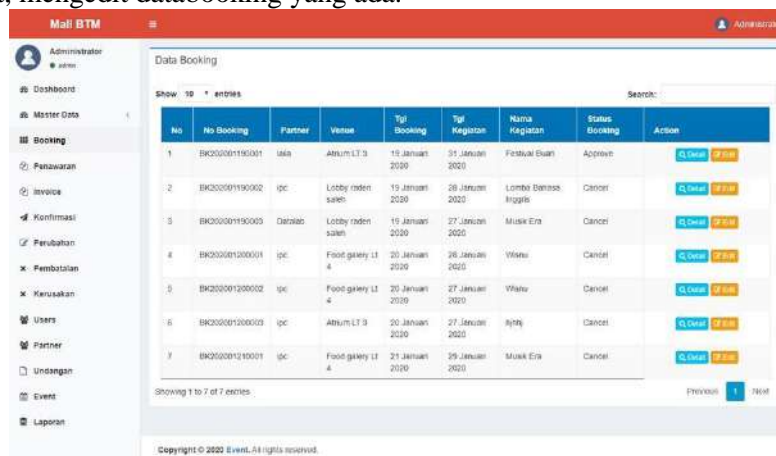
Merupakan halaman utama dashboard admin. Pada halaman ini menampilkan master data, booking, penawaran, invoice, konfirmasi, perubahan, pembatalan, kerusakan, users, partner, undangan, event, dan laporan.



Gambar 7. Tampilan halaman dashboard Admin

### D. Halaman Booking

Merupakan halaman dari booking. Di halaman ini terdapat data-data booking, seperti no booking, partner, tanggal booking, tanggal kegiatan, nama kegiatan dan status booking. Dalam halaman ini juga kita bisa, melihat, mengedit databooking yang ada.



Gambar 8. Tampilan halaman booking



### 3. REFERENSI

- [1] Rendi Maryadi dan Shanti Herliani. 2018. Perancangan Sistem Informasi Promosi Event (Studi Kasus : Kota Bandung). Konferensi Nasional Sistem Informasi. ( Maret 2018 ) DOI : <http://jurnal.atmaluhur.ac.id/index.php/knsi2018/article/view/546/471>
- [2] Achmad dan Ashadul. 2017. PERANCANGAN WEBSITE EVENT YAYASAN DAARUT TAUHIID JAKARTA. Jurnal Maklumatika. Vol. 4, No. 1.( Juli 2017 ) DOI : <http://maklumatika.uniat.ac.id/files/vol4no1juli2017/001.pdf/view/>
- [3] Rhesa Elian Nugroho.2018. Pembuatan Sistem Informasi "ETICK" (Event Registration and Ticketing) Menggunakan Framework Laravel. Indonesian Journal of Applied Informatics, Vol. 3 No. 1 DOI : <https://jurnal.uns.ac.id/ijai/article/view/25794>
- [4] Ridwan Setiawan.2019. Perancangan Elektronik Marketplace Event Organizer. Jurnal Algoritma, Vol. 16 No. 02DOI : <https://jurnal.sttgarut.ac.id/index.php/algoritma/article/view/644>
- [5] Wahyu, Anang.2018. SISTEM INFORMASI BOOKING EVENT DI MONUMEN KAPAL SELAM BERBASIS WEBSITE. JURNAL ILMIAH TIK. DOI : <http://jurnalilmiah.if.uwks.ac.id/index.php/jitik/article/view/57>
- [6] Denis, Rangga.2018. Sistem Informasi Penyelenggaraan Event Berbasis Website pada Komunitas Maharcorps.DOI : <https://elibrary.unikom.ac.id/597/>
- [7] Achmad, Julian.2018. SISTEM INFORMASI PENYEWaan GEDUNG EVENT DI SPASIAL BANDUNG. DOI : <https://elibrary.unikom.ac.id/37/>
- [8] Eka, Juniarti, dkk.2018. Sistem Informasi Penyewaan Peralatan Event Organizer Berbasis Web pada PT. Adecon Jakarta. JURNAL ABDIMAS BSI, Vol. 1 No. 3 ( Agustus 2018 ) DOI : <https://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/abdimas/article/view/4044>

## Perancangan Mesin Pengering Padi Berbasis Arduino

Faiz Azmi<sup>\*</sup>, Hasan Hariri<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

<sup>\*</sup> *Corresponding author*: Azmifaiz318@gmail.com

**Abstrak.** Mesin pengering padi merupakan sebuah mesin yang bisa digunakan untuk mengeringkan padi. Dimana mesin pengering padi ini dilengkapi dengan sensor HSCR-04 yang menggunakan prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Dari frekuensi pantulan yang diterima diubah kedalam bentuk tegangan yang terhubung pada Liquid Crystal Display (LCD) yang berfungsi menampilkan hasil jarak yang telah diprogram pada arduino. Pada saat ini pengeringan yang dilakukan ada dua cara, yaitu pengeringan secara alami menggunakan sinar matahari langsung dan pengeringan menggunakan mesin pengering padi. Sehubungan dengan tidak menentukannya proses pengeringan pada musim hujan, saya ingin memberikan inovasi dengan merancang suatu alat pengering padi berbasis mikrokontroler yang dapat dikendalikan secara otomatis. Untuk melakukan proses pengering dengan spesifikasi yaitu, Alat pemanas (Heater) menggunakan Tubular Heater, menggunakan system mikrokontroler Arduino uno dan sensor suhu kelembaban menggunakan DHT22, menggunakan LCD 2×16, menggunakan profil rangka besi hollow berukuran 40×40×2[mm], dimensi alat 1600×430×720 [mm].

**Kata kunci**— *Mesin Pencacah Tangkai Bunga, Limbah, Pupuk Organik*

### 1. Pendahuluan

Pertanian pada era zaman ini mengalami kemajuan dalam perkembangan teknologi. Hal ini dapat dilihat dari proses pembajakan tanah yang mulanya menggunakan kerbau untuk membajak sawah, sekarang sudah digantikan menggunakan mesin traktor.

Beras merupakan bahan pangan pokok bagi masyarakat Indonesia, oleh sebab itu dalam proses produksinya dibutuhkan proses yang cepat. Petani sangat kesulitan dalam memproduksi padi, dari mulai menam hingga memanen karna perubahan iklim dan cuaca. Metode konvensional yang dilakukan para petani yaitu menjemur padi pada sinar matahari, dari metode konvensional ini memiliki beberapa kekurangan diantaranya memerlukan lahan yang luas dan sumber tenaga pekerja yang banyak untuk menghamparkan padi dilahan lapangan, serta membolak-balikan padi untuk pengeringan yang merata. Dalam cuaca mendung pengeringan padi hanya dapat lebih 14 % kadar air (standar PUSLITBANG Departemen Pertanian Indonesia) sehingga daya penyimpanan beras tidak dapat disimpan lama.

Perancangan mesin pengering padi menggunakan system conveyor dengan pengeringan secara elektrik, dimana temperatur serta kelembabannya dapat dikontrol secara otomatis, serta berkemampuan untuk mengeringkan padi dengan cepat dan tanpa memerlukan lahan yang luas.

Pada umumnya pengeringan padi adalah suatu proses untuk mengurangi kadar air dalam padi setelah dipanen yaitu sekitar 20% - 26% menjadi 14% secara biologis padi masih bisa hidup dan melakukan respirasi untuk menghasilkan uap air, gas karbon dioksida, serta kalor berupa panas yang timbul akibat tumpukan padi, hal ini dapat menimbulkan warna kuning pada beras. Oleh karna itu pasca panen padi perlu dikeringkan dahulu sebelum diolah menjadi beras

Mesin pengering padi conveyor yang peneliti akan rancang dengan kriteria padi dengan kadar air sekitar 20% sampai dengan 26% yang dapat diproduksi oleh mesin pengering padi, mesin ini dapat mengatasi kekurangan-kekurangan pada alat pengering padi yang sebelumnya. Mesin pengering padi conveyor memiliki keunggulan diantaranya adalah konstruksi sederhana, temperature dan kadar air yang dapat dikontrol oleh arduino dan menggunakan pemanas elektrik sehingga mendapatkan hasil yang merata. Dan untuk mempermudah dalam proses pengeringan, mesin.

### 2. Metode Penelitian

Diagram alir adalah diagram yang biasanya mewakili sebuah proses, sistem, atau algoritme komputer dan umum digunakan untuk mendokumentasikan, merencanakan, menyempurnakan, atau menggambarkan sebuah alur kerja dengan banyak langkah. Penjabaran dari diagram alir ini menjelaskan tentang proses dari pembuatan penelitian mesin pengering padi sesuai dari metode yang telah di jelaskan sebelumnya tentang proses dan tahapan-tahapan dalam perancangan. Pembuatan

diagram alir perancangan alat pengering padi ini berdasarkan metode perancangan *Pahl & Beitz* dengan mempertahankan fase perancangan secara umum yaitu Penjabaran tugas (*Clasification of tasks*) ada pada point identifikasi masalah dan studi literatur, Penentuan konsep rancangan (*Conceptual design*) ada pada *point* menentukan spesifikasi dan pemilihan konsep, Perancangan wujud (*Embodiment Design*) ada pada point perhitungan mekanis, Perancangan rinci (*Detail Design*) ada pada point gambar rancangan.

### **Identifikasi Masalah**

Sumber masalah diperoleh dari hasil observasi peneliti. Petani membutuhkan alat pengering untuk kebutuhan pertanian. Berdasarkan sumber masalah tersebut, perlu dilakukan studi literatur untuk mendapatkan spesifikasi mesin yang sesuai dengan kebutuhan.

Pada proses kali untuk mengidentifikasi masalah yang berada dimasyarakat adalah sulitnya melakukan pengeringan padi ketika musim atau iklim yang suka berubah-ubah. Hal ini dapat memperlambat proses pengeringan dikarenakan petani tidak akan mengeringkan padi pada saat mendung dan hujan, dengan demikian padi akan tetap disimpan sampai musim hujan berganti, namun ketika padi disimpan kadar air padi masih sangatlah tinggi yang akan mengakibatkan kerusakan pada padi yang tersimpan.

Untuk mempermudah petani dalam proses pengeringan. Komponan yang harus dibuat haruslah bahan yang mudah ditemukan dipasar dan juga dengan kualitas yang baik, dikarenakan dari hasil penelitian sebelumnya menganjurkan menggunakan bahan berkualitas agar hasilnya dapat maksimal dan diterima dipasaran

### **Studi Literatur**

Studi Pustaka Pada penelitian ini, langkah awal yang dilakukan dengan menggumpulkan data-data sebagai studi pustaka. Studi pustaka bertujuan untuk mengenal dan mencari tahu permasalahan yang dihadapi, serta menyiapkan rencana penelitian yang akan dilakukan. Pada rencana penelitian yang pertama yaitu melakukan pengambilan data-data penelitian yang sudah ada. Data-data penelitian ini sebagai pembanding perancangan yang akan dilakukan, data-data yang di amati mulai dari perkembangan sistem kontrol yang sudah ada, dan jenis-jenis padi yang akan dihitung untuk pengeringannya. Rencana penelitian ke dua yaitu melakukan survei lapangan melihat jenis-jenis padi yang akan dijadikan sebagai spesifikasi padi yang dapat dikeringkan dengan mesin pengering padi. Rencana penelitian yang ke tiga yaitu melakukan proses-proses pengembangan alat dari yang sebelumnya. Rencana penelitian yang ke empat yaitu melakukan perhitungan mekanis dan mengolah data dari perhitungan. Rencana penelitian yang ke lima yaitu melakukan kesimpulan dan saran yang ada di penelitian.

### **Menentukan Spesifikasi**

Spesifikasi alat pengering padi untuk dapat proses pengeringan yang optimal adalah sebagai berikut:

- Menggunakan heater electric (Tubular Heater) untuk pemanas. Dengan menggunakan pemanas jenis ini dapat disesuaikan dengan ukuran kabin.
- Menggunakan Arduino uno untuk sistem operasi keseluruhan. Dengan menggunakan mikro controller jenis arduino uno dapat diprogram dengan mudah sesuai dengan yang kita inginkan serta harga dipasaran yang tidak terlalu mahal.
- Menggunakan Sensor DHT-22 untuk deteksi kelembaban dan suhu. Sensor DHT-22 ini memiliki pembacaan yang sampai kelembapan 70%.
- Menggunakan motor DC untuk pengoprasian conveyor dalam kabin. Dikarnakan dengan design yang sederhana tidak memakan banyak tempat dan mudah untuk diatur.

### **Pemilihan Konsep**

Pemilihan konsep dilakukan dengan menggunakan beberapa tahapan pemilihan, yaitu:

- Identifikasi Kebutuhan, dengan melakukan survei pada masyarakat yang dibutuhkan dalam melakukan poses untuk pengeringan padi. Survei ini berupa pertanyaan hal-hal yang dibutuhkan dan yang tidak dibutuhkan.
- Spesifikasi Teknis Alat, mencari komponen sesuai pada batasan masalah.
- Blok Fungsi, untuk mengetahui mulai dari proses sampai energi input yang dipakai dan energi outputnya serta hasil dari prosesnya menjadi yang diinginkan.
- Pohon Fungsi untuk menentukan komponen dari tiap-tiap komponen yang digunakan.
- Diagram Fungsi adalah untuk menjelaskan alur dari jalanya pengoprasian mesin yang didesign.

- f. Morphological Chart memberikan beberapa opsi dari design sehingga bisa disesuaikan dengan keinginan konsumen.
- g. Seleksi Konsep dengan Skoring Tabel, dari proses ini dihasilkan penilaian dari beberapa tahapan sehingga terpilihlah design sesuai dari penilaian.

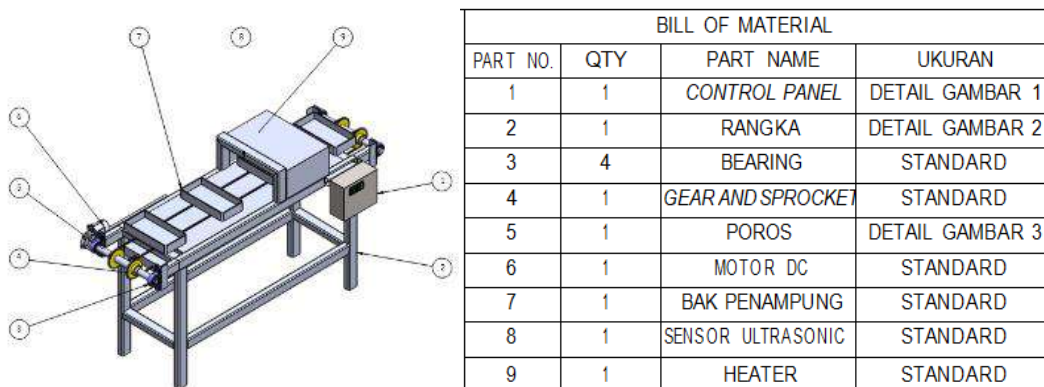
### Perhitungan Mekanis

Perhitungan mekanis dilakukan berdasarkan konsultasi oleh pembimbing tugas akhir untuk mendapatkan dimensi dan kemampuan rancangan. Penentuan hasil perhitungan yang telah ditetapkan pada perhitungan mekanis untuk menentukan ukuran-ukuran dari alat pengering padi yang diperlukan. Berikut adalah daftar perhitungan teknis untuk alat pengering padi:

- a. Perhitungan kekuatan rangka pada alat pengering padi
- b. Perhitungan efisiensi termal pengeringan padi.
- c. Perhitungan daya motor.

### Gambar Rancangan

Gambar rancangan untuk mesin pengering padi ini akan digambar dengan gambar 3D dan 2D. Pada proses ini gambar akan menjelaskan dari tiap-tiap material dan material untuk komponen serta komponen untuk alat. Keseluruhan tahapan di atas berlanjut hingga analisis kinerja alat yang telah dibuat, jika kinerja tidak sesuai spesifikasi, kembali pada tahap konfigurasi sistem. Jika kinerja sesuai lalu desain alat tersebut di sempurnakan sesuai dengan nilai estetika dan ergonomi untuk penggunaan yang optimal. dari hasil rancangan yang disertai dengan gambar susunan lengkap dengan detail dan bill of material.



Gambar 1. Gambar Detail dan bill of material

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Identifikasi Kebutuhan

Identifikasi kebutuhan digunakan untuk mengetahui kebutuhan-kebutuhan yang diinginkan konsumen dengan cara melakukan survey. kriteria identifikasi yang digunakan yaitu:

- Geometri : Ukuran tinggi produk ukuran, lebar dan panjang produk  
 Material : Kualitas material , kuat dan tahan lama  
 Produksi : Perakitan mudah, mudah dilepas dan dipasang  
 Perawatan : Mudah diproduksi, komponen mudah dicari, mudah perawatan  
 Operasi : Aman pengoperasian, mudah pengoperasian

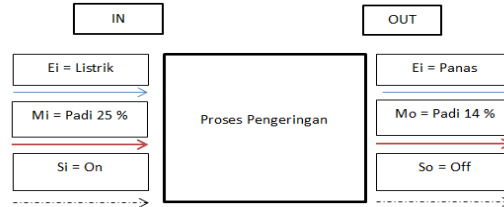
Tabel 1 Komponen Pembuatan Mesin Pengering Padi

NO	Komponen	Spesifikasi
1	Arduino UNO	ATMega328
2	LCD Display	Digital LCD
3	Sensor <i>Ultrasonic</i>	HC-SR04
4	Kabel	NYAF
5	<i>Conveyor</i>	<i>Chain Conveyor</i>
6	Heater	<i>Coil Heater</i>
7	Sensor DHT 22	NTC
8	Motor	Motor DC

### Pemilihan Konsep Rancangan

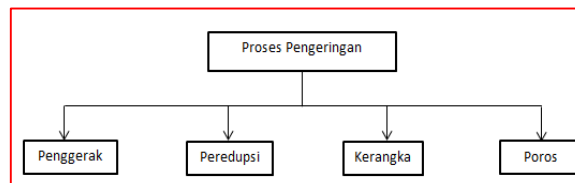
Pada pemilihan konsep rancangan ditentukan menggunakan metode perancangan Pahl & Beitz karena pada metode tersebut telah memiliki langkah perancangan yang lebih jelas dan ringkas untuk direalisasikan. Berikut adalah uraian pemilihan konsep rancangan berdasarkan analisa, pemilihan bahan serta tinjauan dari efektifitas keselamatan, serta dari segi maintenancenya.

### Blok Fungsi



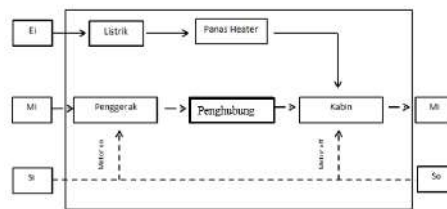
Gambar 2. Blok Fungsi Mesin Pengering Padi

### Pohon Fungsi



Gambar 3. Pohon Fungsi Mesin Pengering Padi

### Diagram Fungsi



Gambar 4. Diagram Fungsi Mesin Pengering Padi

### Morphological Chart

NO	Sub Fungsi	Komponen	Gambar A	Komponen	Gambar B	Komponen	Gambar C
1	Profil Rangka	Rangka dengan besi siku 4x4		Rangka dengan besi Hollow 40x40x2			
2	Board control	Arduino Uno		Arduino Nano		Arduino LoPy/Ada	
3	Sensor Panas	Inframerah		HCSR-04			
4	Sensor kelembapan dan temperatur	DHT-22		DHT0		XRM452	
5	Pemanas	Gas		Tubular Heater			
6	Penghubungan	Belt		Rantai		Ganban	
7	Penggerak	Motor AC		Motor DC		Motor gearbox DC	

Keterangan:

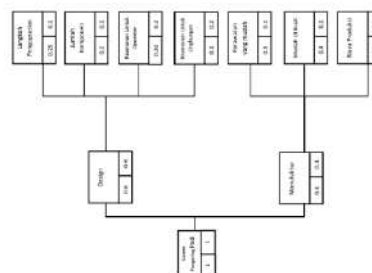
Varian 1 = 1B, 2B, 3A, 4C, 5A, 6A, 7B

Varian 2 = 1B, 2A, 3B, 4A, 5B, 6B, 7C

Varian 3 = 1A, 2B, 3B, 4B, 5B, 6A, 7A

Gambar 4. Morphological Chart

### Pohon Keputusan



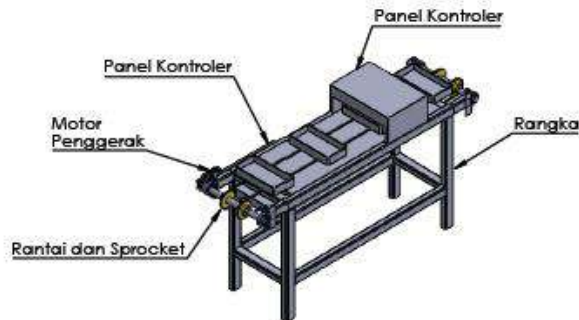
Gambar 5. Pohon Keputusan

### Skoring Tabel

NO	Kriteria Pemilihan	Bobot	Varian 1		Varian 2		Varian 3	
			V	B x V	V	B x V	V	B x V
1	Langkah Pengoperasian	0.1	4	0.4	4	0.4	3	0.6
2	Jumlah Komponen	0.1	3	0.3	4	0.4	2	0.2
3	Keamanan Untuk Operator	0.2	3	0.6	4	0.8	4	0.8
4	Keamanan Untuk Lingkungan	0.2	4	0.8	4	0.8	2	0.4
5	Perawatan yang mudah	0.1	2	0.2	2	0.2	3	0.3
6	Mudah di Buat	0.1	2	0.2	3	0.3	2	0.2
7	Biaya Produksi	0.2	3	0.6	3	0.3	2	0.4
Jumlah		1	21	3.1	23	3.2	22	2.9

Gambar 7. Skoring Tabel

Kesimpulan: Konsep yang terpilih ada pada varian ke 2 karena memiliki skor tertinggi yaitu 3.2 dibanding dari varian lain. Karena memenuhi semua kriteria yang diinginkan oleh pengguna baik dari pemilihan bahan sampai dengan segi perawatannya.



Gambar 8. Konsep Rancangan Terpilih

### Perhitungan Mekanis

Perhitungan mekanis pada rancangan alat pengering padi untuk menentukan dimensi dan kelayakan komponen pada alat pengering padi.

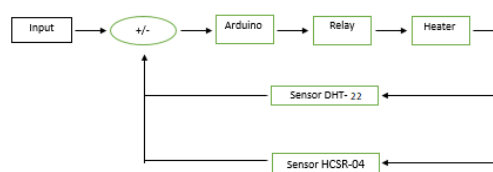
- Menghitung Kadar Air Padi
- Perhitungan efisiensi thermal alat pengering padi
- Perhitungan Kebutuhan Listrik
- Perhitungan Kebutuhan Panas
- Perhitungan Ukuran Alat
- Perhitungan Kecepatan Konveyor
- Perhitungan Tegangan Pada Rangka Penopang Utama

### Prinsip Mesin Pengering Padi

Pada mesin pengering padi yang dibuat ini menggunakan metode, pendeteksi gelombang, dimana mesin ini terdapat beberapa komponen seperti dari transmitter, receiver frekuensi ultrasonic dan up counter. Transmitter pada sensor ultrasonik penyebaran khusus medium padat dan receiver persis pada sensor. Sinyal ultrasonik yang pantulkan ke rangkaian transmitter akan melewati dasar objek dan dipantulkan lagi ke perangkat receiver. Waktu tempuh, menjalani frekuensi dapat dihitung dengan alat up-counter. Alat ukur ini menentukan jarak objek yang akan memasuki ruangan oven untuk dipanaskan untuk beberapa saat, lalu setelah itu padi menuju tempat akhir untuk dikumpulkan menjadi satu.

Pada saat padi dituangkan kedalam wadah, Motor DC akan bergerak untuk menghatarkan padi yang sudah bera dalam wadah tersebut kedalam ruang oven atau ruang untuk pengeringan. Sensor ultrasonik akan membaca dimana saat wadah telah memasuki ruang oven sensor akan membaca wadah berikutnya. Hal ini yang dapat memberi perintah Untuk motor DC untuk berhenti tepat didalam ruang pengeringan atau oven.

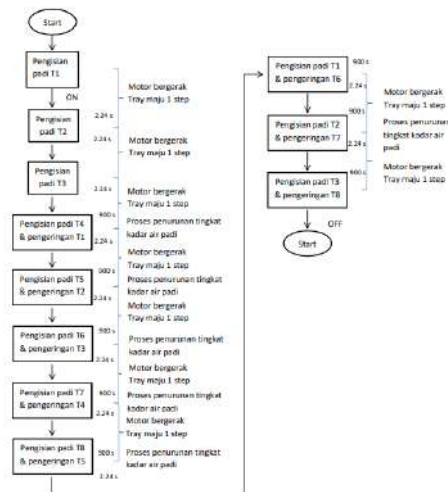
### Diagram Blok



Gambar 9. Diagram Blok Pengontrolan

Kemudian ketika wadah sudah berada dalam ruang pengeringan maka heater akan on akibat dari perintah sensor ultrasonik. Heater menyala sampai suhu yang telah kita tentukan dan kelembaban yang ditentukan yaitu sekitar 10 % udara pada dalam ruang pengering atau oven.

### Simulasi Mesin Pengering Padi



Gambar 10. Simulasi sistem Pengering

### Konfigurasi Pemotongan Material

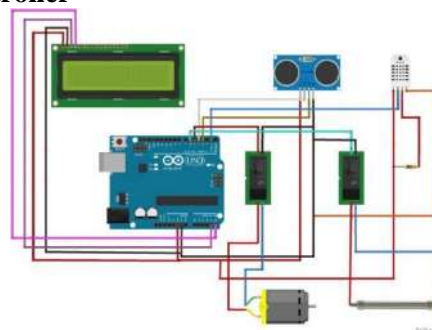
Mempersiapkan material yang akan digunakan untuk konfigurasi pemotongan :

- Besi hollow  $40 \times 40 \times 2$  [mm] sebanyak 10.460 [mm] maka dari itu dibutuhkan sebanyak 2 batang besi hollow
- Plat tebal 2 mm 25,695 [ [mm] <sup>2</sup>] maka dari itu dibutuhkan sebanyak 1 lembar plat tebal 2 mm  $1.220$  [mm]  $\times$   $2.440$  [mm]
- Besi poros pejal diameter  $40 \times 860$  [mm] maka dari itu dibutuhkan 1 batang besi poros diameter  $40 \times 1.000$  [mm]

NO	Dimensi	Jumlah
1	Panjang 1600 mm	2 buah
2	Panjang 1140 mm	2 buah
3	Panjang 720 mm	,4 buah
4	Panjang 360 mm	5 buah
5	Panjang 190 mm	2 buah

Gambar 11. Kebutuhan Rangka

### Rangkain Sistem Mikro Controller



Gambar 12. Rangkaian sistem mikro controller pada arduino

## 4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari rancangan alat ini adalah:

- Dari hasil perancangan alat pengering padi, untuk menurunkan kadar air menjadi 14 % dengan jumlah 8 tray dimana masing-masing tray berkapasitas 2,25 kg sehingga menjadikan kapasitas

mesin pengering padi 18 kg. Membutuhkan kalor total sebesar 8.109,85 [joule] pada temperatur 70 °C. Dengan laju kalor masuk keruang kabin pengeringan sebesar 0,5 KW, dan efisiensi thermal sebesar 10 %. Membutuhkan waktu pengeringan 15 menit untuk pengeringan 0,224 menit untuk perpindahan tray sehingga membutuhkan waktu 120,4 menit dalam satu kali proses dengan 8 tray. Dengan konsumsi daya listrik alat pengering ini sebesar 1,410W/h daya listrik AC, sedangkan untuk penggunaan arus DC sebesar 53,2W/h.

2. Rancangan Alat Pengering Padi dapat mengeringkan padi dengan spesifikasi alat sebagai berikut. Kapasitas alat pengering 18 [kg] Sistem Mikrokontroler Arduino Uno Dimensi Rangka 1600×650×960 [mm] Finned Tubular Heater 705 [Watt]

## 5. Referensi

- [1] Suhartatik. Badan ketahanan.pangan dan penyuluhan.pertanian Aceh Bekerja Sama.Dengan.Balai.Pengkajian.Teknologi Pertanian NAD. Aceh, 2009.
- [2] Giashinta, Dina. Alat Pengukur.Suhu Kelembaban dan Monitoring.Masa Panen pada Budi Daya Jamur Tiram.Berbasis Arduino Uno. Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, 2018.
- [3] Setiadi, Bayu Rahmat. “Metode Perancangan 3E (Eco-Efe-Efi) Pada Proyek Akhir Mahasiswa: Suatu Pendekatan Sistematis”. Jurnal Taman Vokasi, Vol 3, No 2, pp. 257- 269, 2015.
- [4] G. Pahl, W. Beitz., “Engineering.Design A Systematic Approach Third Edition”, London: Springer-Verlag London Limited, 2007.
- [5] Setiadi, Bayu Rahmat. “Metode Perancangan 3E (Eco-Efe-Efi) Pada Proyek Akhir Mahasiswa: Suatu Pendekatan Sistematis”. Jurnal Taman Vokasi, Vol 3, No 2, pp. 257- 269, 2015.
- [6] Orianto, & Pratikto, W.A. Mekanika Fluida 1. Surabaya: BPFE-Yogyakarta, 1989.
- [7] Kholiludin, F., “Analisa Termodinamika Berbagai Jenis Refrigeran Untuk Mesin Pengering Pakaian Yang Memanfaatkan Panas Buang Double Kondensor” Doctoral Dissertation, Universitas Mercu Buana, Jakarta. 2019.
- [8] Johannes, S., Siswanto, S., & Bahiuddin, I. Rancang Bangun Alat Pengering Produk Pertanian Tipe Tray Berputar. Jurnal Rekayasa Mesin, 2020.
- [9] Ainingsih Dya Nur. Handoyo Irwan. Sistem kendali Conveyor Otomatis. Fakultas Teknik Industri. Universitas Gunadarma. Depok, 2010.
- [10] Meriadi, Meliala, S., & Muhammad. “Menggunakan Pemanas Listrik”. Jurnal Energi Elektrik, Vol. 7, No. 45, pp. 47–53. 2018.
- [11] Islam, H. I., Nabilah, N., Atsaurry, S. S., Saputra, D. H., Pradipta, G. M., Kurniawan, A., Syafutra, H., Irmansyah, I., & Irzaman, I. Sistem Kendali Suhu Dan Pemantauan Kelembaban Udara Ruang Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor Dht22 Dan Passive Infrared (Pir). V(Lcd), SNF2016-CIP-119-SNF2016-CIP-124, 2016.
- [12] Kadir, Abdul. Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya menggunakan Arduino. Yogyakarta: Andi Offset, 2012.
- [13] Rianto, .Heru. Pengaman.Parkir Mobil.menggunakan sensor.Ultrasonik Berbasis.Mikrokontroler. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, 2010.
- [14] Alam, T. H. I. Rancang Bangun Prototype Pengering Padi Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S52. 1–9, 2018.
- [15] Yahya, .M. Kajian Karakteristik.Pengering Fluidisasi.Terintegrasi.Dengan Tungku Biomassa.Untuk Pengeringan.Padi. Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang. Padang, 2015.
- [16] Bagaskara, B., Respati, S.M.B. And Dzulfikar, M., “Pengaruh Posisi Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik, Foto Makro Dan Mikro Pada Baja St 37 Dengan Pengelasan Smaw Untuk Rangka Billboard.” Majalah Ilmiah Momentum, Vol. 15, No. 2, pp. 132- 136, 2019.



# Analisa Pengujian Destructive Test pada Pengelasan Sambungan Pipa API 5L X52 Dengan Standar API-1104

Agus Riyanto<sup>1</sup>, Arif Riyadi Tatak K.<sup>1</sup>, Toriq Ali<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

**Abstrak.** Pengujian merusak atau *Destructive Test* merupakan suatu cara atau metode untuk mengetahui kualitas dari suatu material. Pipa API 5L X52 merupakan jenis material pipa yang digunakan sebagai pipa penyalur (*pipe line*) minyak dan gas. Proses pengelasan menggunakan pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*). Dalam pengujian merusak material untuk menghasilkan kualitas yang baik maka diperlukan standar. Pada pengujian ini standar yang digunakan yaitu API-1104 yang sesuai dengan proses pemipaan untuk minyak dan gas. Pengujian yang dilakukan diantaranya yaitu *tensile test*, *bending test*, *nick break test* dan pengujian struktur mikro. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pada pengujian tarik daerah patah terjadi di daerah *base metal* bukan pada daerah lasan. Pada pengujian *bending* seluruh spesimen pada bagian *face bend* dan *root bend* tidak patah dan tidak terlihat ada retakan. Pada pengujian *nickbreak* kedua spesimen tidak terdapat lubang gas pada daerah lasan. Berdasarkan pengamatan struktur mikro terlihat bahwa perubahan struktur terjadi sepanjang daerah lasan dimana pada daerah HAZ dan *weld metal* memiliki fasa *pearlite* lebih banyak dibandingkan fasa *ferrite*.

**Kata kunci**—*Destructive test, Pipa API 5L X52, Pengelasan SMAW, API-1104, Struktur Mikro*

## 1. PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, perkembangan teknologi semakin maju terutama dalam perkembangan dibidang konstruksi. Pengelasan merupakan salah satu strategi penyambungan logam dengan cara melarutkan beberapa logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan. Maka dari itu pengelasan adalah hal yang tidak bisa dipisahkan dalam perkembangan teknologi terutama pada bidang konstruksi. Perkembangan teknologi pengelasan logam memberikan kemudahan dan manfaat bagi umat manusia dalam menjalankan pekerjaannya.

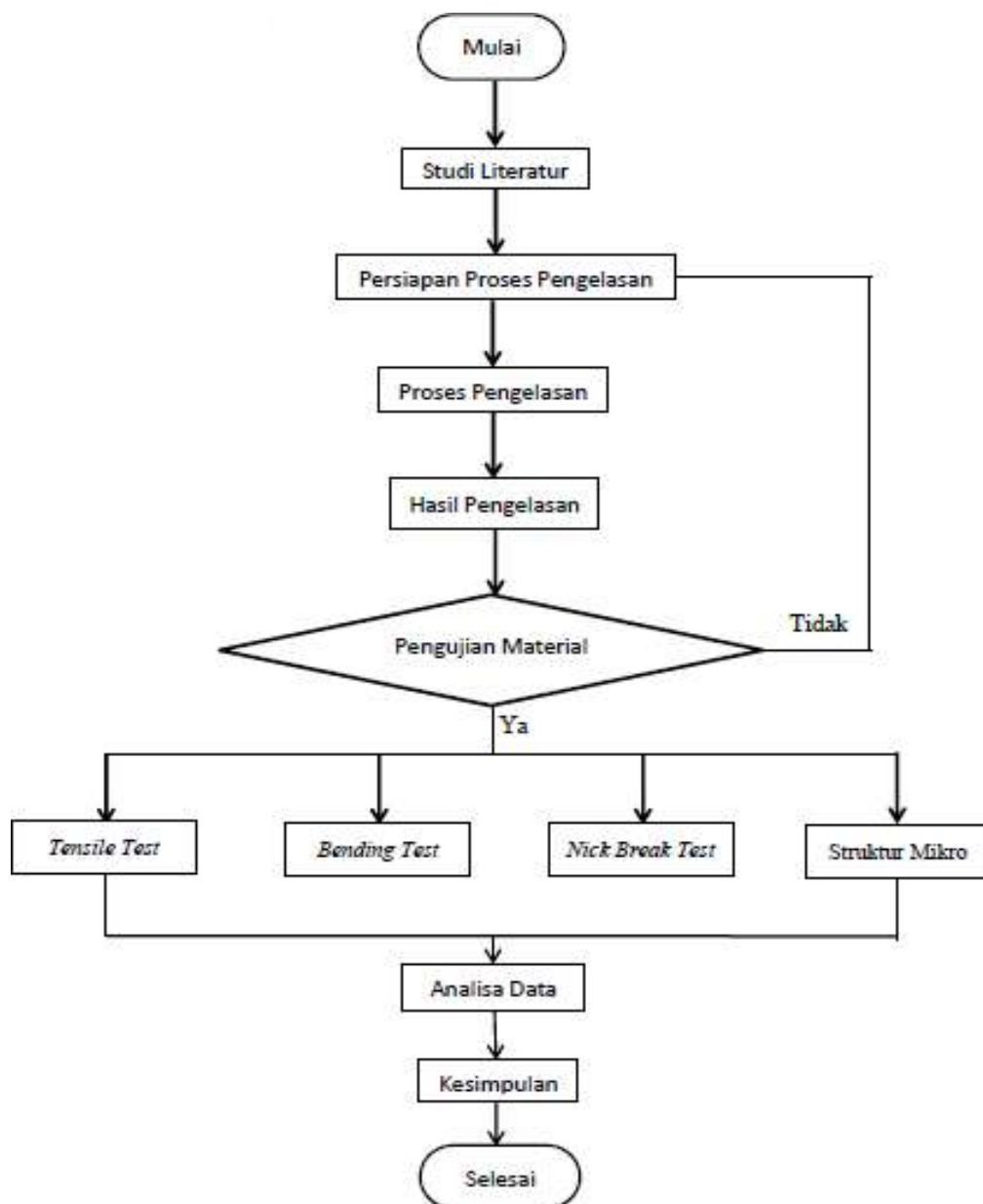
Banyak sekali jenis-jenis pengelasan yang digunakan dalam perkembangan teknologi dibidang konstruksi, diantaranya ada jenis pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) dan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*). Di masa saat ini perkembangan industri pada sektor minyak dan gas mengalami peningkatan di Indonesia.

Pipa API 5L X52 merupakan pipa yang digunakan untuk menyalurkan minyak dan gas. Makadari itu untuk menghasilkan sambungan lasan yang berkualitas perlu dilakukan beberapa pengujian. *Destructive test* atau uji merusak merupakan metode pengujian pada logam dengan cara merusak yang bertujuan untuk mengetahui ketahanan suatu material dengan cara dirusak menggunakan sebuah alat uji atau mesin uji. Pengujian *destructive test* yang dilakukan pada penelitian ini yaitu *tensile test*, *bending test* dan *nickbreak test*. Adapun pengujian lainnya yang dilakukan yaitu pengujian struktur mikro. Mengetahui ketahanan dan kualitas dari suatu material sangatlah penting terutama pada industri konstruksi dan perkapalan.

Beberapa penelitian terdahulu mencoba meneliti mengenai pengujian sambungan las pada pipa API 5L X42 dengan standar API-1104. Diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Dedi Lazuardi dan Andi Syah Putra bahwa pada sambungan las pada pipa API 5L X42 dengan standar API-1104 menggunakan *tensile test* menunjukkan hasil bahwa terjadi patah pada *base metal*, dan pada *bending test* tidak terdapat cacat pada daerah *facebend* dan *rootbend*, sedangkan pada pengujian *nickbreak test* menunjukkan bahwa tidak terdapat cacat pada daerah takik. Terdapat juga penelitian yang dilakukan oleh Adi Ganda Putra dan Pawawoi mengenai pengaruh perbedaan arus pengelasan pada sambungan pipa baja API 5L *grade B* menunjukkan hasil pada *metalografi test* bahwa terjadi perubahan struktur mikro pada material setelah dilakukan pengelasan.

Dengan adanya penelitian terdahulu, semakin memperkuat peneliti untuk dapat melakukan penelitian tentang pengelasan dengan menggunakan material yang berbeda karena mengingat pentingnya kualitas dan hasil pengelasan pada material yang baik agar sesuai dengan kebutuhan lapangan maka berdasarkan uraian di atas peneliti ingin melakukan ‘Analisa Pengujian *Destructive Test* pada Pengelasan Sambungan Pipa API 5L X52 dengan Standar API-1104’.

Proses pengelasan menurut *American Welding Society* (AWS) yaitu suatu tindakan penyatuan atau penyambungan logam atau bukan logam yang dilakukan dengan cara memanaskan bahan yang akan disambung sampai suhu pengelasan, yang dilakukan dengan atau tanpa menggunakan tekanan dan dengan atau tanpa tekanan. Standar API-1104 (*American Petroleum Institute*) merupakan standar yang digunakan untuk menguji sambungan las pada pipa minyak, dimana pada sambungan pipa tersebut tidak menggunakan penutup sambungan las. Spesifikasi API 5L sesuai dengan Organisasi Internasional untuk Standardisasi ISO 3183, standarisasi sistem transportasi pipa dalam bahan, peralatan dan struktur lepas pantai untuk industri gas alam dan minyak. Maka pipa yang diperuntukkannya untuk penyaluran minyak, dan gas.



Gambar 1. Diagram Alir

Tabel 1. Komposisi Kimia Pipa API 5L X52

CHEMICAL COMPOSITION (%)										
Standar	C	Mn	P	S	Cr	Nb	Al	Cu	Mo	
P	Max	0.12	1.65	0.020	0.010	0.50	0.005	0.060	0.50	0,50
	Min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
API 5L X52	0.07	0.85	0.009	0.006	0.016	0.022	0.042	0.014	0.005	

**Tabel 2. Mechanical Test Report Tensile Test**

Tensile Test Gauge Length = 50,0 mm					
Dir.	Yield Strength (Mpa)	Tensile Strength (Mpa)	Elong. (%)	YS/T S	Width (mm)
Max	525	760	-	0,93	
Min	360	460	26	-	

Desctructive Test Pengujian merusak (*destructive test*) merupakan metode untuk mengetahui nilai kecukupan dan kualitas bahan sesuai berdasarkan kriteria atau standar yang ditetapkan. *Tensile test* adalah pengukuran suatu material agar mengetahui keuletan pada tegangan tertentu dan pertambahan panjang yang dialami material tersebut.

$$\sigma t = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Dimana:  $\sigma t$  adalah tegangan (N/mm<sup>2</sup>), F adalah Gaya (N), dan A adalah luas (mm<sup>2</sup>).

*Bending test* atau uji lengkung adalah salah satu bentuk pemeriksaan agar kita mengetahuikualitas dari material secara visual. Kekuatan *bending* yaitu tegangan maksimum yang bisa diperoleh dari beban luar tanpa regangan atau patah yang besar. Specimen untuk pengujian *nickbreak test* memiliki kampuh (takik) pada daerah sambungan (lasan) dengan tujuan agar pada waktu pengujian bias patah didaerah sambungan (lasan), sehingga dapat terlibat apakah ada cacat pada daerah sambungan (lasan) atau tidak. Pengujian Struktur Mikro Pengujian struktur mikro atau pengamatan struktur mikro merupakan pengamatan yang dilakukan agar memperoleh tampilan secara visual terhadap spesimen dengan menggunakan alat mikroskop optik dan didapatkan tampilan permukaan spesimen dengan pembesaran.

## 2. METODE

### a. Persiapan Pengelasan

Pada tahap ini, persiapan pengelasan yang dilakukan dalam *welder test* harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan yaitu standar API-1104.

1. Pengelasan yang digunakan yaitu proses SMAW
2. Mesin las yang dipakai adalah *Lincoln Electric CC400*
3. Material yang digunakan yaitu pipa API 5L X52.
4. Diameter dan ketebalan dinding pada pipa ini yaitu 168,3 mm dan 9,5 mm.
5. Pada *joint design* ini menggunakan *joint type butt joint, groove type nya single V*.
6. Jenis elektroda yang digunakan yaitu menggunakan *elektroda* diameter dan panjang 3,25 × 350 mm dengan kode E7016-1H4R dan 3,25mm × 350 mm dengan kode E7018-1H4R.
7. Posisi pengelasan menggunakan posisi 6G. Posisi 6G ini merupakan posisi dimanamaterial pipanya miring sekitar 45° dan statis.
8. Arah pengelasan yaitu *uphill* atau ke atas.

### b. Spesimen Uji

Tensile Test: Pada uji tarik ini ada dua spesimen yang digunakan yaitu dengan ukuran:

**Tabel 3. Ukuran Spesimen Tensile Test**

No. Specimen	Dimensi: Lebar × Tebal (mm)	Panjang (mm)
T1	25.64 × 9.30	238.45
T2	25.71 × 9.29	238.85

*Bending Test*: Pada uji *bending* ini ada dua spesimen yang digunakan yaitu dengan ukuran:

**Tabel 4. Ukuran Spesimen Bending Test**

No. Spesimen	Dimensi (lebar × tebal) mm	Panjang (mm)
FB1	25 × 9.5	237.5
FB2	25 × 9.5	237.5
RB1	25 × 9.5	237.5
RB2	25 × 9.5	237.5



**Gambar 2.** Spesimen Tensile Test



**Gambar 3.** Spesimen Bending Test

Nickbreak Test: Pada nick break test atau uji patah ini ada dua spesimen yang digunakan yaitu dengan ukuran:

**Tabel 5.** Ukuran Spesimen Nickbreak Test

No. Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)
NB1	25	9.5	237.5
NB2	25	9.5	237.5



**Gambar 4.** Spesimen Nickbreak Test

Struktur Mikro: Pada uji struktur mikro yang digunakan yaitu dengan ukuran:

**Tabel 6.** Ukuran Spesimen Struktur Mikro

No. Spesimen	Dimensi Lebar × Tebal (mm)	Panjang (mm)
1	18 × 9.30	31,5



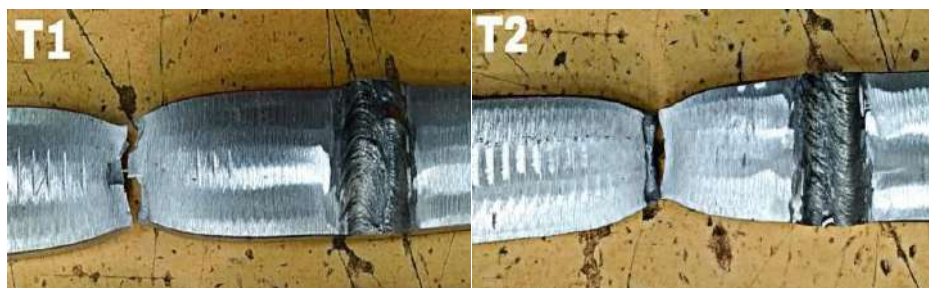
**Gambar 5.** Spesimen Struktur Mikro

### 3. METODE

#### a. Hasil Tensile Test

**Tabel 7.** Hasil Tensile Test

Test Specimen No	T1	T2
Ultimate Tensile Load(kN)	122.24	121.95
Ultimate Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )	513	511



**Gambar 6.** Hasil Tensile Test T1 dan Hasil Tensile Test T2

Berdasarkan hasil pengujian tarik yang tertera pada spesimen T1 dan T2 terlihat bahwa daerah patah terjadi pada daerah *base metal* bukan pada daerah lasan. Untuk spesimen T1 memiliki kekuatan tarik sebesar  $513 \text{ N/mm}^2$  dan spesimen T2 memiliki kekuatan tarik sebesar  $511 \text{ N/mm}^2$ . Berdasarkan dari standar, diketahui bahwa kekuatan tarik minimum material sebesar  $460 \text{ N/mm}^2$ . Jadi, kekuatan tarik pengelasan > kekuatan tarik *base metal*.

**b. Hasil Bending Test**



**Gambar 7.** Hasil Bending Test Spesimen FB 1 dan Hasil Bending Test Spesimen FB 2



**Gambar 8.** Hasil Bending Test Spesimen RB 1 dan Hasil Bending Test Spesimen RB 2

Berdasarkan hasil pengujian *bending* yang dilakukan pada daerah *face bend* dan *root bend* pada spesimen FB 1, FB 2, RB 1 dan RB 2 terlihat bahwa tidak ada retakan atau lubang pada daerah lasan. Berdasarkan standar API-1104, pada hasil pengujian *bending* dapat diterima (*Acceptance Criteria*) apabila tidak ada retak atau cacat lebih dari  $1/8 \text{ inch } (\pm 3,17 \text{ mm})$ .

**c. Hasil Nickbreak Test**



**Gambar 9.** Hasil Nickbreak Test Spesimen NB 1; (b) Hasil Nickbreak Test Spesimen NB 2

Berdasarkan hasil pengujian *nick break* yang tertera pada gambar 4.5 diatas terlihat bahwa tidak ada gelembung gas pada daerah lasan. Berdasarkan standar API-1104, syarat pada pengujian *nick break* ini yaitu ukuran gelembung gas terbesar yang terlihat pada patahan tidak boleh lebih dari  $1/16 \text{ inch } (\pm 1,59 \text{ mm})$  dan jumlah keseluruhan gelembung gas tidak boleh lebih dari 2% dari daerah patahan. Kedalaman terak (slag) tidak boleh melebihi  $1/32 \text{ inch } (\pm 0,79 \text{ mm})$  dan panjangnya tidak boleh lewat dari  $1/8 \text{ inch } (\pm 3,17 \text{ mm})$ .

**d. Hasil Pengamatan Struktur Mikro**

1) Pengamatan Struktur Mikro daerah HAZ

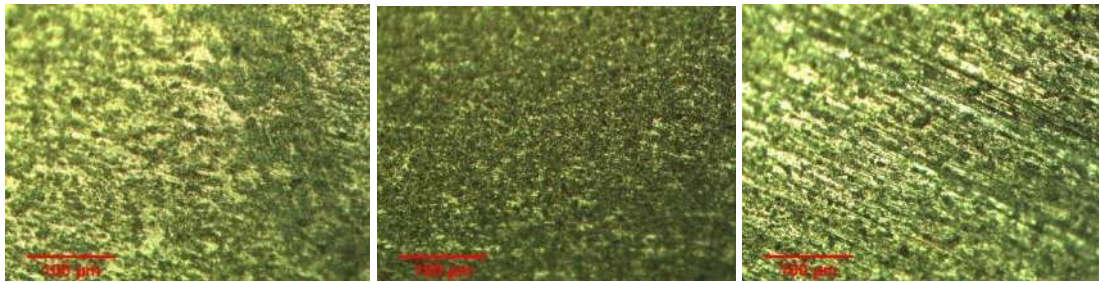
Pada daerah HAZ sampel struktur mikro memiliki ferit (F) dan perlit (P). Dapat dilihat bahwa jumlah struktur mikro terutama terdiri dari lebih banyak ferit dan butir yang lebih besar, sedangkan perlit semakin kecil. Hal ini menyebabkan berkurangnya kekerasan di daerah HAZ.

2) Pengamatan Struktur Mikro daerah Weld Metal

Pada zona logam las atau *weld metal* terlihat bahwa struktur mikro didominasi oleh perlit (P), dan ferit (F) tidak terlalu terlihat. Hal inilah yang menyebabkan nilai ketangguhan pada daerah logam las meningkat dan nilai kekerasannya menurun.

3) Pengamatan Struktur Mikro daerah Base Metal

Di area logam dasar atau *base metal*, kita dapat melihat butiran ferit (F) (warna terang) dan fase perlit (P) (warna gelap). Butir ferit cenderung lebih halus, sedangkan butir perlit lebih kasar dan keras karena mengandung karbon. Dalam hal ini, logam masih memiliki karakteristik yang melekat pada benda uji.



**Gambar 10.** Struktur Mikro pada daerah (a) HAZ; (b) Weld Metal; (c) Base Metal

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan pada penelitian ini maka bahwa berdasarkan hasil *tensile test*, *bending test* dan *nickbreak test* yang telah dilakukan pada spesimen Pipa API 5L X52 telah memenuhi (*Acceptance Criteria*) berdasarkan standar API-1104. Berdasarkan pengamatan struktur mikro terlihat bahwa perubahan struktur terjadi sepanjang daerah lasan dimana pada daerah HAZ dan *weld metal* memiliki fasa *pearlite* lebih banyak dibandingkan fasa *ferrite*. Saran yang dapat peneliti berikan kepada peneliti selanjutnya agar dapat menjadi peneliti yang lebih baik dari penelitian sebelumnya, alangkah baiknya peneliti selanjutnya menambahkan beberapa pengujian untuk mendapatkan informasi yang baru. Peneliti selanjutnya juga dapat menggunakan jenis material atau bahan yang berbeda.

#### 5. REFERENSI

- [1] Alip, M., *Teori dan Praktik Las*, Jakarta: Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan Jakarta, (1989).
- [2] Santoso, Joko., *Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Las SMAW Dengan Elektroda E37*, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, (2006).
- [3] Groover, Mikell P., *Fundamental Of Modern Manufacturing, Material, Proses And System*, USA: Penerbit Prentice-Hall Inc, (1996).
- [4] Yulistawati, Fiska., *Pengaruh Variasi Kampuh Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan*, (2016).
- [5] Bintoro, G.A., *Pengelasan SMAW Dasar-Dasar Pekerjaan Las*, Jilid 1, Yogyakarta: Penerbit Kanisius, (1999).
- [6] Fikri, Juniarto., *Pengaruh Variasi Jenis Elektroda Pada Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanik Baja SUS 304*, Fakultas Teknik Universitas Pancasila Tegal, (2015).
- [7] PPNS, *Modul Destructive Test*, Surabaya: PPNS, (2008).
- [8] D. H. Phillips, *Posisi Pengelasan, Welding Engineering: an Introduction*, (2016).
- [9] Sunaryo, Heri., *Spesifikasi Prosedur Pengelasan, Welder, Inspektur Las: Teknik Pengelasan Kapal*, Jilid 1, Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, (2008).
- [10] Wiryosumarto, H., T, Okumura., *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita, (2000).
- [11] ASME section IX, *Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Operator*, New York: The American Society of Mechanical Engineers. (2013).
- [12] Widarto, S., *Welding Inspection*, Jakarta: Mitra Wacana Media, (2013).
- [13] API 1104, *Welding Of Pipelines and Related Facilities*, Twenty-First Edition, (2013).
- [14] Saipem Technical Library, *API Specification 5L Forty-Second Edition*, American Petroleum Institute, (2000).
- [15] Lailiyah, Inayatul., *Analisis Perbandingan Proses Pengelasan SAW dan FCAW Pada Material ASTM A 36 Terhadap Uji Takik*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, (2017).
- [16] Lazuardi, Dedi., Andi Syah Putra, *Pengujian Sambungan Las Pipa API 5LX42 To API 5LX42 Dengan Menggunakan Standar API 1104*, Bandung: Universitas Pasundan, (2005).
- [17] Juliantini, Devipta., *Analisis Sifat Mekanik dan Metalografi Baja Karbon Rendah untuk Aplikasi Tabung Gas 3 Kg*, Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, (2010).

# Sifat Mekanis Mortar Plastik dengan Penambahan Fly Ash dan Pasir Silika

Jonbi<sup>1\*</sup>, A.R. Indra Tjahjani<sup>1</sup>, Mohamad Ali Fulazzaky<sup>2</sup>, dan Prima Ranna<sup>3,1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

<sup>2</sup> Sekolah Studi Pasca Sarjana, Universitas Juanda, Bogor

<sup>3</sup> Peneliti, PT. John Idetama Teknik, Jakarta

\* Corresponding author: [nanojbg@gmail.com](mailto:nanojbg@gmail.com)

**Abstrak.** Isu dunia konstruksi sekarang ini, adalah bagaimana mengatasi permasalahan yang berkaitan dengan pemanasan global, limbah plastik dan limbah industri yang mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengurangi dampak tersebut antara lain mengurangi pemakaian semen, pembatasan penggunaan plastik dan memanfaatkan limbah PLTU (Fly ash). Namun sayangnya upaya tersebut belum merupakan solusi yang secara signifikan dapat mengatasi permasalahan yang ada. Oleh karenanya perlu dilakukan penelitian yang berhubungan langsung dengan masalah pemakaian limbah plastik, fly ash dan pasir silika. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah plastik jenis *Polyethylene Terephthalate (PET)* ditambahkan dengan plastik LDPE sebagai mortar plastik. kemudian menganalisis penambahan fly ash dan pasir silika terhadap sifat mekanis mortar plastik tersebut. Persentase fly ash dan pasir silika yang digunakan sebesar 0%, 30%, 40% dan 50%. Pengujian sifat mekanis adalah uji kuat tekan dan tarik pada umur 7 dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan penambahan fly ash dan pasir silika dapat meningkatkan kuat tekan dan tarik mortar plastik. Persentase optimum penambahan total fly ash dan pasir silika sebesar 50% dan 50% pada penambahan pasir silika. Kontribusi penelitian mortar plastik ini, dapat diaplikasikan untuk saluran air, kanstein dan *concrete barrier*.

**Kata kunci**— *Fly ash, PET, LDPE, pasir silika, Sifat mekanis*

## 1. PENDAHULUAN

Industrialisasi dan peningkatan standar hidup secara signifikan telah meningkatkan jumlah limbah plastik dengan cepat selama beberapa dekade terakhir. Botol yang terbuat dari polyethylene terephthalate (PET) ditempat pembuangan sampah, tidak dapat terurai secara hayati menyebabkan masalah lingkungan di sebagian besar wilayah. Implikasinya masalah serius seperti pencemaran lingkungan dapat muncul ketika limbah ini tidak didaur ulang melainkan dibiarkan begitu saja [1]

Pada umumnya penggunaan plastik, berdampak negatif dibanding dengan bahan lainnya [2]. Salah satu upaya dengan mendaur ulang sampah plastik, sehingga dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan [3]. Mendaur ulang plastik seperti botol PET dalam beton memiliki keunggulan seperti peningkatan kuat Tarik, ketahanan kimia, dan penyusutan [4-5]. Penggunaan PET dalam beton memberikan manfaat untuk mengurangi limbah dan dapat mengurangi kerusakan lingkungan [6]. Sebagian besar sampah plastik bersifat non-biodegradable dan pembuangannya yang tidak tepat menjadi ancaman besar bagi tanah dan lingkungan [7]. Beberapa peneliti telah menggunakan plastik PET sebagai agregat halus dengan persentasi mulai dari 0,5%- 6%. Hasilnya menunjukkan optimal kuat tekan meningkat pada persentase plastik PET 2% [8,9]. Berbagai upaya penelitian terus dilakukan kini, Penelitian ini bertujuan memberikan pemanfaatan limbah plastik PET dan HPDE, dimana plastik PET dan LDPE difungsikan sebagai pasta(perekat) kemudian ditambahkan agregat fly ash dan pasir silika. Kontribusi penelitian mortar plastik ini, dapat diaplikasikan untuk saluran air, kanstein dan concrete barrier.

## 2. MATERIAL DAN METODE

### MATERIAL

Material yang digunakan seperti pada Gambar 1, yaitu *polyethylene Terephthalate (PET)*, *Low-Density Polyethylene (LDPE)*, *fly ash* dari PLTU Suralaya, Pasir Silika dari Pulau Bangka, Kemudian komposisi Kimia Fly ash, Pasir Silika seperti tampak pada Tabel 1, yang merupakan hasil XRF di Laboratorium Pusat Survei Geologi, Bandung. Untuk pengujian kuat tekan dan ketahanan terhadap suhu tinggi menggunakan sampel kubus 5x5x5 cm. Pengujian kuat tarik menggunakan sampel silinder dengan diameter 10 cm tinggi 20 cm, Metode curing yang dilakukan sesuai dengan ASTM C192.

**Tabel 1.** Komposisi kimia Fly Ash, Pasir Silika dan Semen

Komposisi kimia	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	LOI
Fly ash %	53.32	18.14	4.59	5.97	1.84	0.666	0.667	0.361	1.03	1.51	13.42
Pasir Silika %	99.24	0.14	0.11	0.03	0.01	-	-	-	0.07	-	0.40



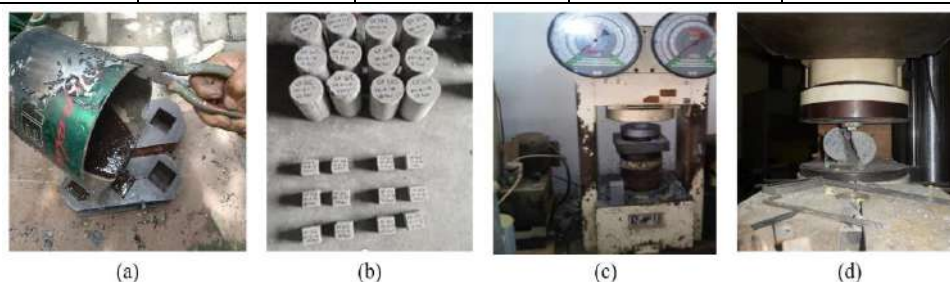
**Gambar 1.** Material yang digunakan : plastik PET (a), Plastik LDPE (b), Fly Ash (c) dan Pasir silika (d)

### METODOLOGI

Mix desain mortar plastik seperti terlihat pada Tabel 2, MP0 adalah mortar plastik kontrol, merupakan campuran plastik PET sebanyak 90% ditambahkan dengan 10% plastik LDPE. Kemudian MP1 merupakan MP0 yang ditambahkan Fly ash 15% dan Pasir silika 15%, MP2 dengan penambahan Fly ash 20% dan Pasir silika 20%, MP3 ditambahkan Fly ash 25% dan Pasir silika 25%. Sedangkan MP4-MP6 adalah mortar M0 dengan penambahan pasir silika sesuai dengan presentase pada Tabel. Proses pembuatan benda uji, plastik PET dan LPDE sesuai komposisi dipanaskan hingga mencair tambahkan 100 ml ile bekas agar plastik cair tersebut tidak mudah mengering. Tahappertama dibuat benda uji untuk kuat tekan mortar dan ketahanan terhadap temperature menggunakan kubus berukuran 5 x5 x5 cm .

**Tabel 2.** Mix Design Mortar Plastik, Fly ash, Pasir Silika

Kode	Plastik PET	Plastik LDPE	Fly Ash	Pasir Silika
MP0	90	10	0	0
MP1	90	10	15	15
MP2	90	10	20	20
MP3	90	10	25	25
MP4	90	10	0	30
MP5	90	10	0	40
MP6	90	10	0	50



**Gambar 2.** Pembuatan benda uji (a) dan pengujian kuat tekan (b) dan kuat tarik (c)

Tahap kedua pembuatan benda uji untuk tarik menggunakan silinder diameter 10 dengan tinggi 20 cm. sesuai dengan mix design. Tahap ketiga melakukan pengujian kuat tekan dan kuat Tarik sesuai dengan standar ASTM C109. Tahap ke empat dilakukan pengujian ketahanan terhadap suhu tinggi dengan cara sampel 5x5x5 cm , MP0 dan sampel yang hasil uji kuat tekan terbaik pada umur 28 hari yang dipanaskan di dalam oven dengan suhu 150 °C selama 180 menit dengan interval setiap 30 menit.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### KUAT TEKAN

Hasil kuat tekan seperti tampak pada Gambar 3, Terlihat kuat tekan pada sampel MP1, MP2 dan MP3 mengalami peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur dibandingkan dengan morar kontrol (MP0). Hasil yang sama ditunjukkan pada sampel MP4, MP5, dan MP6. Hasil ini menunjukkan bahwa Plastik PET dan HDPE dapat berfungsi sebagai pasta seperti pada mortar berbasis semen.



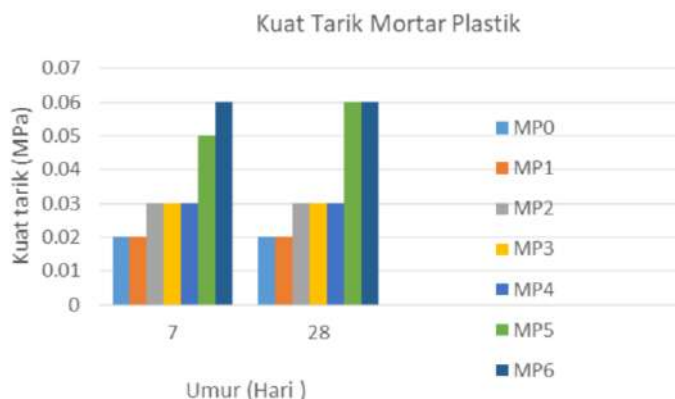


**Gambar 3.** Hasil Kuat Tekan Mortar Plastik, Fly ash, dan Pasir

Hasil ini memperlihatkan bahwa filler yang dapat ditambahkan mencapai 60% pasir silika atau fly ash 15% ditambah pasir silika 30%. Hasil ini berbeda dengan yang dilakukan beberapa peneliti yang menggunakan plastik PET sebagai pengganti agregat kasar, yang hasilnya menunjukkan penurunan kuat tekan beton hingga 33% dari beton normal [10.11]

**KUAT TARIK**

Hasil Kuat tarik dapat dilihat pada Gambar 4. dengan komposisi plastik, Fly ash, dan Pasir. Hasil menunjukkan kuat tekan meningkat seiring bertambahnya umur. Untuk komposisi fly ash dan pasir silika yang terbesar pada MP3. Sedangkan pada penambahan pasir silika saja pada sampel MP6. Hasil ini sejalan dengan beberapa peneliti sebelumnya bahwa kuat tarik meningkat sesuai penambahan umur beton [12.13].



**Gambar 4.** Kuat Tarik Mortar Plastik

**HASIL UJI KETAHANAN TERHADAP SUHU TINGGI**

Pada Tabel 3 pengujian perubahan bentuk dilakukan terhadap MP0, MP3 dan MP6, Hasilnya menunjukan tidak terjadi pengurangan berat benda uji, tetapi pada waktu pengujian selama 150- 180 menit, pada sampel terlihat mengalami retak rambut pada permukaan dapat di lihat pada Gambar 5. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya menyelidiki pengaruh degradasi termal PET dalam beton pada suhu yang berbeda seperti 200 C, 400 C, 600 C. Tidak ada perubahan besar yang diamati pada permukaan beton pada 200 C. Namun, dengan meningkatnya suhu, perubahan warna yang signifikan ditunjukkan pada permukaan beton[14].

**Tabel 3.** Pengujian Perubahan Bentuk Akibat Suhu Tinggi

Suhu	Umur (hari)	Waktu (menit)	Berat (Gram)		
			MP0	MP3	MP6
150 °C	28	0	143	211	206
		30	143	211	206
		60	143	211	206
		90	143	211	206
		120	143	211	206
		150	143	211	206
		180	143	211	206



Gambar 5. Gambar Keretakan Pada Benda Uji

#### 4. KESIMPULAN

1. Plastik PET dan LDPE ternyata dapat digunakan sebagai mortar plastik, dapat diaplikasikan untuk material konstruksi seperti saluran air, kanstein dan *concrete barrier*.
2. Kuat tekan dan kuat Tarik mortar mengalami peningkatan yang cukup signifikan dengan penambahan material kombinasi Fly ash 25% dan Pasir silika 25%, dan Pasir silika 50%
3. Hasil perubahan bentuk akibat suhu tinggi tidak mengalami penurunan berat sama sekali, tetapi terdapat retak.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada RISTEKBRIN dengan skema Riset Terapan .

#### 5. REFERENSI

- [1] Ahmad K. Jassim (“Recycling of Polyethylene Waste to Produce Plastic Cement”. Science Direct, Vol. 8, 635-642 92017)
- [2] Richie.I. Umasabor, Samuel.C. Daniel “The effect of using polyethylene terephthalate as an additive on the flexural and compressive strength of concrete”. Heliyon, Vol 6, ISSUE 8. 2020
- [3] Harald Pilz, Bernd Brandt, Roland Fehringer “The impact of plastics on life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions in Europe”. denkstatt GmbH Hietzinger Hauptstraße 28. 2010
- [4] Nabajyoti Saikia, Jorge de Brito “Mechanical properties and abrasion behaviour of concrete containing shredded PET bottle waste as a partial substitution of natural aggregate”. Construction and Building Materials, Vol. 52, 236-244. 2014
- [5] E. Rahmani, M. Dehestani, M.H.A. Beygi, H. Allahyari, I.M. Nikbin “On the mechanical properties of concrete containing waste PET particles”. Construction and Building Materials, Vol 47, 1302-1308.2013
- [6] Mariaenrica Frigione “Recycling of PET bottles as fine aggregate in concrete”. Waste Management, Vol 30, 1101-1106 2010
- [7] M. Frigione, Recycling of PET Bottles as fine aggregate in concrete, Waste Manag.30 (6) 1101-1106. 2010.
- [8] Ramadevi, K., Manju, R., 2012. Experimental investigation on the properties of concrete with plastic PET (bottle) fibers as fine aggregates. Int. J. Emer. Tech. Adv. Eng. 2 (6), 42-46.
- [9] de Mello, D., Pezzin, S.H., Amico, S.C., The effect of post-consumer PET particles on the performance of flexible polyurethane foams. Polymer Testing 28, 702-708. 2009
- [10] M.J. Islam, M.S. Meherier, A.K.M.R. Islam, Effects of waste PET as coarse aggregate on the fresh and harden properties of concrete, Constr. Build. Mater. 125 946-951.2016
- [11] Choi, Y.W., Moon, D.J., Chung, J.S., Cho, S.K., Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete. Cement Concr. Res. 35 (No. 4), 776-781. 2002
- [12] R. Silva, Jd. Brito, N. Saikia, Influence of curing conditions on the durability- related performance of concrete made with selected plastic waste aggregates, Cement and concrete composite 35 (2013) 23-31.
- [13] Ismail, Z.Z., AL-Hashmi, E.A., Use of waste plastic in concrete mixture as aggregate replacement. Waste Management 28, 2041-2047.2008
- [14] C. Albano, N. Camacho, M. Hernandez, A. Matheus, Influence of content and particle size of waste pet bottles on concrete behavior at different w/c ratios, Waste Management 29(10) 2707-16. 2009

# Analisis Kekuatan Tarik dan Elongasi Kawat Tembaga Hasil Proses Drawing Akibat Variasi Persentase Reduksi Dies

Adam Izzuddin<sup>1\*</sup>, Estu Prayogi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

\* Corresponding author: adamizzuddin@gmail.com

**Abstrak.** Proses *wire drawing* adalah proses pengerjaan dingin yang dilakukan untuk mengurangi luas penampang kawat. Setiap kawat hasil dari proses *drawing* akan berbeda-beda tergantung dari parameter proses *drawing* yang dilakukan. Persentase reduksi pada *dies* menyebabkan perbedaan kualitas dan karakteristik dari kawat hasil dari proses *drawing*, antara lain nilai kekuatan tarik dan elongasi pada kawat. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk membandingkan nilai kekuatan tarik dan elongasi kawat tembaga dari hasil proses *drawing* dengan kawat tembaga sebelum dilakukan proses *drawing*. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini menggunakan kawat tembaga dengan nilai persentase kemurnian sebesar 99,9 % dan diameter 2,3 mm dan akan dibuat menjadi kawat dengan ukuran diameter 0,5 mm, 0,8 mm, 1,05 mm, dan persentase reduksi *dies* akhir yang digunakan dari setiap ketiganya adalah 10,08 %, 21,39 %, dan 16,64%. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa nilai kekuatan tarik tembaga mengalami kenaikan dari 26,21 kg/mm<sup>2</sup> menjadi 42,072 kg/mm<sup>2</sup> pada persentase reduksi 10,08%, dari 26,25 kg/mm<sup>2</sup> menjadi 42,538 kg/mm<sup>2</sup> pada persentase reduksi 16,64%, dan kenaikan terbesar terjadi pada persentase 21,39% dari 26,26 kg/mm<sup>2</sup> menjadi 42,9616 kg/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk nilai elongasi pada kawat tembaga mengalami penurunan dari 32,8% menjadi 2,16% pada persentase reduksi 10,08%, dari 32,8 % menjadi 1,84% pada persentase 16,64% dan penurunan elongasi terbanyak terjadi pada persentase reduksi 21,39% yaitu dari 32,4 % menjadi 0,88 % .

**Kata kunci**— *Wire drawing, tembaga, reduksi, kekuatan tarik, elongasi*

## 1. Pendahuluan

Penarikan kawat (kawat *drawing*) merupakan proses penarikan sebuah batang logam panjang dengan diameter tertentu yang dilewatkan melalui sebuah lubang cetakan (*dies*). Dalam proses tersebut ada beberapa parameter yang telah diteliti memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik dari sebuah kawat hasil proses *drawing*. Parameter tersebut antara lain, gaya *drawing*, desain cetakan, persentase dan rasio reduksi, kecepatan *drawing*, komposisi dan karakteristik bahan, pelumasan dan proses treatment sebelum proses *drawing*.

Penelitian tentang optimasi sudut cetakan pernah dilakukan dengan simulasi melalui bantuan software ANSYS. Penelitian tersebut menemukan bahwa gaya dan tegangan *drawing* akan menurun seiring dengan semakin besarnya sudut cetakan *wire drawing*, namun gaya dan tegangan *drawing* tersebut akan kembali meningkat ketika sudut cetakan tersebut terus diperbesar [1]. Sementara pada pengujian langsung didapat hasil bahwa, semakin besar sudut cetakan yang digunakan pada proses *wire drawing*, akan memperkecil tegangan tarik yang dibutuhkan untuk melakukan proses *drawing* [2]. Pengaruh sudut cetakan terhadap efisiensi pengerjaan adalah penggunaan sudut cetakan *wire drawing* yang semakin besar, akan memperbesar produksi hasil *wire drawing* dan juga memperbesar jumlah kerusakan dalam produksi tersebut [3].

Kecepatan *drawing* pada proses *wire drawing* juga berpengaruh terhadap sifat mekanik kawat hasil *drawing*. Peningkatan kecepatan *drawing* berbanding lurus dengan peningkatan kekuatan tarik kawat hasil *drawing* [4]. Persentase reduksi pada proses *wire drawing* berpengaruh terhadap beberapa sifat mekanik kawat hasil *drawing*. Semakin besar persentase pengurangan luas kawat tembaga, akan menyebabkan perubahan struktur mikro yang semakin pipih, tanpa ada perubahan fasa dan menyebabkan nilai kekerasan kawat tersebut juga akan semakin besar [5]. Peningkatan persentase reduksi pada proses *wire drawing* kawat NiTi juga akan memperkecil angka kekasarannya dan akan memperbesar tegangan *drawing* yang dibutuhkan untuk melakukan proses *drawing* [6].

Adanya variasi persentase reduksi akan menyebabkan perbedaan pada kawat hasil *drawing*. Peningkatan nilai persentase reduksi akan menyebabkan bagian kawat yang terdeformasi akan semakin besar. Peningkatan daerah yang mengalami deformasi ini diduga akan menyebabkan perbedaan pada sifat-sifat mekanik kawat tembaga hasil proses *drawing*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi persentase reduksi terhadap nilai kekuatan tarik dan kekasaran kawat tembaga hasil penarikan.

## 2. Metode Penelitian

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan sistem uji tarik dengan menggunakan standar ASTM E8. ASTM E8 menjelaskan uji tarik logam seperti baja atau logam paduan. Tes ini menentukan sifat mekanik yang penting seperti kekuatan yield, kekuatan tarik utama, perpanjangan, dan pengurangan daerah.

### Peralatan uji

Mesin kuat tarik untuk metal (Zwick kapasitas 20 s/d 5000 kg), Micrometer, Penggaris Spidol artline 70

### Persiapan uji

Kawat tembaga yang digunakan pada penelitian kali ini memiliki komposisi kimia sebagai berikut.

**Tabel 1.** Komposisi Kimia Tembaga

Impurity (Part per Milion / ppm)										Cu (%)
Fe	Pb	Sn	Ni	Bi	As	Sb	Ag	Te	Se	
Max.10	Max.5	Max.5	Max.10	Max.1	Max.5	Max.4	Max.25	Max.1	Max.2	Min. 99,90

Contoh bahan uji dipotong  $\pm 300$  mm, dan diberi tanda pada kedua ujungnya masing-masing 50 mm, sehingga didapatkan jarak uji di tengah 250 mm

Pengukuran diameter dilakukan minimum 4 titik yang berbeda

Hitung luas penampang uji dengan formula sesuai dengan bentuknya [10].



Gambar 1 Pengukuran Diameter

### Cara uji

Bahan uji yang sudah dipersiapkan dijepit pada kedua ujungnya, sepanjang 250 mm dengan penjepit (grip) mesin kuat tarik. Kemudian ditarik hingga putus dengan kecepatan antara 50-70 mm/menit, disesuaikan dengan ukuran bahan uji [11].



Gambar 2 Proses Uji Tarik



Gambar 3 Proses Pengukuran Elongasi

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini digunakan tiga buah final *dies* dengan diameter *dies* yang berbeda-beda. Adapun ukuran setiap final *dies* tersebut adalah 0,55 mm; 0,86 mm; 1,05 mm. dengan kawat tembaga yang ditarik berdiameter 2,3 mm. Berikut adalah susunan *dies* yang digunakan

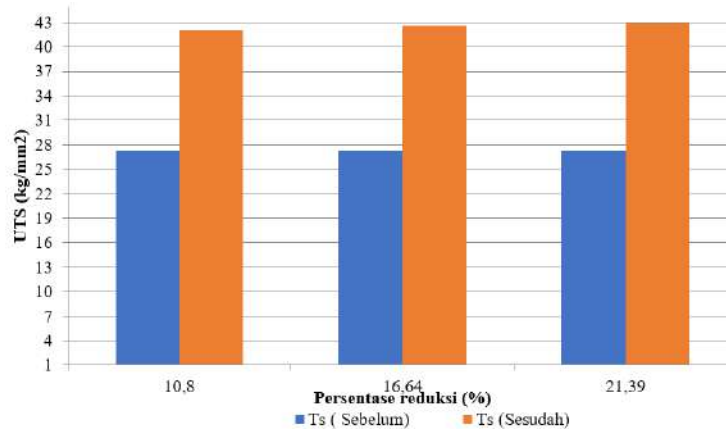
Tabel 2. Reduksi Dies

Final Die	D1(mm)	D0 (mm)	Persentase reduksi (%)
Die 0,5	0,58	0,55	10,08
Die 0,86	0,97	0,86	21,39
Die1,05	1,15	1,05	16,64

**Hasil uji tarik kawat tembaga**

Tabel 3. Rata-rata hasil perhitungan uji tarik

Final Die	Persentase reduksi (%)	Ts (sebelum)	Ts (sesudah)
Die 0,5	10,08	27,34 kg/mm <sup>2</sup>	42,072 kg/mm <sup>2</sup>
Die 0,86	21,39	27,34 kg/mm <sup>2</sup>	42,9616 kg/mm <sup>2</sup>
Die1,05	16,64	27,34kg/mm <sup>2</sup>	42,538 kg/mm <sup>2</sup>

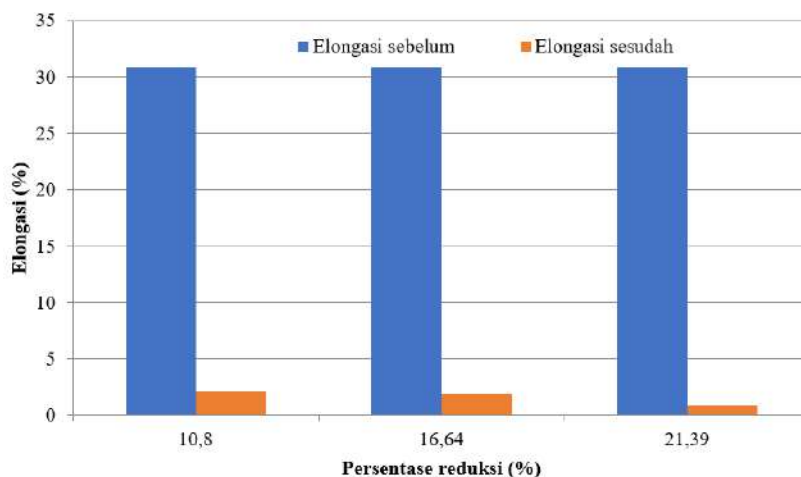


Gambar 4. grafik peningkatan kekuatan tarik kawat tembaga hasil pengujian

**Hasil perhitungan elongasi kawat tembaga**

Tabel 4. Rata-rata hasil perhitungan nilai elongasi

Final Die	Persentase reduksi (%)	Elongasi (sebelum)	Elongasi (sesudah)
Die 0,5	10,08	30,8%	2,16 %
Die 0,86	21,39	30,8%	0,88%
Die1,05	16,64	30,8%	1,84%



Gambar 5 Grafik penurunan nilai elongasi kawat tembaga hasil pengujian

**Pembahasan**

Deformasi yang terjadi pada proses *wire drawing* ini disebabkan oleh gaya tekan cetakan yang di terima kawat tembaga sebagai gaya reaksi terhadap gaya tarik yang digunakan untuk menarik kawat melewati cetakan. Gaya yang diterima oleh kawat tembaga untuk mendeformasi kawat tersebut, menyebabkan terjadinya pergeseran atom-atom searah dengan gaya tekan cetakan pada kawat tembaga.

Deformasi ini menyebabkan panjang dari kawat tembaga menjadi lebih panjang dan diameter hasil proses *drawing* menjadi lebih kecil. Ketika gaya yang diterima oleh kawat tembaga lebih besar dari pada tegangan luluhnya, maka atom yang sudah bergeser akan sangat sulit untuk kembali ke posisi semula, sehingga akan menyebabkan terjadinya deformasi plastis. Artinya, deformasi plastis akan tercapai apabila tegangan dan regangan secara bersamaan melampaui kekutan luluhnya [5].

Dari hasil pengujian sampel kawat hasil proses *drawing* diketahui sifat keuletan dari kawat tembaga berubah menjadi lebih getas (*brittle*). Hal ini bisa dilihat dari nilai elongasi yang dihasilkan dari proses uji tarik dimana nilai elongasi dari kawat tembaga hasil proses *drawing* kurang dari 5% yang sebelumnya nilai elongasi pada kawat tembaga diatas 5%. Variasi persentase reduksi *dies* juga mempengaruhi sifat mekanis dari kawat tembaga hasil proses *drawing*. Dari hasil pengujian didapatkan semakin besar nilai persentase reduksi sebuah *dies* maka nilai kekuatan tarik dari hasil kawat tembaga akan semakin meningkat sedangkan untuk nilai elongasi pada kawat tembaga akan semakin menurun.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan bahawa pada proses *wire drawing* menyebabkan kenaikan nilai kekuatan tarik dan penurunan nilai elongasi pada kawat tembaga hasil proses *wire drawing*. selain itu sifat keuletan dari kawat tembaga berubah menjadi lebih getas (*brittle*). Variasi persentase reduksi *dies* mempengaruhi sifat mekanis dari kawat tembaga hasil proses *drawing*. Dari hasil pengujian didapatkan semakin besar nilai persentase reduksi sebuah *dies* maka nilai kekuatan tarik dari hasil kawat tembaga akan semakin meningkat sedangkan untuk nilai elongasi pada kawat tembaga akan semakin menurun.

#### 5. Referensi

- [1] ardi nugroho, "analisa *wire drawing* pada proses penarikan kawat tembaga menggunakan simulasi software ansys 8.0," feb. 2008..
- [2] N. Noonai, A. Khantachawana, P. Kaewtathip, and J. Kajornchaiyakul, "Influences of Reduction Ratio on Mechanical Properties and Transformation Temperature of NiTi Drawn Wires," 2011.
- [3] V. Tittel, M. Zelenay, and E. Kudelas, "EFFECT OF *DRAWING* ANGLE SIZE OF A DIE ON *WIRE DRAWING* AND BUNCHING PROCESS," 2012.
- [4] M. Suliga, "The influence of the high *drawing speed* on mechanical-technological properties of high carbon steel wires," *Arch. Metall. Mater.*, vol. 56, no. 3, pp. 823-828, 2011, doi: 10.2478/v10172-011-0091-z.
- [5] M. D. H. A. B. Mohammad Firman, "Analisis Kekuatan Tarik dan Kekasaran Kawat Tembaga Hasil *Drawing* akibat Variasi Persentase Reduksi," 2013.
- [6] E. M. Rubio, A. M. Camacho, L. Sevilla, and M. A. Sebastián, "Calculation of the forward tension in *drawing* processes," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 162-163, no. SPEC. ISS., pp. 551-557, 2005, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2005.02.122.
- [7] T. Surdia and S. Saito, "Pengetahuan Bahan Teknik," 1985.
- [8] N. Hasbullah, "Pengetahuan Umum PROSES *DRAWING* MACHINE," 2019.
- [9] A. Purna Irawan, "Diktat Elemen Mesin," 2009.
- [10] W. D. Callister *et al.*, *Materials science and engineering: an introduction*. wiley, 2021.,
- [11] ASTM E8, "ASTM E8/E8M standard test methods for tension testing of metallic materials 1," *Annu. B. ASTM Stand.* 4, no. C, pp. 1-27, 2010, doi: 10.1520/E0008.

# Analisis Penyebab Downtime pada Mesin Depalletizer dengan Menggunakan Metode FMEA dan FUZZY FMEA di PT. SEI

Valindi Laksana Hadi<sup>1</sup>, Dr. Laela Chairani, ST., MT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

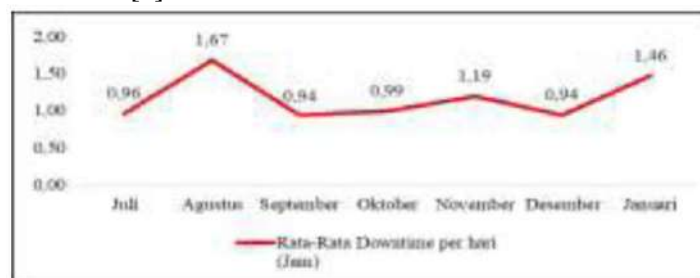
**Abstrak.** Mesin Depalletizer merupakan mesin penyuplai packaging material berupa botol untuk proses produksi di PT. SEI. Masalah yang terjadi pada mesin tersebut adalah tingkat frekuensi kejadian minor *downtime* saat menyuplai botol sangat tinggi. Akibatnya, produktivitas produksi di PT. SEI mengalami penurunan dan perlu dilakukan analisis dan perbaikan guna mengatasi permasalahan tersebut. Penggunaan *Fishbone diagram* dan *Why's analysis* diperlukan guna mencari akar penyebab masalah. Dilanjutkan dengan metode Fuzzy FMEA untuk menetapkan masalah dengan peringkat 3 teratas, yang dilihat berdasarkan nilai dari *Fuzzy Output*. Peringkat pertama dengan FRPN masing-masing sebesar 112 adalah mode kegagalan yang diakibatkan kesalahan *set up* mesin oleh operator pada saat proses produksi berlangsung (F2) dan *set up guide conveyor* yang tidak disesuaikan dengan dimensi bentuk botol (F3). Peringkat kedua dengan nilai FRPN 97,9 adalah mode kegagalan yang disebabkan kurangnya pemantauan secara konsisten oleh operator akibat beban kerja tinggi (F9). Peringkat ketiga dengan nilai FRPN 95,1 adalah mode kegagalan yang disebabkan penguasaan operator terhadap mesin masih kurang (F1). Usulan perbaikan yang disarankan adalah membuat Standar Operasional Prosedur (SOP) mesin Depalletizer, melakukan perhitungan beban kerja operator guna menentukan jumlah operator yang sesuai dengan kebutuhan pengoperasian mesin Depalletizer, dan mengadakan pelatihan operator di PT. SEI.

**Kata kunci**—Mesin Depalletizer, Downtime, Produktivitas, Fuzzy, FMEA.

## 1. PENDAHULUAN

PT. SEI merupakan perusahaan yang bergerak di sektor food and beverage, dimana didalam proses produksinya telah menggunakan mesin otomatis. Mesin tersebut tentunya harus dilakukan perawatan secara rutin agar dapat beroperasi secara maksimal agar proses produksi di PT. SEI dapat berjalan secara lancar. PT. SEI sendiri memiliki 3 lini produksi yang berbeda kegunaan agar mendapatkan varian produk yang berbeda. Pada pengamatan yang dilakukan oleh peneliti pada salah satu lini produksi, diketahui bahwa performa lini tersebut masih dibawah standar produksi. Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan OEE pada periodebulan Juli 2020 sampai bulan Januari 2021, dimana selama periode tersebut nilai OEE tidak pernah mencapainilai 85%. Akibatnya, terjadi penurunan hasil produksi yang tentunya mempengaruhi produktivitas lini proses tersebut.

Setelah dilakukan penelusuran terkait penurunan produktivitas pada lini tersebut, diketahui terdapat satu mesin yang mengalami frekuensi minor downtime yang cukup tinggi. Mesin tersebut adalah mesin Depalletizer. Mesin ini berfungsi untuk menyuplai botol atau kaleng kosong dari pallet bahan baku menuju jalur transfer menuju ke mesin pengisian sirup atau larutan. Jika mesin penyuplai ini sering terjadi downtime maka semua mesin pada lini tersebut juga terkena dampaknya dimana akan terjadi penurunan performa pada seluruh mesin yang ada. Dari data yang telah dihimpun dari PT. SEI apabila digambarkan ke dalam grafik, total waktu *downtime* rata-rata per hari produksi dalam periode Juli 2020 hingga Januari 2021 [1].



**Gambar 1.** Gambar Keretakan Pada Benda Uji

Diketahui pada gambar 1, bahwa mesin Depalletizer meyumbang rata-rata downtime proses produksi dengan waktu terendah 0,94 jam dan paling tinggi adalah 1,67 jam. Hal tersebut tentu harus diperhatikan karena pada grafik diatas juga menunjukkan tren meningkat. Sebab itu perlu dilakukan analisa lebih lanjut agar masalah pada mesin Depalletizer dapat teratasi dan mampu meningkatkan performa mesin produksi secara keseluruhan. Berdasarkan hal-hal yang sudah dijelaskan tersebut, maka tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisa penyebab apa saja yang mempengaruhi downtime pada mesin Depalletizer.
2. Melakukan pemeringkatan masalah;
3. memberikan usulan perbaikan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT. SEI pada periode Juli 2020 hingga Januari 2021, dimana data yang diolah diperoleh dengan cara melakukan wawancara untuk memperoleh informasi tentang permasalahan yang terjadi di mesin depalletizer. Hasil wawancara tersebut kemudian digambarkan dalam diagram tulang ikan agar mempermudah menemukan akar penyebab dari setiap permasalahan. Setelah diperoleh akar penyebabnya, maka langkah selanjutnya adalah melakukan kuisisioner pada pihak yang terkait dengan proses produksi guna memperoleh nilai dalam FMEA untuk mengukur tingkat keparahan dan tingkat keseringan terjadinya akar penyebab tersebut.

Nilai FMEA diperoleh dari 5 koresponden, sehingga dilakukan perhitungan rata-rata geometrik untuk mendapatkan nilai tunggal dalam setiap variabel FMEA. Setelah setiap variabel telah terpenuhi nilainya, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan FMEA konvensional untuk menentukan Risk Priority Number (RPN) dari setiap akar penyebab, dimana persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut;

$$RPM = S \cdot O \cdot D \quad (1)$$

Adanya kemungkinan nilai RPN metode FMEA konvensional mengalami bias akibat metode FMEA biasa tidak dapat memodelkan sesuatu yang bersifat tidak pasti, maka dilakukanlah perhitungan tambahan dengan menggunakan metode Fuzzy-FMEA sebagai pembanding<sup>[2]</sup>. Dalam perhitungan *Fuzzy* langkah-langkah yang harus dilakukan adalah menentukan himpunan fungsi *input* dan *ouput fuzzy*, menentukan aturan *fuzzy*, komposisi *fuzzy* dan terakhir dilakukan defuzzifikasi. *Output* dari perhitungan fuzzy-FMEA berupa titik pusat atau dapat disebut juga dengan F-RPN. Dari nilai F-RPN inilah dilakukan pemeringkatan kembali pada kemungkinan masalah utama yang terjadi pada mesin Depalletizer.<sup>[5]</sup> Dari hasil pemeringkatan tersebut, diambil 3 peringkat teratas yang memiliki nilai F-RPN tertinggi. Kemudian dari 3 peringkat tersebut, peneliti akan melakukan saran dan usulan perbaikan agar *downtime* pada mesin depalletizer dapat diminimalisir.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Identifikasi Akar Penyebab Masalah

Dari hasil wawancara diketahui bahwa terjadi 9 mode kegagalan yang menjadi penyebab terjadinya permasalahan yang ada pada mesin depalletizer. 9 mode kegagalan ini diperoleh dari penjabaran 4 faktor yang meliputi faktor manusia, metode, mesin dan material yang digunakan didalam proses operasi mesin Depalletizer. Adapun 9 mode kegagalan tersebut adalah:

1. *Faktor Manusia*: Operator belum menguasai mesin disimbolkan dengan kode F1; Operator sering melakukan kesalahan set up mesin (F2).
2. *Faktor Mesin*: Posisi *guide conveyor* tidak disesuaikan dengan bentuk botol (F3); Motor *lifter Depalletizer tripped* (F4); *Clipper* tidak dapat menjepit layer secara maksimal (F5); Kecepatan motor untuk conveyor terlalu lambat/cepat (F6).
3. *Faktor Material*: Konfigurasi susunan botol antar *supplier* berbeda (F7).
4. *Faktor Metode*: *Change over* mesin tidak maksimal (F8); Tidak adanya pemantauan secara konsisten pada jalur transfer botol (F9).

### Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)

Salah satu metode yang bertujuan untuk menganalisa dan mengetahui tingkat prioritas dalam penyelesaian masalah adalah dengan cara menggunakan metode FMEA. Komponen dalam penilaian ini terdiri dari 3 tingkat yaitu tingkat keparahan (*severity*), tingkat kejadian (*occurrence*) dan tingkat pendeteksian (*detection*).<sup>[3]</sup> Dengan menggunakan persamaan (1), maka nilai RPN yang diperoleh dari Perhitungan FMEA secara konvensional dapat dilihat pada tabel 1.



**Tabel 1. Perhitungan FMEA konvensional**

Karakteristik yang diharapkan	Mode kegagalan	Penyebab kegagalan	Efek dari kegagalan	Tingkat Keparahan (S)	Frekuensi kejadian (O)	Peluang Deteksi (D)	RPN (SxOxD)	Rank
<b>Downtime keterlambatan suplai botol pada mesin Depalletizer dapat di minimalisir</b>	Operator belum menguasai mesin Depalletizer. (F1)	Belum ada <i>training</i> pengoperasian mesin	Penanganan pada <i>troubleshoot</i> mesin lebih lama.	4.000	4.373	2.551	44.624	5
	Operator sering melakukan kesalahan set up mesin. (F2)	Belum ada pembakuan parameter <i>setting</i> mesin Depalletizer.	Terjadi <i>downtime</i> untuk set up mesin ulang.	3.949	4.782	4.373	82.578	1
	Posisi guide conveyor tidak disesuaikan dengan bentuk botol (F3)	Belum ada pembakuan parameter set up mesin Depalletizer.	Suplai botol terhenti selama 5-10 menit	4.573	5.000	3.366	76.961	2
	Motor lifter Depalletizer <i>tripped</i> . (F4)	Tindakan <i>preventif maintenance</i> belum tersedia	Suplai botol terhenti selama 10-20 menit	3.565	2.352	2.408	20.195	8
	Clipper tidak dapat menjepit layer secara maksimal. (F5)	Tindakan <i>preventif maintenance</i> belum tersedia	Reject botol tinggi dan suplai botol terhenti selama 5-10 menit	2.930	3.178	2.000	18.622	9
	Kecepatan motor untuk conveyor terlalu lambat/cepat. (F6)	Belum ada pembakuan parameter <i>setting</i> mesin Depalletizer.	Suplai botol terhenti selama 5-10 menit	3.776	5.000	2.551	48.164	4
	Konfigurasi susunan botol antar suplier berbeda. (F7)	Belum ada pembakuan parameter <i>setting</i> mesin Depalletizer.	Set up bagian side holder (suplai botol terhenti 10 menit)	3.178	4.000	1.741	22.131	7
	Change over mesin tidak maksimal. (F8)	Pembatasan pemakaian botol untuk uji coba hasil <i>change over</i> .	Set up ulang mesin Depalletizer (stop suplai botol 5-10 menit)	2.551	4.183	3.000	32.007	6
	Tidak adanya pemantauan secara konsisten pada jalur transfer botol. (F9)	Operator mesin Depalletizer hanya 1 orang per shift kerja	Tidak ada antisipasi pencegahan bottleneck pada jalur suplai (stop suplai 2-3 menit)	3.565	5.000	3.000	53.478	3

Pada tabel 1 dapat diketahui bahwa kisaran nilai RPN berada di angka 18,622 sampai dengan 82,578. Setelah diketahui besaran nilai RPN dari setiap masalah yang ada pada mesin depalletizer, penentuan peringkat sudah dapat dilakukan. Fokus utama perbaikan dalam permasalahan yang terjadi pada mesin Depalletizer adalah dengan melihat 3 peringkat teratas yang memiliki nilai RPN tinggi. Dari pemeringkatan masalah yang ada pada tabel 2, menunjukkan bahwa masalah dengan kode F2 menempati peringkat pertama dengan nilai RPN sebesar 82, 578; diikuti posisi ke-2 masalah F3 dan posisi ke-3 masalah F9 dengan masing-masing RPN sebesar 76,961 dan 53,478.

Permasalahan yang dihadapi pada F2 dan F3 memiliki kesamaan, yaitu keduanya merupakan masalah yang terjadi akibat belum adanya parameter set up yang dibakukan ke dalam Standar Operasional Prosedur (SOP) untuk menjadi nilai acuan dalam melakukan *set up* mesin Depalletizer. Sedangkan permasalahan yang terjadi pada F9 apabila melihat pada tabel 1, masalah tersebut muncul akibat keterbatasan tenaga kerja dalam melakukan pengoperasian mesin, mengingat dimensi mesin

yang cukup panjang (17,5 meter) sehingga dalam pengoperasian dan pengecekan pada saat proses produksi berlangsung mobilitas tenaga kerja dinilai cukup tinggi.

**Fuzzy – FMEA**

Analisis menggunakan fuzzy bertujuan untuk dapat memodelkan sesuatu yang tidak pasti dan berperan penting dalam pengambilan suatu keputusan yang rasional.<sup>[4]</sup> Penggunaan metode FMEA konvensional akan mengalami kesulitan dalam menentukan dan mengubah variabel numerik menjadi variabel linguistik, karena dari perhitungan yang sebelumnya telah dilakukan setiap nilai Input untuk mendapatkan RPN dapat dikatakan masih mengalami bias.<sup>[6]</sup>

1. *Pembentukan Himpunan Input Fuzzy.* Dalam pembentukan himpunan Fuzzy dibentuk parameter fungsi keanggotaan dan tipe kurva yang telah disusun bersama dengan tim manajemen produksi untuk mengkategorikan tingkat permasalahan. Himpunan input fuzzy dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Parameter fungsi Input S, O, D

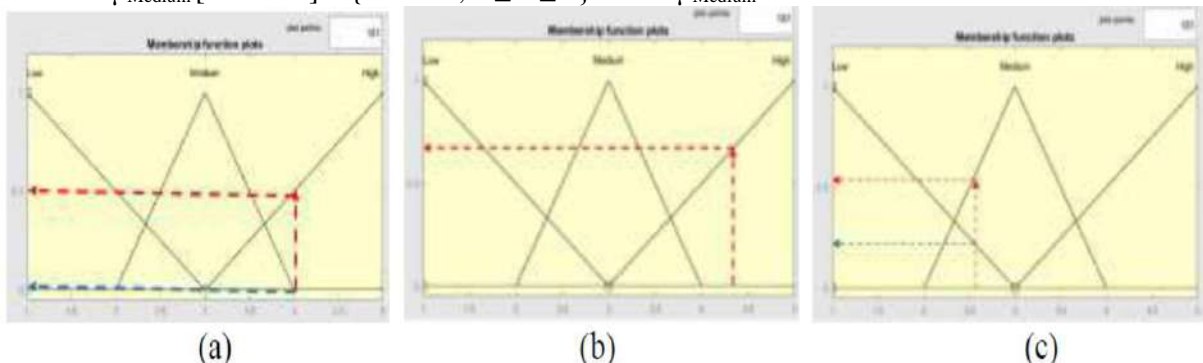
Kategori	Tipe Kurva	Parameter
Low	Segitiga	[1 1 3]
Medium	Segitiga	[2 3 4]
High	Segitiga	[3 5 5]

2. *Pembentukan Himpunan Output Fuzzy-FMEA.* Himpunan output dibentuk parameter dan tipe kurva yang dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3.** Parameter fungsi output S, O, D

Kategori	Tipe Kurva	Parameter
Very Low	Segitiga	[1 1 25]
Low	Segitiga	[25 37,5 50]
Medium	Segitiga	[50 62,5 75]
High	Segitiga	[75 87,5 100]
Very High	Segitiga	[100 125 125]

3. *Aturan Fuzzy.* Pembentukan aturan Fuzzy dalam penelitian yang dilakukan merupakan hasil kesepakatan bersama dengan perusahaan terkait, sehingga dengan menggunakan 3 variabel FMEA dan 3 input fuzzy maka total aturan yang terbentuk adalah sebanyak 27 aturan ( $3^3 = 27$ ).
4. *Perhitungan Derajat Keanggotaan Variabel Input.* Dalam perhitungan yang dilakukan akan menggunakan akar masalah F1 saja sebagai contoh, maka perhitungannya sebagai berikut:
  - a. Nilai masukan *Severity* = 4.000; memotong garis turun kurva *Medium* dan garis naik kurva *High*.  $\mu_{\text{medium}} [x : 4.000] = \{0 ; x \geq 4\}$ . maka  $\mu_{\text{medium}} = 0$   
 $\mu_{\text{high}} [x : 4.000] = \{x-3/5-3 ; 3 \leq x \leq 5\}$ . maka  $\mu_{\text{high}} = 0.5$
  - b. Nilai masukan *Occurrence* = 4.373; hanya memotong garis naik pada kurva *High*  
 $\mu_{\text{high}} [x : 4.373] = \{x-3/5-3 ; 3 \leq x \leq 5\}$ . maka  $\mu_{\text{high}} = 0.687$
  - c. Nilai masukan *Detection* = 2.551; memotong garis turun kurva Low dan garis naik kurva Medium  
 $\mu_{\text{Low}} [x : 2.551] = \{3-x/3-1 ; 1 \leq x \leq 3\}$ . maka  $\mu_{\text{Low}} = 0.225$   
 $\mu_{\text{Medium}} [x : 2.551] = \{x-2/3-2 ; 2 \leq x \leq 3\}$ . maka  $\mu_{\text{Medium}} = 0.551$

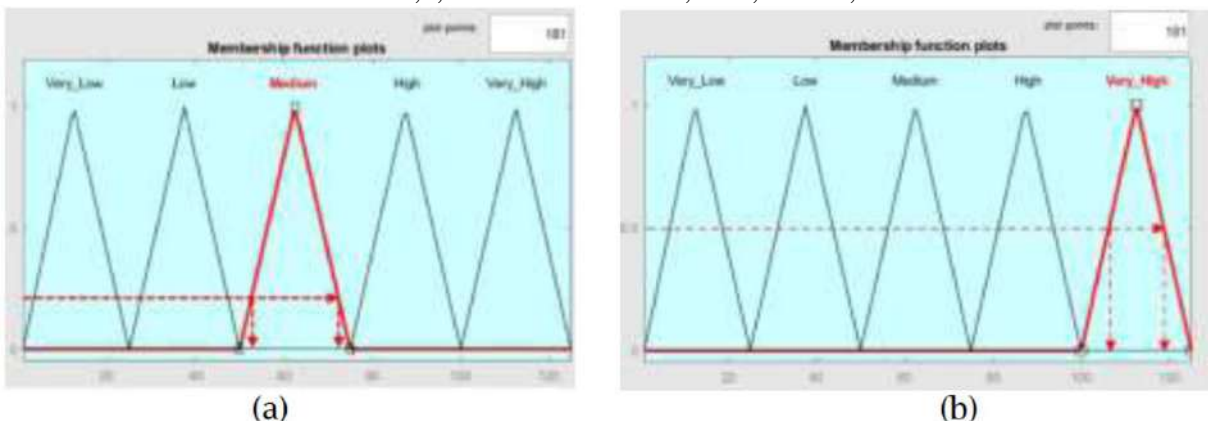


**Gambar 2.** Ilustrasi perpotongan kurva input fuzzy: (a) Variabel *Severity*; (b) Variabel *Occurrence*; (c) Variabel *Detection*

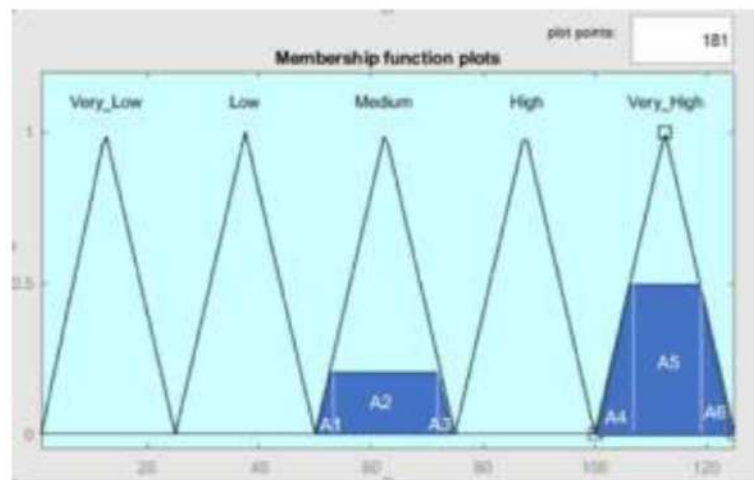
5. *Menentukan Fungsi Implikasi dari Aturan Fuzzy.* Dari perhitungan variabel input tersebut

kemudian dimasukkan kedalam aturan Fuzzy dan dicari nilai derajat keanggotaan terkecil atau minimum dari aturan tersebut. Dari hasil implikasi aturan Fuzzy didapatkan aturan-aturan yang memiliki daerah hasil implikasi minimum dengan Input variabel Severity = 4,000, Occurrence = 4,373; dan Detection = 2,551 untuk jumlah aturan keseluruhan sebanyak 27 aturan. Diketahui bahwa nilai maksimum dalam komposisi aturan hanya dimiliki oleh aturan 25 sebesar 0,225; dan aturan 26 sebesar 0,5; sehingga batas nilai  $\mu_F$ -RPN sudah dapat dihitung.

6. *Komposisi Aturan Output Fuzzy*. Diketahui bahwa nilai maksimum komposisi aturan hanya dimiliki oleh aturan 25 dan aturan 26. Pada aturan 25 nilai maksimum derajat keanggotaan adalah sebesar 0,225 ( $\alpha_1$ ) dan aturan 26 memiliki derajat keanggotaan minimum 0,5 ( $\alpha_2$ ). Setelah diketahui perpotongan garis pada kurva himpunan output fuzzy, maka perhitungan nilai batas dapat dilakukan.
  - a. Nilai batas dengan  $\alpha_1 = 0,225$  pada kurva himpunan *output* medium diketahui memotong garis naik dan garis turun pada kurva *Medium* dimana akan menghasilkan nilai batas a1 dan a2. Maka perhitungan pada kurva *output fuzzy Medium* dapat diselesaikan dengan perhitungan sebagai berikut:  
 $\alpha_1 = a_1 - 50 / 62,5 - 50$ ; maka  $a_1 = 12,5 \times 0,225 + 50 = 52,813$   
 $\alpha_1 = 75 - a_2 / 75 - 62,5$ ; maka  $a_2 = 75 - 12,5 \times 0,225 = 72,188$
  - b. Nilai batas dengan  $\alpha_2 = 0,5$  pada kurva himpunan output Very High diketahui; memotong garis naik dan garis turun pada kurva *Very High* dimana akan menghasilkan nilai batas a3 dan a4. Maka perhitungan pada kurva output fuzzy Very High dapat diselesaikan dengan perhitungan sebagai berikut:  
 $\alpha_2 = a_3 - 75 / 87,5 - 75$ ; maka  $a_3 = 12,5 \times 0,5 + 100 = 106,25$   
 $\alpha_2 = 125 - a_4 / 125 - 112,5$ ; maka  $a_4 = 125 - 12,5 \times 0,5 = 118,75$



**Gambar 3.** Ilustrasi perpotongan kurva *output fuzzy*: (a)  $\alpha_1$  pada kurva *medium*; (b)  $\alpha_2$  pada kurva *very high*



**Gambar 4.** Daerah Implikasi dan Komposisi Aturan Mode Kegagalan F1

7. *Defuzzifikasi*. Cara memperoleh titik pusat adalah dengan cara mencari momen daerah yang kemudian dibagi dengan luas daerah implikasi. Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa daerah implikasi membentuk dua buah bidang trapesium. Untuk memudahkan dalam mencari titik pusat daerah

tersebut, bidang trapesium dibagi menjadi 6 bidang secara berurutan yaitu A1, A2, A3, A4, A5, dan A6.

Perhitungan untuk mendapatkan titik pusat (*centroid*) dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Titik Pusat} &= \frac{\sum \text{Momen}}{\sum \text{Luas}} \\ &= \frac{(M1+M2+M3+M4+M5+M6)}{(A1+A2+A3+A4+A5+A6)} \\ &= 1.360,087 / 14,367 = 94,667 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan titik pusat (*centroid*) adalah sebesar 94,667. Nilai inilah yang menjadi nilai akhir guna menentukan besaran FRPN pada metode fuzzy. Adapun untuk mempercepat keseluruhan perhitungan digunakanlah aplikasi matlab dimana hasil FRPN dari Matlab sendiri pada mode kegagalan F1 adalah 95,1. Jadi, hasil FRPN menggunakan Matlab memiliki nilai yang mendekati dengan hasil perhitungan manual dan dapat digunakan untuk menghitung nilai FRPN mode kegagalan lainnya. Adapun hasil F-RPN mode kegagalan lainnya dengan menggunakan matlab adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan FRPN menggunakan Matlab

Peringkat Masalah	F-RPN	ID Masalah
1	112	F2
1	112	F3
2	97.9	F9
3	95.1	F1
4	91.5	F6
5	79.2	F8
6	67.1	F7
7	62.2	F4
8	60.4	F5

Pada tabel 4 diketahui bahwa nilai F-RPN berkisar antara 60,4 – 112. Pada hasil tersebut mode kegagalan F2 dan F3 menjadi masalah dengan peringkat pertama dengan FRPN sebesar 112, yang masing-masing masalah disebabkan belum adanya parameter set up yang dibakukan ke dalam Standar Operasional Prosedur (SOP). Pada peringkat kedua dengan FRPN 97,9 ditempati oleh mode kegagalan F9. Mode kegagalan pada F9 terjadi dikarenakan adanya kekurangan operator dalam pengoperasian mesin, mengingat dimensi mesin cukup panjang (17,5m). Sedangkan pada posisi ketiga ditempati mode kegagalan F1 dengan FRPN sebesar 95,1. dimana masalah yang terjadi pada mesin Depalletizer disebabkan belum dilaksanakan secara rutin dan kontinyu terkait training pengoperasian mesin.

8. *Perbandingan Pemeringkatan RPN dari Metode FMEA dan Fuzzy FMEA.* Secara keseluruhan hasil pemeringkatan dari FMEA dan Fuzzy-FMEA dapat dilihat pada tabel 5, dimana pada metode FMEA, nilai RPN menyatakan bahwa 3 peringkat teratas disebabkan oleh 3 mode kegagalan, yaitu mode kegagalan F2, F3, dan F9. Namun pada perhitungan FRPN diperoleh hasil bahwa mode kegagalan yang menyebabkan frekuensi minor stoppage pada mesin Depalletizer tinggi dikarenakan adanya 4 mode kegagalan, antara lain mode kegagalan F1, F2, F3, dan F9.

**Tabel 5.** Hasil RPN dari metode FMEA Dan Fuzzy FMEA

ID Failure	FMEA	Results Priority	Fuzzy FMEA	Results Priority
	RPN		F-RPN	
F1	44.624	5	95.1	3
F2	82.578	1	112	1
F3	76.961	2	112	1
F4	20.195	8	62.2	7
F5	18.622	9	60.4	8
F6	48.164	4	91.5	4
F7	22.131	7	67.1	6
F8	32.007	6	79.2	5
F9	53.478	3	97.9	2

9. *Usulan Perbaikan.* Setelah dilakukan perbandingan maka usulan perbaikan yang dilakukan akan menggunakan hasil RPN dari metode Fuzz FMEA, dimana mode kegagalan yang diperbaiki berjumlah 4 masalah. Adapun perbaikan yang diusulkan menggunakan metode 5W1H sebagai berikut:

**Tabel 6.** Usulan perbaikan masalah F2

ID Masalah	Jenis	5W1H	Deskripsi/Tindakan
F2	Tujuan	What (apa)	1. Operator mampu melakukan set up dengan baik dan benar 2. Operator mengetahui parameter standar pada proses botol
	Alasan Kegunaan	Why (mengapa)	Untuk mengurangi frekuensi <i>minor stoppage</i> yang cukup tinggi akibat kesalahan <i>set up</i> mesin dari operator mesin
	Lokasi	Where (dimana)	Proses perbaikan dilakukan di area mesin Depalletizer, Lane PET, Dept. Produksi PT. SEI
	Waktu Penyelesaian	When (Kapan)	Waktu penyelesaian ditargetkan dalam waktu 1 bulan ke depan
	Pelaksana	Who (Siapa)	Kepala bagian produksi dan teknisi mesin
	Metode	How (Bagaimana)	Melakukan validasi ulang terkait parameter mesin Depalletizer untuk botol, yang kemudian dibakukan dalam pembuatan Standar Operasional Prosedur atau Instruksi Kerja Mesin.

**Tabel 7.** Usulan perbaikan masalah F3

ID Masalah	Jenis	5W1H	Deskripsi/Tindakan
F3	Tujuan	What (apa)	Mendapatkan parameter set up guide yang disesuaikan dengan bentuk botol
	Alasan Kegunaan	Why (mengapa)	Untuk mengurangi frekuensi <i>minor stoppage</i> yang cukup tinggi
	Lokasi	Where (dimana)	Proses perbaikan dilakukan di area mesin Depalletizer, Lane PET, Dept. Produksi PT. SEI
	Waktu Penyelesaian	When (Kapan)	Waktu penyelesaian ditargetkan dalam waktu 1 bulan kedepan
	Pelaksana	Who (Siapa)	Kepala bagian produksi dan teknisi mesin
	Metode	How (Bagaimana)	Melakukan validasi ulang terkait parameter posisi <i>guide</i> jalur mesin Depalletizer pada saat proses produksi lane PET, yang kemudian dibakukan dalam pembuatan Standar Operasional Prosedur atau Instruksi Kerja Mesin.

**Tabel 8.** Usulan perbaikan masalah F9

ID Masalah	Jenis	5W1H	Deskripsi/Tindakan
F9	Tujuan	What (apa)	1. Jalur transfer botol dapat secara konsisten dilakukan pemantauan 2. Menentukan jumlah operator yang tepat dalam pengoperasian dan pemantauan proses mesin Depalletizer
	Alasan Kegunaan	Why (mengapa)	Untuk mengurangi frekuensi <i>minor stoppage</i> yang cukup tinggi
	Lokasi	Where (dimana)	Proses perbaikan dilakukan di area mesin Depalletizer, Lane PET, Dept. Produksi PT. SEI
	Waktu Penyelesaian	When (Kapan)	Waktu penyelesaian ditargetkan dalam waktu 1 bulan ke depan
	Pelaksana	Who (Siapa)	Kepala bagian produksi
	Metode	How (Bagaimana)	Melakukan perhitungan ulang terhadap beban kerja operator dengan menggunakan metode <i>Work Load Analysis</i> atau sejenisnya agar dapat menentukan jumlah operator yang tepat dalam mengoperasikan mesin Depalletizer

**Tabel 9.** Usulan perbaikan masalah F1

ID Masalah	Jenis	5W1H	Deskripsi/Tindakan
F1	Tujuan	What (apa)	Operator mampu menguasai pengoperasian mesin Depalletizer
	Alasan Kegunaan	Why (mengapa)	Untuk mengurangi frekuensi <i>minor stoppage</i> yang cukup tinggi akibat kurangnya pengetahuan operator terhadap mesin.

ID Masalah	Jenis	5W1H	Deskripsi/Tindakan
	Lokasi	Where (dimana)	Proses pelatihan karyawan dilakukan di <i>Control Room</i> Dept.Produksi PT. SEI
	Waktu Penyelesaian	When (Kapan)	Waktu penyelesaian ditargetkan dalam waktu 1 bulan kedepan
	Pelaksana	Who (Siapa)	Supervisor Produksi
	Metode	How (Bagaimana)	Melakukan pelatihan kerja terkait cara pengoperasian mesin dan penanganan mesin saat terjadi <i>troubleshoot</i> mesin Depalletizer, berdasarkan SOP/IK yang telah dibuat.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari tahapan-tahapan analisa yang telah dilakukan guna menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada Mesin Depalletizer, maka peneliti mendapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, penyebab-penyebab yang mempengaruhi tingginya frekuensi *downtime* pada mesin Depalletizer disebabkan oleh 9 mode kegagalan yang dikelompokkan ke dalam 4 faktor antara lain yaitu; operator belum menguasai mesin Depalletizer (F1) dan operator yang sering melakukan kesalahan dalam set up mesin (F2); posisi *guide conveyor* tidak disesuaikan dengan bentuk botol (F3); motor *lifter* Depalletizer *tripped* (F4); *Clipper* tidak dapat menjepit layer secara maksimal (F5); kecepatan motor *conveyor* terlalu cepat atau lambat (F6); konfigurasi susunan botol antar supplier berbeda (F7); hasil *change over* mesin tidak maksimal (F8); serta tidak adanya pemantauan secara konsisten pada jalur transfer botol (F9).
2. Terdapat 4 mode kegagalan yang berada pada 3 peringkat teratas dalam permasalahan yang terjadi pada mesin Depalletizer, dimana penentuan peringkat diperoleh dari perhitungan FRPN. Pada peringkat pertama dengan besaran nilai FRPN 112 ditempati oleh 2 mode kegagalan yaitu mode kegagalan F2 dan F3. Peringkat kedua dengan besaran nilai FRPN 97,9 ditempati oleh mode kegagalan F9, sedangkan pada peringkat ketiga ditempati oleh mode kegagalan F1 dengan perolehan nilai FRPN sebesar 95,1.
3. Selanjutnya, dengan mengutamakan perbaikan dari 3 peringkat teratas FRPN penyebab tingginya frekuensi *downtime* pada mesin Depalletizer, maka usulan perbaikan yang disarankan adalah melakukan validasi ulang terkait parameter yang akan digunakan mesin Depalletizer saat berproses untuk lini PET, yang kemudian dibakukan dalam Standar Operasional Prosedur (SOP) sebagai acuan dalam mengoperasikan mesin. Pada mode kegagalan F9, usulan perbaikan yang disarankan adalah melakukan perhitungan ulang terkait beban kerja operator pada pengoperasian mesin Depalletizer. Hal ini bertujuan untuk menentukan berapa jumlah operator yang dibutuhkan untuk mengoperasikan mesin tersebut. Sedangkan pada mode kegagalan F1, setelah SOP telah dibuat dan jumlah operator yang dibutuhkan telah disesuaikan, maka supervisor produksi wajib melakukan pelatihan kerja terkait cara pengoperasian dan penanganan kegagalan mesin berdasarkan SOP tersebut kepada operator yang akan mengoperasikan mesin Depalletizer.

#### 5. REFERENSI

- [1] Hadi, V. L. Laporan Kerja Praktek: *Analisa efektivitas mesin Filler Line 1 pada Area Kerja Produksi PT. SariEnesis Indah plant Ciawi*. Jakarta: Universitas Pancasila (2021). p. 12-15.
- [2] Widiyanti, T & Himma, F. "*Penilaian Risiko Instansi Pemerintah dengan Fuzzy-Failure Mode and Effect Analysis*". Jakarta: LIPI Press. (2017). p.64-66.
- [3] Stamatis, D. H. *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. Quality Press. (2003). p.151
- [4] Zadeh, L. A. *Knowledge representation in fuzzy logic*. In *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Systems: Selected Papers by Lotfi a Zadeh*. (1996). p. 764-774.
- [5] Kusumadewi, S., & Purnomo, H. "*Aplikasi Logika Fuzzy untuk Mendukung Keputusan (2nd ed.)*". Yogyakarta: Graha Ilmu. (2010). p.78-81
- [6] Nasution, S., & Sodikin, R. D. *Perbaikan Kualitas Proses Produksi Karton Box Dengan Menggunakan Metode DMAIC Dan Fuzzy FMEA*. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, **20**(2), 36-46. (2018).

# Proses Manufaktur Turbin Gas Mikro sebagai Pembangkit Listrik

Kukuh Prasetyo<sup>1</sup>, dan Eko Prasetyo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

**Abstrak.** Kebutuhan manusia terhadap energi terus meningkat setiap tahun. Hal ini berkaitan dengan meningkatnya jumlah populasi masyarakat yang diiringi dengan kegiatan yang dilakukan oleh masyarakat. Pembangkit tenaga skala mikro mempunyai sebagian tipe turbin mikro hidro, turbin uap mikro, serta turbin gas mikro. Metode penelitian ini meliputi pembuatan komponen alat, serta pengujian alat. Proses manufaktur ini dimulai dari Mulai (*start*), Identifikasi Gambar Survey Komponen, Pembuatan Komponen, Perakitan, Uji Coba, Pengujian, Kesimpulan, *End*. Pada manufaktur alat turbin gas mikro ini material yang dipilih pada komponen rangka yaitu besi hollow dengan bahan galvanis steel. Mesin perkakas yang digunakan dalam pembuatannya yaitu mesin gerinda, dan dalam perakitannya menggunakan mesin las MIG. Komponen utamadari mesin ini adalah bracket, poros, ruang bakar, impeller, rangka, dan turbin. Semua komponen tersebut dirakit sampai menjadi prototype. pengujian kinerja yang dihasilkan di ruang bakar dilakukan pengecekan suhu, suhu yang didapatkan adalah 317 K dengan menggunakan *thermometer digital*, rpm yang didapatkan adalah 2630 rpm.

**Kata kunci**—Turbin gas mikro, lpg, dan pembangkit listrik

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia terhadap energi terus meningkat setiap tahun. Hal ini berkaitan dengan meningkatnya jumlah populasi masyarakat yang diiringi dengan kegiatan yang dilakukan oleh masyarakat. Kebutuhan energidapat terwujud dengan adanya ketersediaan bahan bakar. Namun, pada umumnya bahan bakar yang digunakan merupakan bahan bakar konvensional yang berasal dari minyak bumi maupun batu bara. Konsumsi bahan bakar konvensional yang digunakan secara berlanjut mengakibatkan bahan baku fosil terancam ketersediaanya pada masa mendatang [1]. Pembangkit tenaga skala mikro mempunyai keunggulan ialah kerapatan energinya yang besar, bisa memakai bahan bakar baik bahan bakar cair maupun bahan bakar gas, akibat terhadap area yang kecil, serta bayaran pembedahan dan perawatan yang rendah [2]. Keadaan tersebut bisa ditangani dengan tujuan untuk mewujudkan sasaran pemakaian mengkonsumsi tenaga pada tahun 2025 yang cocok dengan Dekrit Presiden Nomor. 5 tahun 2006 yang ditunjukkan lewat teknologi *renewable energy* yang diterapkan. Pembangkit tenaga skala mikro ialah salah satu teknologi *renewable energy* yang bisa dimanfaatkan oleh warga. Pembangkit tenaga skala mikro banyak diperlukan paling utama buat keadaan areadi wilayah pedesaan, kantor, serta rumah tangga. Pembangkit tenaga skala mikro mempunyai keunggulan ialah kerapatan energinya yang besar, bisa memakai bahan bakar baik bahan bakar cair maupun bahan bakargas, akibat terhadap area yang kecil, serta bayaran pembedahan dan perawatan yang rendah.

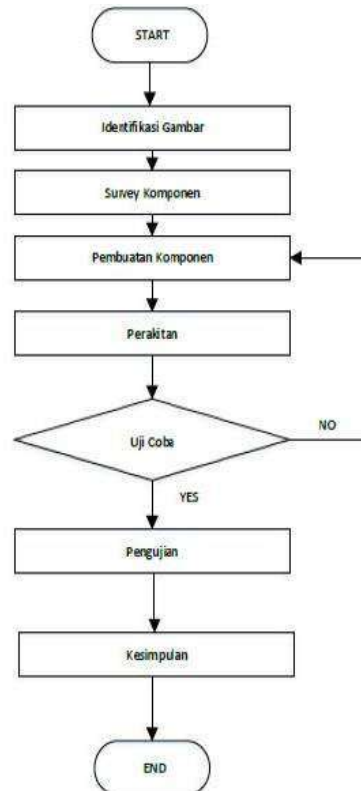
Pembangkit tenaga skala mikro mempunyai sebagian tipe turbin mikro hidro, turbin uap mikro, serta turbingas mikro. Pada riset ini dicoba perancangan serta analisis performa mikro turbin gas (MGT), disebabkan apabila dibanding dengan turbin mikro yang lain, MGT mempunyai beberapa kelebihan tingkatan panas yangbesar serta tingkat emisi yang rendah, dimensi yang padat ataupun solid, sanggup kurangi bising serta getaran,dan gampang buat diinstalasi serta dioperasikan [3]. Mesin turbin gas merupakan sesuatu mesin *thermal* yangfluidanya hawa serta bahan bakar yang proses pembakaran fluidanya terjalin secara internal (*Internat combustion*). Proses konversi tenaga terjalin lewat 3 tahapan, kompresi, *combustion*, serta perluasan yang berlangsung secara simultan. Serta proses konversi tersebut berlangsung ditempat yang berbeda, ialah *compressor*, *combution chamber* serta *turbine* [4]. Tujuan dari penelitian ini adalah : Bagaimana proses pembuatan rangka, serta komponen dari alat turbin gas mikro, proses perakitan alat, serta pengujian fungsional dan kinerja dari alat turbin gas mikro.

Setelah dilakukan penelusuran terkait penurunan produktivitas pada lini tersebut, diketahui terdapat satu mesin yang mengalami frekuensi minor downtime yang cukup tinggi. Mesin tersebut adalah mesin Depalletizer. Mesin ini berfungsi untuk menyuplai botol atau kaleng kosong dari pallet bahan baku menuju jalur transfer menuju ke mesin pengisian sirup atau larutan. Jika mesin penyuplai

ini sering terjadi downtime maka semua mesin pada lini tersebut juga terkena dampaknya dimana akan terjadi penurunan performa pada seluruh mesin yang ada. Dari data yang telah dihimpun dari PT. SEI apabila digambarkan ke dalam grafik, total waktu *downtime* rata-rata per hari produksi dalam periode Juli 2020 hingga Januari 2021 [1].

## 2. METODE PENELITIAN

Dalam proses penyusunan penelitian ini, terdapat metode pembuatan penelitian yang terdapat dalam diagram alir. Adapun diagram alir tersebut dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 1 di bawah ini :



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari setiap kegiatan yang terdapat pada diagram alir penelitian :

1. Mulai (*start*): Proses ini adalah memulai proses pembuatan.
2. Identifikasi Gambar: Dalam proses kedua ini mengidentifikasi spesifikasi gambar rancangan secara detail dan memahami bentuknya dari gambar yang sudah diperoleh dari proses perancangan alat tersebut.
3. Survei Komponen: Pada survei komponen dimana sesuai hasil perancangan yang akan dibuat, sesuai dengan gambar hasil rancangan.
4. Pembuatan Komponen: Pembuatan komponen merupakan hasil dari survey komponen dimana sudah di temukan material komponen dan proses pengerjaan yang cocok untuk membuat bagian-bagian part pada alat mikro turbin gas.
5. Perakitan: Perakitan berisi dimana komponen yang telah dibuat, dirakit menjadi satu-kesatuan hingga menjadi sebuah alat mikro turbin gas.
6. Uji Coba: Dalam proses uji coba dimana alat yang sudah dirakit akan di uji untuk menentukan apakah sudah layak dipakai secara fungsional.
7. Pengujuan: Pengujuan yang dimaksud adalah pengujian secara kinerja, dimana bertujuan untuk mengetahui apakah alat mikro turbin gas sudah layak untuk di pergunakan.
8. Kesimpulan Maka ditarik kesimpulan merakit komponen menjadi satu-kesatuan, dilakukan pengujian kinerja alat untuk mengetahui sudah layakkah di pergunakan atau tidak dari alat mikro turbin gas tersebut.

Desain di peroleh dari hasil perancangan dan data kuisioner pemelihan varian berbagi bentuk gambar alat mikro turbin gas. Dari proses identifikasi gambar akan menghasilkan daftar/bahan material



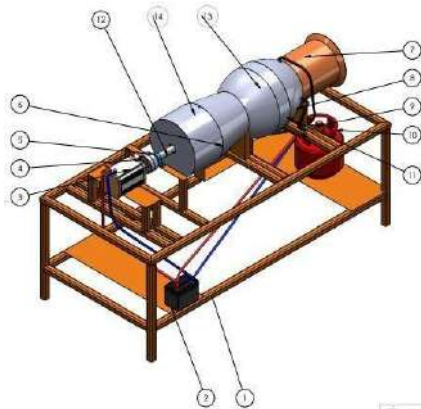
dan komponen yang tertera dalam BOM (*Bill of Material*). Adapun daftar kebutuhan bahan dan komponen pada alat mikro turbin gas sebagai berikut :

1. Desain kebutuhan komponen keseluruhan

Alat ini memiliki komponen-komponen utama, yaitu :

1	Rangka	5	<i>Pillow block</i>	9	Regulator	13	Ruang bakar
2	Baterai	6	ISO M10x40x40-N	14584	10 Gas LPG	14	Turbin
3	Generator	7	Kompresor		11 <i>Bracket</i>		
4	<i>Range coupling</i>	8	Kabel		12 Poros		

Pada proses manufaktur alat mikro turbin gas memiliki komponen yang dibuat dan komponen yang dibeli. Berikut gambar rancangan alat dan tabel BOM dari alat mikro turbin gas yang dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini:



**Gambar 2.** Rancangan alat

2. Identifikasi kebutuhan komponen yang dibuat

Dalam pembuatan alat mikro turbin gas ini identifikasi komponen keseluruhan seperti pada tabel bahwa komponen yang dibuat ini juga harus diidentifikasi apa saja bahan material dan ukuran yang di butuhkan dalam pembuatan komponen ini.

3. Identifikasi komponen yang di beli diketahui

Komponen yang di beli diketahui juga setelah identifikasi gambar kerja, komponen ini biasanya sudah memiliki standar dan dapat diperoleh dengan cara di beli dipasar, jadi komponen ini tidak harus dibuat sendiri. Dari identifikasi gambar kerja perancangan, komponen dibagi menjadi dua jenis yaitu komponen yang dibeli dan komponen yang dibuat sebagai berikut:

1	<i>Bracket</i> .	3	Ruang bakar.	5	<i>Impeller 3</i> .	7	Turbin.
2	Poros.	4	<i>Impeller 2</i> .	6	Rangka.		

4. Proses Pembuatan Komponen dan Perakitan

a. *Bracket*

- 1) Langkah awal pembuatan yaitu mengidentifikasi hasil rancangan. Lalu siapkan alat dan bahan yang diperlukan, alat dan bahan yang digunakan yaitu, gerinda, meteran, jangka, bor, mata *tunner*, spidol, sedangkan bahan yang digunakan adalah *alloy steel* dengan tebal 38,67 mm.
- 2) Setelah menyiapkan alat dan bahan, langkah selanjutnya adalah proses pengukuran menggunakan meteran dan di tandai dengan spidol, lakukan pembuatan pola setengah lingkaran menggunakan jangka.
- 3) Melakukan pemotongan *alloy steel* menggunakan gerinda potong dengan ukuran 305mm x 227,88mm.
- 4) Melakukan pembuatan got setengah lingkaran menggunakan bor terlebih dahulu sesuai dengan pola yang sudah dibuat.
- 5) Ketika got setengah lingkaran sudah jadi, rapihkan menggunakan bor dan mata bor *tunner*.
- 6) Memeriksa kembali ukuran menggunakan meteran.

b. Poros

- 1) Langkah awal pembuatan poros yaitu mengidentifikasi hasil rancangan. Lalu siapkan alat dan bahan yang diperlukan, alat dan bahan yang digunakan yaitu, gerinda, meteran, jangka

sorong, bubut, penggores. sedangkan bahan yang digunakan adalah besi pejal dengan diameter 20 mm.

- 2) Selanjutnya yaitu melakukan proses pengukuran menggunakan meteran , ukur besi pejal dengan panjang 118,5cm dan tandai dengan penggores, lakukan pemotongan menggunakan gerinda potong.
- 3) Menjepit besi pejal pada bagian ragum bubut, pastikan tidak ada keolengan pada benda kerja, periksa keolengan menggunakan *dial gauge* pastian pada titik 0.
- 4) Menyalakan mesin bubut, kikis benda kerja sebanyak 10mm dengan panjang 85mm, selanjutnya balikan kembali mata pisau pada titik awal pembubutan, kikis kembali besi pejal sebanyak 6mm dan lakukan pengukuran kembali dengan jangka sorong, pastikan ukuran sesuai dengan lembar kerja yang telah dibuat.
- 5) Selanjutnya bubut bagian kanan untuk kedudukan kopling sebanyak 31,4 mm, periksa ukuran pastikan ukuran 12,6mm. Proses pembubutan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini:



**Gambar 3.** Proses pembuatan poros

#### c. Ruang bakar

- 1) Langkah awal pembuatan ruang bakar yaitu mengidentifikasi hasil rancangan. Lalu siapkan alat dan bahan yang diperlukan, alat dan bahan yang digunakan yaitu, Las MIG, gerinda, meteran, bor, roll, mesin cutting. sedangkan bahan yang digunakan adalah plat *stainless steel* 201.
- 2) Melakukan proses pengukuran menggunakan meteran, sesuaikan dengan gambar rancangan.
- 3) Melakukan pemotongan dengan mesin *cutting* sesuai dengan ukuran yang sudah di tandai. Siapkan 3 buah plat yang sudah di potong.
- 4) Melakukan penekukan menggunakan alat *roll*, seperti tampak pada Gambar 4 berikut ini:



**Gambar 4.** Penekukan Ruang Bakar

- 5) Melakukan penyambungan menggunakan mesin las mig.
  - 6) Menggerinda bagian yang tidak rata menggunakan mata gerinda halus, atau meratakan bagian sambungan yang menonjol.
  - 7) Memeriksa kembali ukuran menggunakan meteran, pastikan sesuai dengan gambar rancangan.
- #### d. Impeller 2
- 1) Langkah awal pembuatan *impeller 2* yaitu mengidentifikasi hasil gambar rancangan. Lalu siapkan alat dan bahan yang diperlukan, alat dan bahan yang digunakan yaitu, Las MIG, mesin *cutting*, gunting potong plat, meteran, spidol, *roll*, sedangkan bahan yang digunakan adalah *stainless steel* 316.
  - 2) Melakukan pengukuran pada besi silinder dengan ukuran 45mm, potong menggunakan mesin *cutting*.

- 3) Bentuk pola sudu sesuai dengan gambar rancangan menggunakan spidol, lakukan pemotongan menggunakan gunting potong plat, buat sebanyak 8 buah sudu, seperti pada Gambar 5



**Gambar 5.** Proses pemotongan impeller 2

- 4) Melakukan penyambungan 8 sudu dengan besi silindder menggunakan mesin las MIG dengan voltase 80 ampere dan kawat las ukuran 0,8mm yang mengandung *fluks cored wire*
- 5) Memeriksa hasil penyambungan, pastikan penyambungan kuat dan tidak copot.

e. *Impeller 3*

- 1) Langkah awal pembuatan impeller 3 yaitu mengidentifikasi hasil rancangan. Lalu siapkan alat dan bahan yang diperlukan, alat dan bahan yang digunakan yaitu, Las MIG, mesin *cutting*, gunting potong plat, meteran, spidol, *roll*, sedangkan bahan yang digunakan adalah *stainless steel 316*.
- 2) Melakukan pengukuran pada besi silinder dengan ukuran 45mm, potong menggunakan mesin *cutting*.
- 3) Membentuk pola sudu sesuai dengan gambar rancangan menggunakan spidol, lakukan pemotongan menggunakan gunting potong plat, buat sebanyak 8 buah sudu.
- 4) Melakukan penyambungan 8 sudu dengan besi silindder menggunakan mesin las MIG dengan voltase 80 ampere dan kawat las ukuran 0,8mm yang mengandung *fluks cored wire*
- 5) Memeriksa hasil penyambungan, pastikan penyambungan kuat dan tidak copot.

f. Rangka

- 1) Langkah awal pembuatan rangka yaitu mengidentifikasi hasil rancangan. Lalu siapkan alat dan bahan yang diperlukan, alat dan bahan yang digunakan yaitu, gerinda, meteran, *water pass*, penggores, mesin las mig. sedangkan bahan yang digunakan adalah besi *hollow* dengan ukuran 4x2 cm dan tebal 2 mm.
- 2) Selanjutnya lakukan pengukuran sesuai gambar rancangan, tandai menggunakan penggores.
- 3) Lakukan pemotongan besi ukuran panjang menggunakan gerinda potong, ukurannya antara lain :
  - Ukuran panjang 16 cm : 6 buah
  - Ukuran panjang 44 cm : 13 buah
  - Ukuran panjang 120,5 cm : 2 buah
  - Ukuran panjang 64 cm : 2 buah
  - Ukuran panjang 185 cm : 2 buah
- 4) Untuk proses pemotongan besi dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini:



**Gambar 6.** Proses Pemotongan rangka.

- 5) Lakukan penyambungan semua besi menggunakan mesin las mig dengan tegangan 80 ampere dengan kawat 0,8 mm mengandung *fluks cored wire* dan pastikan semua permukaan rata seperti Gambar 7 berikut ini:



**Gambar 7.** Proses penyambungan rangka

- 6) Melakukan pengecekan ukuran kembali menggunakan meteran.
- 7) Melakukan pelubangan untuk membuat lubang baut menggunakan bor dengan mata bor diameter 10 mm.

g. Turbin

- 1) Langkah awal pembuatan Turbin yaitu mengidentifikasi hasil rancangan. Lalu siapkan alat dan bahan yang diperlukan, alat dan bahan yang digunakan yaitu, gerinda, meteran, mesin *cutting*, penggores, mesin las MIG, bor. sedangkan bahan yang digunakan adalah besi plat *steinless steel 316*.
- 2) Melakukan proses pengukuran menggunakan meteran, tandai dan buat pola menggunakan penggores.
- 3) Melakukan pemotongan dengan sesuai gambar rancangan.
- 4) Melakukan penekukan menggunakan alat *roll*. Proses penekukan dapat dilihat pada Gambar 8 di bawahini:



**Gambar 8.** Penekukan turbin

- 5) Lakukan penyambungan menggunakan mesin las MIG dengan 80 *ampere* serta kawat las ukuran 0,8mm dengan *fluks cored wire* yang tampak pada Gambar 9 berikut ini:



**Gambar 9.** Proses pengelasan turbin

- 6) Meratakan permukaan penyambungan menggunakan gerinda amplas.
  - 7) Melakukan pelubangan untuk membuat lubang baut menggunakan bor dengan mata bor diameter 10mm.
5. Proses Perakitan Alat Turbin Gas Mikro  
Pada proses ini yaitu perakitan semua komponen alat turbin gas mikro yang telah dibuat maupun dibeli agar menjadi satu kesatuan dan dapat menjalankan fungsinya, berikut tahapan perakitan komponennya :

- a. Mempersiapkan semua alat dan bahan, untuk alat yang harus dipersiapkan seperti, kunci inggris, obeng +, kunci ring 10, kunci pas ring 8 dan bahan yang digunakan kabel, mur, baut.
- b. Untuk perakitan pertama adalah pemasangan kompresor menggunakan kunci inggris dan baut M 14 dan mur sebagai pengikatnya.
- c. Kemudian memasang breket di rangka dengan metode pengelasan untuk dudukan ruang bakar.
- d. Memasang 4 semawar dibagian dalam ruang bakar.
- e. Selanjutnya pemasangan ruang bakar yang di gabungkan bersama dengan kompresor, pastikan semua presisi dan *center*, samakan lubang pengikat antara kompresor dengan ruang bakar, masukkan baut, mur dan kencangkan menggunakan obeng +.
- f. Kemudian memasukkan rumah turbin , kencangkan dengan baut.
- g. Memasukkan poros kedalam kompressor, pastikan poros didalam kompressor sudah kencang.
- h. Memasang impeller di poros, masukkan baut kedalam got yang sudah dibikin di bagian poros.
- i. Memasukkan poros akhir kedalam *pillow block*, kencangkan *pillow block* menggunakan obeng pastikan poros sudah mengikat didalam *pillow block*, lalu pasang *pillow block* di rangka menggunakan baut M14 dan kencangkan dengan kunci inggris.
- j. Selanjutnya pemasangan kopling, ratakan kedudukan kopling bersama dengan kedudukan poros, pastikan kedua benda tersebut sejajar agar tidak terjadi keolengan, kencangkan dengan mur dan baut.
- k. Memasang generator, generator ini berada di belakang kopling, kedudukannya juga harus sama rata, ikat generator menggunakan breket yang telah dibuat, kencangkan baut menggunakan kunci inggris.
- l. Langkah terakhir memasangkan selang ke tabung gas, mengencangkan selang menggunakan *clamp* agar tidak terjadi kebocoran, pastikan *clamp* sudah terkunci kuat, untuk mengencangkan *clamp* gunakan obeng +, lakukan juga rangkaian kabel.

#### 6. Perhitungan Proses Pembuatan Alat Turbin Gas Mikro

Setelah SOP dan OPC pada pembuatan alat mikro turbin gas terdapat beberapa jenis perhitungan saat pengerjaan komponen-komponen sebagai berikut :

- a. Menghitung kecepatan pemakanan pembubutan pada poros[5]

$$F = f \cdot n \quad (1)$$

Keterangan:  $f$  adalah besar pemakanan atau bergesernya pahat (mm/putaran) yakni 0.5 mm,  $n$  adalah kecepatan putar yakni 1,337.57 rpm, sehingga  $F = 0.5 \times 1,337.57 = 668.7$  mm/menit

- b. Menghitung waktu yang dibutuhkan saat proses pembubutan poros

$$tm = \frac{L}{F} \text{ (menit)} \quad (2)$$

Keterangan:  $L$  adalah panjang total pembubutan,  $F$  adalah kecepatan pemakanan, sehingga  $tm = 14.8$  menit

- c. Menghitung kecepatan putaran mesin bor[6]

$$n = \frac{Cs \cdot 1000}{n \cdot d} \quad (3)$$

Keterangan:  $Cs$  adalah kecepatan potong (mm/menit),  $d$ : diameter cutter,  $n = 777$  menit

- d. Menghitung waktu yang dibutuhkan saat pelubangan dengan mesin bor[7]

$$tm = \frac{L}{s \cdot n} \text{ (menit)} \quad (4)$$

$$L = l + 0.3d \text{ (mm)}$$

Keterangan:  $L$  adalah jarak pakan bor,  $d$  adalah diameter mata bor,  $l$  adalah kedalaman lubang,  $s$  adalah pakan bor

- e. Maka waktu pengeboran pada *stainless steel* dengan tebal 1 mm sebanyak 12 kali pelubangan dapat dihitung sebagai berikut:

$$L = l + (0.3 \cdot 10) = 4 \text{ mm}, \quad tm = \frac{4 \text{ mm}}{0.2 \text{ mm} \cdot 777 \text{ rpm}} = 0.02 \text{ menit} \cdot 12 = 0.24 \text{ menit}$$

- f. Maka waktu pengeboran pada besi *hollow* dengan tebal 2 mm sebanyak 2 kali pelubangan dapat dihitung sebagai berikut:

$$L = 2 + (0.3 \cdot 10) = 5 \text{ mm}, \quad tm = \frac{5 \text{ mm}}{0.2 \text{ mm} \cdot 777 \text{ rpm}} = 0.03 \text{ menit} \cdot 12 = 0.06 \text{ menit}$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin turbin gas merupakan sesuatu mesin *thermal* yang fluidanya hawa serta bahan bakar yang proses pembakaran fluidanya terjalin secara internal (*Internat combustion*). Proses konversi tenaga terjalin lewat 3 tahapan, kompresi, *combustion*, serta perluasan yang berlangsung secara simultan. Serta proses konversi tersebut berlangsung ditempat yang berbeda, ialah *compressor*,

*combustion chamber* serta *turbine*. Hawa masuk kedalam kompresor lewat saluran hawa (*inlet*). Kompresor ini berfungsi untuk menghisap serta menaikkan tekanan hawa tersebut, dampaknya temperatur hawa yang bertambah. Setelah itu hawa yang sudah dikompresi ini masuk kedalam ruang bakar. Didalam ruang bakar disemprotkan bahan bakar sehingga bercampur dengan hawa tadi serta menimbulkan proses pembakaran. Proses pembakaran tersebut berlangsung dalam kondisi konstan sehingga bisa dikatakan ruang bakar cuma buat menaikkan temperatur. Gas hasil pembakaran tersebut dialirkan ke turbin gas melewati nozel yang berperan buat memusatkan aliran tersebut ke sudu-sudu turbin. Energi yang dihasilkan oleh turbin gas tersebut digunakan untuk memutar kompresornya sendiri serta memutar beban yang lain semacam generator listrik. Alat ini memiliki ukuran panjang 3,1m, lebar 1,4m serta tinggi 1,1 m. Adapun komponen-komponen utama yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Bracket  
Bracket ini berfungsi untuk menahan komponen ruang bakar agar tidak terjadi kebocoran pembakaran. Untuk spesifikasinya terbuat dari cast alloy steel dengan ukuran tinggi 3418,2mm, panjang 4575mm, dan radius 2437,5mm.
2. Poros  
Poros ini berfungsi untuk meneruskan putaran yang dihasilkan turbin menuju ke generator. Berbahan dasar alloy steel dengan ukuran panjang 1777mm, dan berdiameter 30mm.
3. Ruang Bakar  
Ruang bakar sendiri berfungsi sebagai tempat terjadinya pembakaran gas yang nantinya akan memutar turbin untuk menghasilkan energi yang nantinya akan diteruskan ke generator melalui poros. Ruang bakar ini memiliki ukuran panjang 1,4 m, dan berdiameter 30cm.
4. Impeller 2 dan 3  
Impeller ini adalah tempat terjadinya putaran yang dihasilkan oleh pembakaran pada turbin. Memiliki diameter 180mm dan tebal 975mm.
5. Rangka  
Rangka ini berfungsi sebagai tempat penahan/dudukan alat mikro turbin gas agar semua komponen tetap berada pada tempatnya selama alat ini menyala. Rangka ini terbuat dari besi hollow galvanis dengan ukuran panjang 3,1m, lebar 1,4m serta tinggi 1,1 m
6. Turbin  
Turbin berfungsi sebagai tempat pembakaran yang nantinya akan memutar impeller. Memiliki diameter 356mm, dan panjang 400mm. Berbahan stainless steel 316.

Setelah alat mikro turbin gas selesai di rakit sampai menjadi *prototype*, selanjutnya akan dilakukan uji fungsional untuk melihat fungsi pada alat tersebut apakah bekerja dengan baik dan benar atau terdapat adanya suatu kendala. Alat turbin mikro gas dapat dilihat pada Gambar 10 di bawah ini:



**Gambar 10.** Alat Turbin Gas Mikro.

Uji fungsional pada alat turbin gas mikro ini dilakukan di PT. Defa Angkasa Utama. Hal yang difokuskan dalam pengujian ini adalah pembakaran dalam ruang bakar, kecepatan putaran pada alat turbin gas mikro, berapa lama waktu 1 gas LPG 3 kg habis. Hasil pengujian sebagai berikut :

**Tabel 1.** Pengujian fungsional

1.	Pengujian kinerja yang dihasilkan di ruang bakar dilakukan pengecekan suhu, suhu yang didapatkan adalah 317 K dengan menggunakan <i>thermometer</i> digital.
2.	Uji kecepatan putar dengan alat digital tachometer yang dilakukanyaitu pada poros, dan rpm yang didapatkan 2630 rpm.
3.	Untuk 1 gas lpg 3 kg akan habis digunakan untuk alar ini selama kuranglebih 40 menit diukur dengan menggunakan alat ukur <i>stopwatch</i> di <i>handphone</i> .

1. Pembuatan pada alat turbin gas mikro ini masih belum sempurna, sehingga untuk pengujian hanya sebatas kinerja atau prinsip kerja mekanik dari alat ini, untuk pengujian kinerja yang dihasilkan di ruang bakar dilakukan pengecekan suhu, suhu yang didapatkan adalah 317K dengan menggunakan *thermometer digital* seperti tampak pada Gambar 11 berikut ini:
2. Untuk pengujian berikutnya dilakukan pengujian kecepatan pada poros dan didapatkan 2630 rpm dengan menggunakan alat digital *tachometer* yang dapat dilihat pada Gambar 12 di bawah ini:
3. Untuk 1 gas lpg 3 kg akan habis digunakan unruk alar ini selama kurang lebih 40 menit diukur dengan menggunakan alat ukur *stopwatch* di *handphone*.



**Gambar 11.** Thermometer digital



**Gambar 12.** Tachometer digital

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari proses pembuatan alat mikro turbin gas ini yaitu sebagai berikut :

1. Pada manufaktur alat turbin gas mikro ini material yang dipilih pada komponen rangka yaitu besi hollow dengan bahan *galvanis steel*. Mesin perkakas yang digunakan dalam pembuatannya yaitu mesin gerinda, dan dalam perakitanya menggunakan mesin las MIG.
2. Proses perakitan pada alat turbin gas mikro ini menggunakan las MIG untuk menyambung pada bagian rangka mesin, ruang bakar, rumah turbin, sudu-sudu *impeller*, untuk penyambungan ruang bakar ke kompresor, rumah turbin ke ruang bakar, *impeller* ke poros, *pillow block*, *range coupling*, menggunakan baut dan mur. Penyambungan selang gas menggunakan *clamp*.

#### 5. REFERENSI

- [1] I. B. Rahardja and W. Paryatmo, "ANALISA DAN OPTIMASI SISTEM PLTGU BIOMASSA GAS METAN DENGAN DAYA 20 MW," J. Teknol., vol. 2, no. 3, pp. 14-19, (2017).
- [2] R. Kurniawan and M. Hazwi "Analisa Performa Heat Recovery Steam Generator Sebelum Dan Sesudah Cleaning Di Pt Indonesia Power Tambak Lorok Semarang Menggunakan Software Matlab" J. SainTek, vol. 16, no. 1, pp. 1-12, (2018).
- [3] A. Putranto and A. Prasetyo, "Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga" J. Teknik. vol. 16, no. 1, pp. 9-16, (2011).
- [4] I. Dhamayanthie and M. A. Nugroho, "Pengaruh Tekanan Suction Gas Kompresor G Terhadap Kuantitas Gas di Unit Kompresor Pada Stasiun Pengumpul Area Bekasi," J. Ilm. Indonesia., vol. 3, no. 3, pp. 84-97, (2018).
- [5] Groover, M. P. "Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems, 4th edition" New York, United States: John Wiley & Sons, Inc., (2010).
- [6] A. J. Nathan and A. Scobell, "UJI FISIS BATA DI DAERAH RAWAN GEMPA REJANG LEBONG DAN IMPLEMENTASI PEMBELAJARAN DENGAN PENDEKATAN CTL PADA MATERI BESARAN DAN SATUAN," Foreign Aff., vol. 91, no. 5, pp. 1-224, (2012).
- [7] A. Ardian and A. Marwanto, "Rancang Bangun Universal Cylindrical Grinding," Jurnal Teknik Mesin, Vol. 3, No1, Hal 41-47. (2018).

# Analisis Kelelahan Frame Sepeda dengan Varian Bahan dan Ketebalan Menggunakan Software Berdasarkan Standar Pengujian SNI 1049-2008

Alfian Prakoso Hadi<sup>1\*</sup>, Estu Prayogi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

\* *Corresponding author*: [alfianprakosohadi2@gmail.com](mailto:alfianprakosohadi2@gmail.com)

**Abstrak.** Sepeda adalah salah satu moda transportasi darat yang ramah lingkungan, karena emisi yang dihasilkan dari transportasi ini adalah 0. Saat ini penggunaan sepeda sudah sangat umum dikalangan masyarakat, hal ini bagus karena akan mendukung kelestarian lingkungan bumi, namun seiring jumlah pemakaian yang banyak muncul juga masalah yang ditemukan oleh para pengguna, salah satunya adalah kerusakan yang terjadi pada frame karena pemakaian berkala. Pabrik memproduksi sepeda tanpa mengindahkan standar yang sudah dibuat di Indonesia dengan harapan bisa memenuhi kebutuhan pasar yang banyak, alhasil banyak sepeda yang akhirnya bermasalah setelah dipakai oleh banyak orang yang membahayakan bagi penggunanya. Tujuan dari analisa ini adalah mengetahui bagaimana solusi yang sesuai pada sepeda di bagian yang kritis terkenan beban. Metode penyusunan dimulai dengan merumuskan permasalahan, mengumpulkan data variabel, pemodelan struktur frame sepeda dengan software Solidwork 2016, menganalisa hasil uji kelelahan frame yang sesuai dengan standar SNI 1049-2008, kemudian membuatsolusi untuk pengembangan produk. Hasil analisa frame sepeda dengan varian bahan dan ketebalan didapat bahwa tidak ada varian ketebalan dan bahan yang mampu melewati uji kelelahan rangka Standar Nasional Indonesia, maka hal yang akan dilakukan adalah desain dari variabel uji akan diberikan struktur tambahan pada variabel uji di daerah kritis setelah dilakukannya simulasi dan analisa.

**Kata kunci**— *sepeda, frame, kelelahan, standar pengujian*

## 1. PENDAHULUAN

Sepeda merupakan salah satu alat transportasi yang mana menunjukkan pertumbuhan pesat, karena penggunaannya dari kalangan bawah hingga atas baik untuk bekerja, sekolah, olahraga atau pun jalan jalan kebanyakan orang memilih sepeda sebagai alat mereka. Sepeda terdiri dari beberapa bagian penting, yaitu, *frame, fork, handle bar*, roda, pedal. *Fork*, pedal, semua menyatu dan melekat pada *frame* sepeda. Bagian bagian bagian dari *frame* sepeda antara lain *top tube, down tube, stay, tube, chain stay, bottom bracket, dan head tube* [1]. *frame* pada sepeda adalah salah satu komponen penting yang memiliki fungsi sama seperti rangka pada setiap kendaraan sebagai penahan beban utama dari seluruh komponen yang ada, oleh karena itu perancangan geometri atau bentuk dari *frame* sepeda harus diperhatikan betul betul karena akan berhubungan dengan keselamatan dari si pengendaranya.

Medan dari penggunaan sepeda saat ini juga berkembang dari jalan raya hingga tanah pegunungan, yang mana medan sangat variatif, *shock* yang diberikan pada *frame* akan sangat besar, maka dari itu perancangan *frame* sepeda harus dicermati secara detail karena penggunaan yang cukup beragam. Ada banyak faktor yang harus diperhatikan dalam pembuatan sepeda, selain dari ergonomis dan estetikanya faktor dari kekuatan *frame* itu sendiri juga penting karena akan berhubungan dengan keselamatan penggunaannya sebagai dari bagian utama untuk menopang bagian yang lain. Kegagalan seperti kelelahan material dari *frame* sepeda dapat berdampak sangat fatal [2]. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk menganalisa desain (geometri) *frame* sepeda, dimana dilakukan pengujian menggunakan *software* solidwork untuk mengetahui *lifetime* dari *frame* sepeda berdasarkan standar SNI. Setelahnya diharapkan mampu memberikan solusi yang sesuai pada sepeda di bagian yang kritis terkenan beban.

## 2. METODE PENELITIAN

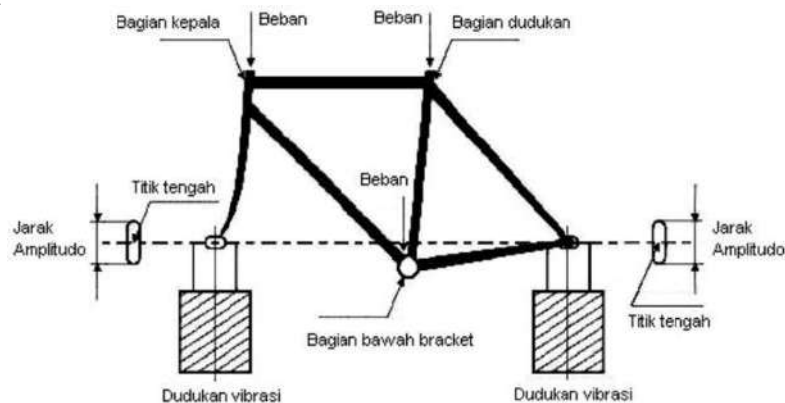
Dalam pengujian ini digunakan acuan standar SNI (Standar Nasional Indonesia) yang merupakan standar kewenangan Indonesia. SNI memberikan tahapan untuk penyempurnaan prinsip-prinsip Indonesia dan catatan khusus lainnya untuk berbagai item termasuk sepeda. Nomor Kronis untuk sepeda yang diberikan SNI, misalnya SNI 8224-2016 (Sepeda Anak), SNI 1049-2008 dan lain-lain. Substansi SNI untuk sepeda adalah standar pengujian suku cadang sepeda sehingga barang selanjutnya



akan memiliki masa pakai yang lama dan terlindungi saat digunakan. Dalam penelitian ini standar yang digunakan adalah SNI 1049-2008 yang dikenang untuk kelas sepeda *trail blazing*. Untuk segmen garis besar sepeda *trail blazing* dalam SNI 1049-2008, ada beberapa pengujian pada prinsip-prinsip fasilitas penelitian yang ada sebelum sepeda dijual secara keseluruhan.

### 1. Uji lelah rangka (Frame Vibration Test)

*Frame* yang diuji dirakit menjadi satu dengan fork tanpa suspensi. Simulasi ini dilakukan dengan cara vibrasi pada gambar 1 dengan beban dan parameter seperti pada tabel 1. Stelah uji getar 70000 kali, secara visual rangka tidak boleh menunjukkan perubahan bentuk permanen atau terlihat adanya tanda retak atau patah.



**Gambar 1.** Uji lelah rangka (*Frame Vibration Test*) [3]

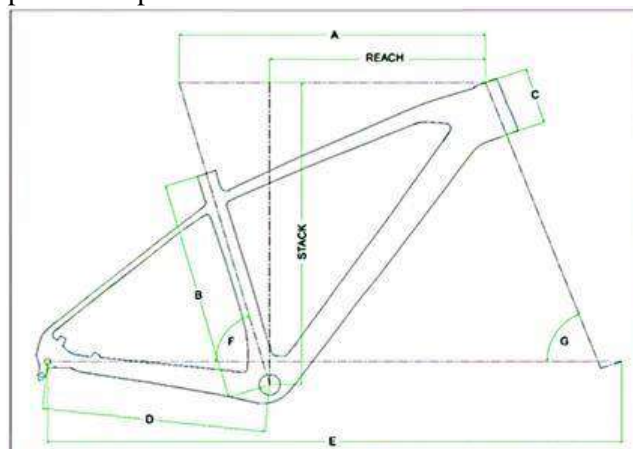
**Tabel 1.** Distribusi beban dan parameter uji lelah rangka [3]

Beban <i>head part</i>	Beban <i>seat tube</i>	Beban <i>BB Part</i>	Beban Total	Frekwensi	Jumlah getaran	Amplitudo
5 kg	40 kg	20 kg	65 kg	2,8—5,8 (Hz)	70.000 siklus	(18-24) mm

### 2. Geometri Benda Uji

Data *frame* sepeda diambil dari website resmi United indonesia, yaitu *frame* jenis *mountain bike* United KYROSS 1.0, yang dapat digunakan pada kontur jalanan ibukota yang berbeda beda. Data ini akan digunakan sebagai acuan untuk melakukan hipotesa terhadap bentuk pemodelan *frame*. Berdasarkan gambar 2 diatas yang diambil pada website resmi United Indonesia *frame* pada mountain bike United KYROSS 1.0, juga tersusun atas 6 bagian tube yaitu *head tube*, *top tube*, *down tube*, *seat tube*, *seat stay*, dan *chain stay*. Sedangkan data yang ada adalah *reach*, *stack*, *effective top tube*, *seat tube length*, *head tube length*, *head tube length*, *chainstay length*, *wheelbase*, *seat angle*, *head angle*.

Material yang digunakan pada *frame* sepeda gunung carbon ini adalah Steel 4310 dan Alumunium AA 6061 T6 ini akan diaplikasikan menjadi material pada *frame* di software Solidwork, berikut adalah spesifikasi dari *frame* sepeda ditampilkan dalam bentuk tabel.



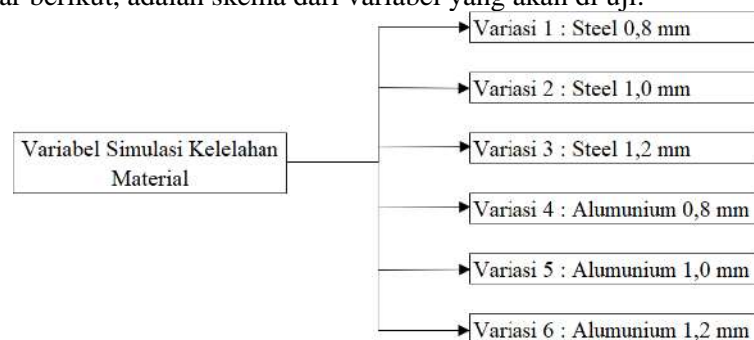
**Gambar 2.** Data Geometri Frame Sepeda [4]

**Tabel 2.** Spesifikasi frame UNITED KYROSS 1.0 ukuran 27,5 [4]

SIZE		27,5"	
		S	M
REACH		400	415
STACK		580	590
A	EFFECTIVE TOP TUBE	580	600
B	SEAT TUBE LENGTH	380	432
C	HEAD TUBE LENGTH	100	110
D	CHAINSTAY LENGTH	430	435
E	WHEELBASE	1070	1090
F	SEAT ANGLE	72	72
G	HEAD ANGLE	70	70

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi disini menggunakan standar SNI 1049-2008, dimana pada *frame* sepeda diberikan beban pada bagian head tube sebesar 5 kg, pada bagian bottom bracket sebesar 20 kg, dan pada bagian seat tube 40 kg, untuk mencari nilai kelelahan pada kerangka sepeda maka akan dilakukan *fatigue simulation* untuk menentukan *lifetime/cycles* dan *damage* pada kerangka setelah pengujian. Pada *fatigue simulation* desain akan di uji sebanyak 70.000 untuk melihat sampai mana kemampuan material untuk menahan beban. Pengujian akan dilakukan dengan desain sepeda yang sama namun akan di ganti ketebalan dari kerangkanya bahan yang dipakai ini adalah fitur mesh yang tersedia pada Solidwork [5]. Varian ketebalan yang akan diuji adalah : 0,8 mm, 1 mm dan 1,2 mm, sesuai ketebalan rata rata sepeda pada pasar, lalu varian bahanyang dipakai adalah Steel 4310, Alumunium AA 6061 T6, pada masing masing material akan di uji setiap ketebalannya, menjadikan variabel uji yang dipakai berjumlah 6 variabel. Pengujian akan di lakukan menggunakan software SOLIDWORK Premium 2020. Pada gambar berikut, adalah skema dari variabel yang akan di uji.



**Gambar 3.** Skema variabel yang akan di uji

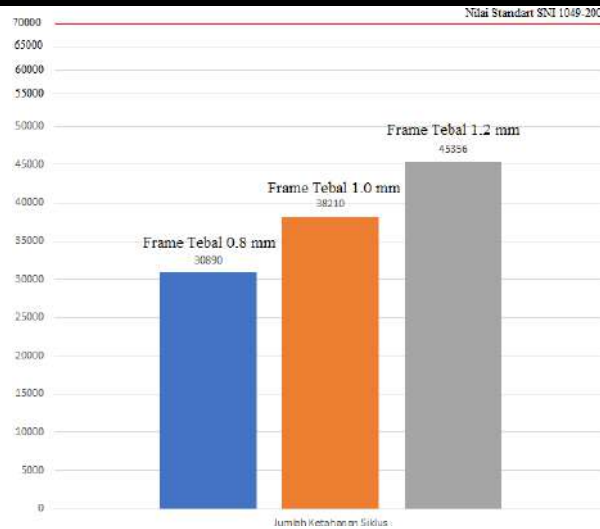
#### 1. Hasil Analisa Perbandingan frame Steel

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada *frame* berbahan *steel* dengan pembebanan vertikal maka didapathasil :

**Tabel 3.** Hasil Simulasi fatigue Material AISI 4310 Steel

Material	Ketebalan (mm)		
	0,8	1	1,2
Life Minimum (Ketahan Siklus)	30890 Siklus	38210 Siklus	45356 Siklus
Safety Factor Minimum ( Faktor Keamanan)	0,899	1,209	1,919
Damage Minimum (Angka Kerusakan)	333,333	306,369	274,333

Dilihat dari hasil diatas, *safety factor frame* 0,8 mm masih mendapat nilai dibawah 1, yang artinya ini tidak aman, sedangkan untuk *frame* tebal 1,0 mm dan 1,2 mm, mndapat nilai diatas 1 dari segi *safety factor*. Untuk dari segi nilai *life minimum* untuk dari masing masing ketebalan tidak ada yang melebihi angkadari Standart SNI 1049-2008 yaitu 70.000 siklus, angka angka ini menunjukkan ada bagian yang hanyamampu menahan siklus sesuai dengan angka tabel. Jika dilihat bagian yang tidak sampai pada 70.000 siklus ada pada area *chainstay*, maka dapat disimpulkan bahwa *frame* dengan varian bahan dan ketebalan yang dipakai tidak dapat memenuhi standart SNI 1049-2008 dan tidak aman.



Gambar 4. Grafik perbandingan life minimum frame bahan Steel 4310

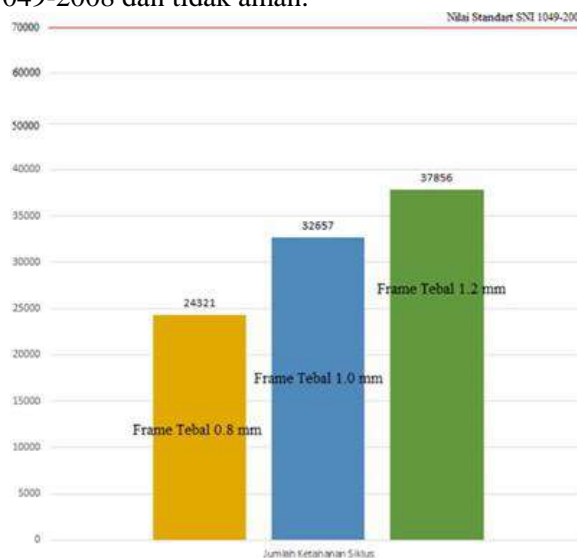
## 2. Hasil Analisa Perbandingan Frame Alumunium

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada *frame* berbahan steel dengan pembebanan vertikal maka didapat hasil:

Tabel 4. Hasil Simulasi fatigue Material Alumunium AA 6061 T6

Material	Ketebalan (mm)		
	0,8	1	1,2
Life Minimum (Ketahan Siklus)	24321 Siklus	32657 Siklus	37856 Siklus
Safety Factor Minimum (Faktor Keamanan)	0,548	0,75	0,975
Damage Minimum (Angka Kerusakan)	364,36	343,02	320,97

Dilihat dari hasil diatas, *safety factor frame* 0,8 mm, 1,0 mm, 1,2 mm masih mendapat nilai dibawa 1, yang artinya ini tidak aman dari segi *safety factor*. Untuk dari segi nilai *life minimum* untuk dari masing masing ketebalan tidak ada yang melebihi angkadari Standar SNI 1049-2008 yaitu 70.000 siklus, angka angka ini menunjukkan ada bagian yang hanya mampu menahan siklus sesuai dengan angka tabel. Jika dilihat bagian yang tidak sampai pada 70.000 siklus ada pada area *chainstay*, maka dapat disimpulkan bahwa *frame* dengan varian bahan dan ketebalan yang dipakai tidak dapat memenuhi standart SNI 1049-2008 dan tidak aman.



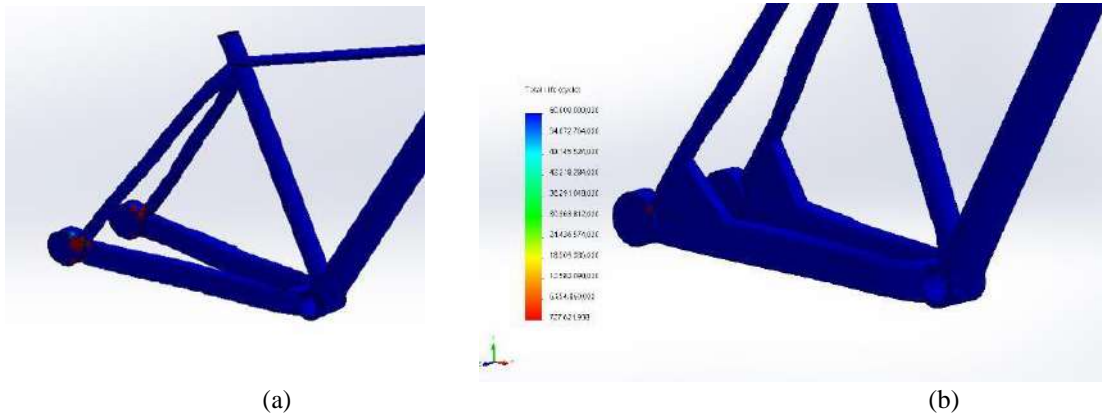
Gambar 5. Grafik perbandingan life minimum frame bahan Alumunium AA 6061

## 3. Analisis frame modifikasi bahan steel dengan ketebalan 0,8 mm

Setelah di analisa hasil subbab diatas, terjadinya kelelahan pada kedua jenis bahan serta variasi ketebalan di *frame* sepeda dikarenakan oleh faktor desain [6], takik atau derajat pada pertemuan *seatstay* dan *chainstay* sangat ekstrim, maka dengan ini dilakukannya penambahakan *reinforcemet / recall* [7, 8] pada area tersebut dengan variabel yang dijadikan contoh uji adalah *frame* bahan Steel AISI 4310 ketebalan 0,8 mm, maka didapat nilai berikut :

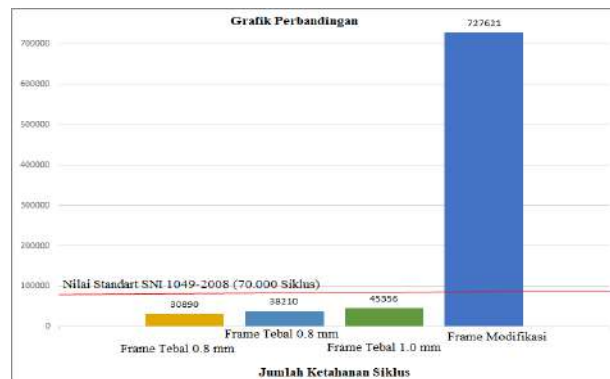
**Tabel 5.** Hasil fatigue simulation frame modifikasi

Material	Nilai
Life Minimum (Ketahanan Siklus)	727621 Siklus
Safety Factor Minimum ( Faktor Keamanan)	1,028
Damage Minimum (Angka Kerusakan)	13,737

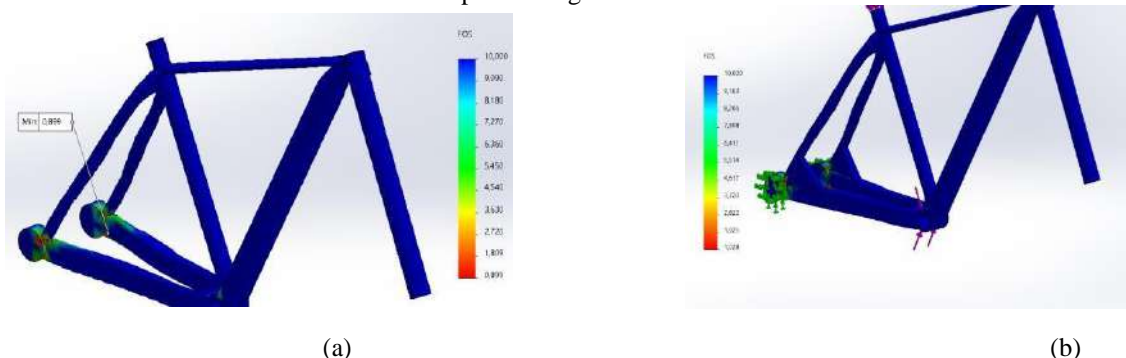


**Gambar 6.** (a) Hasil life minimum frame awal; (b) Hasil life minimum pada frame modifikasi

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa dari seluruh permukaan yang berwarna biru dapat bertahan selama 70000 siklus dengan beban berulang yang diberikan pada *frame* sepeda, dan area *chainstay* yang semula berwarna merah sekarang menjadi warna biru dengan angka siklus sebanyak 727621 siklus pada areachainstay, artinya pada bagian ini sudah mampu mengikuti standar dari SNI 1049-2008.



**Gambar 7.** Grafik perbandingan life minimum frame modifikasi



**Gambar 8.** (a) Hasil safety factor pada frame awal; (b) Hasil safety factor pada frame modifikasi

Dari hasil simulasi, angka *safety factor* minimum didapat nilai 1,028 yang letaknya ada pada bagianchainstay, adapun kriteria dari angka yaitu :

- Faktor keamanan kurang dari 1,0 di lokasi menunjukkan bahwa material di lokasi tersebut telahgagal.
- Faktor keamanan 1,0 di lokasi menunjukkan bahwa material di lokasi itu baru saja mulai gagal.
- Faktor keamanan yang lebih besar dari 1,0 di lokasi menunjukkan bahwa material di lokasi tersebutaman.

Maka dapat disimpulkan bahwa pada area ini masih dalam kriteria 'aman'. [9]

#### 4. KESIMPULAN

Pengujian kelelahan (*fatigue*) *frame* dengan *vertical force*, didapatkan ketahanan siklus *frame* dengan material AISI 4310 Steel menunjukkan nilai 30.890 siklus pada ketebalan 0,8 mm dan nilai tertingginya 45.356 siklus pada ketebalan 1,2 mm, sedangkan pada standar SNI 1049-2008 diharapkan *frame* mampu bertahan minimal 70.000 siklus artinya dari material AISI 4310 Steel dengan bentuk model *frame* yang tersedia pada pasaran belum mampu melewati standar dari SNI 1049-2008. Sedangkan, ketahanan siklus *frame* dengan material aluminium AA 6061 T6 menunjukkan nilai 24321 siklus pada ketebalan 0,8 mm dan nilai tertingginya 37856 siklus pada ketebalan 1,2 mm, sedangkan pada standar SNI 1049-2008 diharapkan *frame* mampu bertahan minimal 70000 siklus artinya dari material aluminium AA 6061 T6 dengan bentuk model *frame* yang tersedia pada pasaran belum mampu melewati standar dari SNI 1049-2008.

Pada pengujian kelelahan (*fatigue*) *frame* modifikasi dengan *vertical force*, didapatkan ketahanan siklus *frame* dengan material AISI 4310 Steel yang menunjukkan nilai sebesar 727621 siklus pada ketebalan 0,8 mm dan pada standar SNI 1049-2008 diharapkan *frame* mampu bertahan minimal 70.000 siklus, maka bisa dikatakan *frame* modifikasi sudah mampu melewati batas standar, dengan optimasi yang dilakukan dengan menambahkan *reinforcement* pada daerah *chainstay frame* yang terlihat dari hasil pengujian *frame*.

#### 5. REFERENSI

- [1] Sepeda Me, "Arti dan pengaruh dimensi geometri *frame*/rangka *sepeda*," [Online] from <https://www.sepeda.me/parts/frame-sepeda/dimensi-geometri-frame-sepeda.html>. (2021)
- [2] C. Rontescu, T. D. Cacic, C. G. Amza, O. Chivu, and D. Dobrotă, "Choosing the optimum material formaking a bicycle frame," *Metalurgija*, vol. 54, no. 4, pp. 679–682, 2015.
- [3] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, "Sepeda – Syarat keselamatan," 2008.
- [4] "UNITED." [Online] from <https://www.unitedbike.com/bikes/kyross-1.00>. (2020)
- [5] SolidWorks, "Mesh Types," Dassault Systemes, 2017. [http://help.solidworks.com/2017/english/solidworks/cworks/c\\_element\\_types.htm](http://help.solidworks.com/2017/english/solidworks/cworks/c_element_types.htm).
- [6] W. D. Callister, "Materials science and engineering: An introduction (2nd edition)," *Mater. Des.*, vol. 12, no. 1, p. 59, 1991, doi: 10.1016/0261-3069(91)90101-9.
- [7] I. Hedapratama, "Simulasi Fatigue Frame Mountain Bike Dengan Variasi Bahan Dan Ketebalan Menggunakan Standar Cen 14766," 2016, [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/41813/>.
- [8] J. Vanwalleghem, F. Mortier, I. De Baere, M. Locufier, and W. Van Paepegem, "Design of an instrumented bicycle for the evaluation of bicycle dynamics and its relation with the cyclist's comfort," *Procedia Eng.*, vol. 34, pp. 485–490, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.04.083.
- [9] SolidWorks, "Factor of Safety Check" Dassault Systemes, 2018. [http://help.solidworks.com/2020/English/SolidWorks/cworks/c\\_Factor\\_of\\_Safety\\_Check.htm](http://help.solidworks.com/2020/English/SolidWorks/cworks/c_Factor_of_Safety_Check.htm).

# Analisis Pengendalian Kualitas Produk Besi Pegangan Motor Dengan Metode Six Sigma di PT. X

Fajar Sholikhin<sup>1</sup>, Nur Yulianti Hidayah<sup>2\*</sup><sup>1</sup> Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta\* Corresponding author: [alfianprakosohadi2@gmail.com](mailto:alfianprakosohadi2@gmail.com)

**Abstrak.** Lini *painting* PT. X merupakan lini pengecatan *part* produk sepeda motor. Salah satu *part* yaitu besipegangan motor. Untuk meningkatkan kualitas besi pegangan motor digunakan *Six Sigma* dengan tahapan DMAI (*Define, Measure, Analyze, Improve*). Pada tahap *define*, CTQ produk adalah *defect* kotor dan meler. Pada tahap *measure* diperoleh nilai DPMO sebesar 813 dengan nilai sigma 4,66. Pada tahap *analyze*, analisis dilakukan terhadap *defect* kotor dan meler dengan *fishbone diagram* dan FMEA. Diperoleh penyebab dan modus cacat kotor yaitu pintu *booth painting* yang terbuka, tidak ada jadwal perawatan secara berkala pada *spray gun*, operator tidak melakukan proses *blowing and burning* sesuai SOP, dan operator mengalami kejenuhan. Modus pada cacat meler yaitu belum ada jadwal *rolling* operator, kekentalan cat tidak sesuai SOP, suhu oven tidak stabil, dan material berasal dari *supplier* A yang memberikan hasil cat kurang baik. Pada tahap *improve*, diberikan usulan perbaikan dengan 5W+1H. Pada *defect* kotor yaitu melakukan pelatihan kepada operator agar melakukan pekerjaan sesuai dengan SOP dan melakukan perawatan preventif pada *spray gun* dan oven, untuk *defect* meler adalah memilih cat dan thinner yang berasal dari *supplier* yang memberikan hasil sesuai standar dan membuat jadwal perputaran operator proses *spray* agar tidak mengalami kejenuhan yang berakibat produk menjadi cacat.

**Kata kunci**—*Defect, DPMO, FMEA, Six Sigma, Usulan Perbaikan*

## 1. PENDAHULUAN

PT. X, merupakan perusahaan nasional yang bergerak di bidang *Metal Painting* dan *Metal Forming*. Salahsatu lini produksi di PT. X adalah lini *Painting*. *Painting* adalah proses *coating* atau pelapisan terhadap suatu produk yang berfungsi untuk melindungi produk tersebut dari proses karat. Pada bulan September 2020, produk besi pegangan motor ini mengalami jumlah produk *reject* yang fluktuatif dimana perusahaan menetapkan batastoleransi produk *reject* sebesar 5%. Dari produk *reject* tersebut terdapat jenis kecacatan yang beragam, diantaranya yaitu cacat meler, belang, lecet, dan kotor. Cacat tersebut didapatkan dari proses di lini *painting* PT. X. Data produksi serta data *reject* produk besi pegangan motor pada lini *painting* selama bulan September 2020 disajikan pada tabel 1.

Medan dari penggunaan sepeda saat ini juga berkembang dari jalan raya hingga tanah pegunungan, yang mana medan sangat variatif, *shock* yang diberikan pada *frame* akan sangat besar, maka dari itu perancangan *frame* sepeda harus dicermati secara detail karena penggunaan yang cukup beragam. Ada banyak faktor yang harus diperhatikan dalam pembuatan sepeda, selain dari ergonomis dan estetikanya faktor dari kekuatan *frame* itu sendiri juga penting karena akan berhubungan dengan keselamatan penggunaannya sebagai dari bagian utama untuk menopang bagian yang lain. Kegagalan seperti kelelahan material dari *frame* sepeda dapat berdampak sangat fatal [2]. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk menganalisa desain (geometri) *frame* sepeda, dimana dilakukan pengujian menggunakan *software* solidwork untuk mengetahui *lifetime* dari *frame* sepeda berdasarkan standar SNI. Setelahnnya diharapkan mampu memberikan solusi yang sesuai pada sepeda di bagian yang kritis terkenan beban.

**Tabel 1.** Data produksi dan reject produk di lini *painting* bulan September 2020

Keterangan	Data
Jumlah produksi (unit)	22.138
Rata-rata jumlah produksi/hari (unit)	885.52
Jumlah produk <i>reject</i> (unit)	1.172
Rata-rata jumlah produk <i>reject</i> /hari (unit)	46.88
% <i>reject</i>	5.3%
Rata-rata % <i>reject</i> per hari	0.21%

Data pada tabel 1, diketahui bahwa persentase *reject* pada produk besi pegangan selama bulan September 2020 menunjukkan angka 5,3%. Produk *reject* ini ditemukan pada proses *quality control* di lini *painting*, dimana pada bagian ini pengecekan dilakukan dengan cara visual oleh operator sesuai dengan standar spesifikasinya. Dengan tingkat *reject* yang melebihi target, maka akan menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Dalam rangka mengurangi jumlah produk *reject*, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui apa yang menjadi penyebab terjadinya produk *reject* sehingga dapat ditentukan rencana perbaikanyang perlu dilakukan.. Pengendalian mutu produk besi pegangan motor digunakan metode *Six Sigma* yang bertujuan untuk melakukan perbaikan dan peningkatan proses serta pengendalian kualitas secara terus menerus pada perusahaan. *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) akan digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui potensi terjadinya produk *reject* yang terjadi dengan meminimalkan risiko adanya *defect* atau cacat pada produk. *Six Sigma* adalah suatu besaran yang dapat diterjemahkan sebagai suatu proses pengukuran dengan menggunakan *tools-tools statistic* dan teknik untuk mengurangi cacat hingga tidak lebih dari 3,4 DPMO (*Defect per Million Opportunities*) atau 99,99% difokuskan untuk mencapai kepuasan pelanggan.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini dengan menggunakan metode observasi yaitu pengamatan atau peninjauan secara langsung di tempat penelitian yaitu di PT. X dengan mengamati proses produksi dari awal sampai akhir dan kegiatan pengendalian kualitas. Selanjutnya metode wawancara yaitu dengan wawancara atau tanya jawab langsung dengan kepala produksi dan operator. Dengan metode ini memperoleh data tentang proses produksi, penyebab produk cacat dan tentang pengendalian kualitas produk besi pegangan motor.

Metode analisis data dalam penelitian ini mengacu pada prinsip-prinsip metode six sigma dengan pendekatan DMAI (*Define, Measure, Analyze, Improve*). Pada tahap *define* ini dilakukan pemasalahan yang terjadi dan melakukan identifikasi cacat pada produk. Langkah atau *tools* yang digunakan yaitu penetapan *critical to quality* (CTQ). Setelah melakukan identifikasi dan pendefinisian terhadap masalah yang akan di analisis, pada tahap *measure* dilakukan perhitungan dengan menggunakan peta kontrol p, perhitungan nilai DPMO, dan menentukan nilai sigma. Peta kontrol atau diagram kontrol yang digunakan untuk memperlihatkan proses perubahan dari data dan peta kontrol yang digunakan yaitu peta kendali p. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$P_i = \frac{x}{n_i} \quad (1)$$

$$CL = \bar{P} \quad (2)$$

$$UCL = P_i + 3 \sqrt{\frac{P_i(1-P_i)}{n_i}} \quad (3)$$

$$LCL = P_i - 3 \sqrt{\frac{P_i(1-P_i)}{n_i}} \quad (4)$$

Perhitungan nilai sigma adalah perhitungan yang digunakan untuk menilai suatu proses apakah berjalan dengan baik atau tidak. Berikut ini merupakan rumus dan tahapan untuk mengetahui nilai sigma adalah sebagaiberikut:

$$DPMO = \frac{D}{(U \cdot O)} \cdot 1,000,000 \quad (5)$$

Pada tahap *analyze* ini merupakan langkah untuk menganalisis penyebab masalah kualitas pada proses produksi produk besi pegangan motor. Dimana langkah yang dilakukan dalam tahap ini adalah membuat diagram pareto dan diagram sebab-akibat dan analisis *failure mode and effect analysis* (FMEA). Selanjutnya pada tahap *improve* ini merupakan tahap untuk mengidentifikasi cara perbaikan suatu proses peningkatan kualitas dari penyebab yang muncul dari diagram sebab-akibat. Dimana langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap ini menggunakan metode 5W 1H.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Define

Dalam tahap awal *six sigma* dilakukan identifikasi permasalahan yang terjadi dengan penentuan *critical to quality* (CTQ). Penentuan CTQ berdasarkan pada banyaknya kemungkinan jenis cacat yang terjadi pada pengumpulan data. Jumlah dari jenis cacat yang ditemukan berdasarkan pada banyaknya cacat yang ditemukandi suatu produk. Data CTQ selama bulan September 2020 disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Critical to quality (CTQ) produk besi pegangan motor

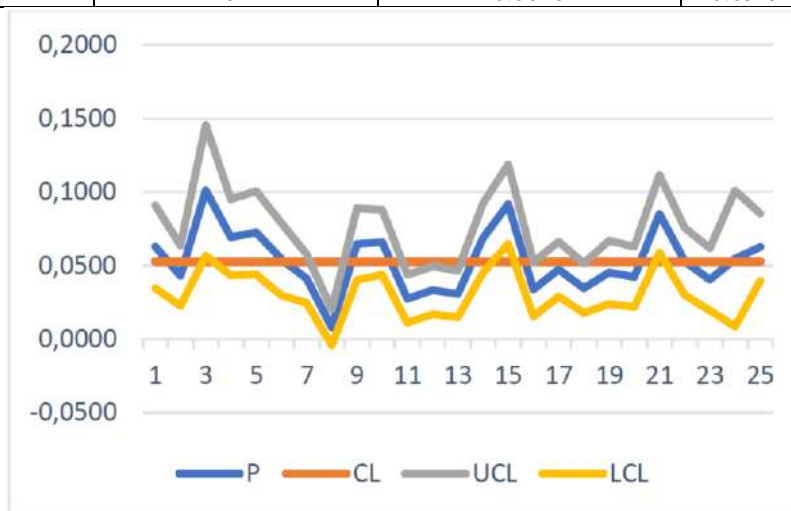
CTQ	Jenis Cacat	Banyaknya Cacat(Unit)
CTQ-1	Kotor	268
CTQ-2	Meler	257

**b. Measure**

Pada tahap *measure* dilakukan perhitungan menggunakan peta kontrol p. Langkah pertama dalam membuat peta kontrol p yaitu menghitung proporsi kerusakan produk, menentukan garis sentral atau *central line* kemudian mencari batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB). Hasil dari pengolahan data petakontrol p disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Perhitungan peta kontrol p

No	Total Check (unit)	Total Reject (unit)	Proporsi Reject (pi)	CL	BKA	BKB
1	668	42	0.0629	0.0529	0.0910	0.0347
2	880	38	0.0432	0.0529	0.0637	0.0226
3	415	42	0.1012	0.0529	0.1456	0.0568
4	866	60	0.0693	0.0529	0.0952	0.0434
5	758	55	0.0726	0.0529	0.1008	0.0443
6	772	42	0.0544	0.0529	0.0789	0.0299
7	1306	54	0.0413	0.0529	0.0579	0.0248
8	488	4	0.0082	0.0529	0.0204	-0.0040
9	928	60	0.0647	0.0529	0.0889	0.0404
10	1137	75	0.0660	0.0529	0.0880	0.0439
11	907	25	0.0276	0.0529	0.0439	0.0113
12	1109	37	0.0334	0.0529	0.0495	0.0172
13	1069	33	0.0309	0.0529	0.0467	0.0150
14	1033	71	0.0687	0.0529	0.0923	0.0451
15	1024	94	0.0918	0.0529	0.1189	0.0647
16	882	30	0.0340	0.0529	0.0523	0.0157
17	1197	57	0.0476	0.0529	0.0661	0.0292
18	1064	37	0.0348	0.0529	0.0516	0.0179
19	857	39	0.0455	0.0529	0.0669	0.0241
20	871	37	0.0425	0.0529	0.0630	0.0220
21	1009	86	0.0852	0.0529	0.1116	0.0589
22	871	46	0.0528	0.0529	0.0755	0.0301
23	785	32	0.0408	0.0529	0.0619	0.0196
24	219	12	0.0548	0.0529	0.1009	0.0087
25	1023	64	0.0626	0.0529	0.0853	0.0398



**Gambar 1.** Peta kontrol p produk besi pegangan motor bulan September 2020

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa peta kontrol menunjukkan proses *in control* atau terkendali dengan tidak adanya data yang *out of control*. Akan tetapi terdapat beberapa data menunjukkan proporsi *reject* yang melebihi batas toleransi yang ditargetkan perusahaan yaitu sebesar 5% (data *in*



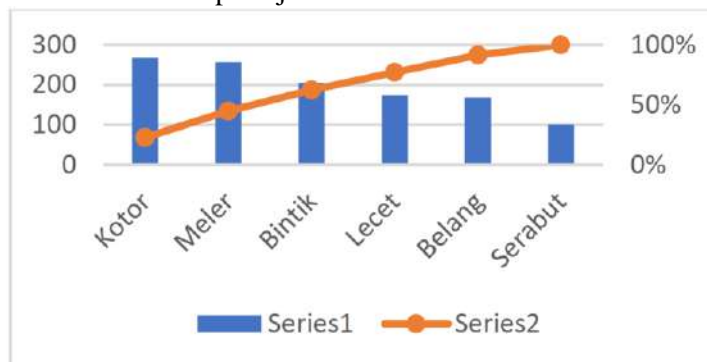
control tetapi *out of spec*). Selanjutnya perhitungan nilai sigma dengan menghitung nilai DPMO dan mengkonversinya menjadi nilai sigma. Berdasarkan rumus perhitungan, didapatkan hasil untuk seluruh nilai DPMO dan nilai sigma. Hasil penentuan nilai Sigma ditampilkan pada tabel 4. Dapat dilihat dari tabel 4. Rata-rata nilai DPMO sebesar 813 yang berarti bahwa terdapat 813 *defect* yang ditemukan dalam 1.000.000 kesempatan. Kemudian nilai DPMO dikonversi menggunakan tabel konversi nilai Sigma untuk mendapatkan nilai Sigma. Nilai Sigma untuk proses produksi besi pegangan motor sebesar 4,66. Nilai tersebut menunjukkan bahwa proses produksi cukup baik akan tetapi masih harus diperbaiki agar dapat mengurangi jumlah produk *reject*.

**Tabel 4.** Perhitungan nilai DPMO dan nilai Sigma

No	Total Unit	Jenis Cacat						DPMO	Nilai Sigma
		Meler	Belang	Lecet	Serabut	Kotor	Bintik		
1	668	12	2	3		25		749	4.67
2	880	17		3		18		426	4.83
3	415	9	6	10		17		1205	4.53
4	866	24	12	9	2	9	4	866	4.63
5	758	17	9	2	7	15	5	989	4.59
6	772	15	7	5	4	9	2	972	4.59
7	1306	10	5	12	2	17	8	574	4.75
8	488	1	1	2				768	4.66
9	928	4	7	5	4	30	10	808	4.65
10	1137	17	13	12	9	4	20	660	4.71
11	907	7	1	4	2	1	10	827	4.64
12	1109	10	7	1	1	8	10	676	4.7
13	1069	7	2	7	4	7	6	702	4.69
14	1033	7	19	5	9	9	22	726	4.68
15	1024	3	41	9	5	12	24	732	4.68
16	882	5	2	5	9	4	5	850	4.63
17	1197	9	7	6	6	13	16	627	4.72
18	1064	8	1	12	3	5	8	705	4.69
19	857	12	8	6	3	5	5	875	4.62
20	871	12	3	10	4	3	5	861	4.63
21	1009	17	3	26	11	10	19	743	4.67
22	871	8	3	12	9	7	7	861	4.63
23	785	4	4	1		17	6	796	4.65
24	219	6	5			1		1712	4.42
25	1023	16		6	7	22	13	611	4.73
Rata-Rata								813	4,66

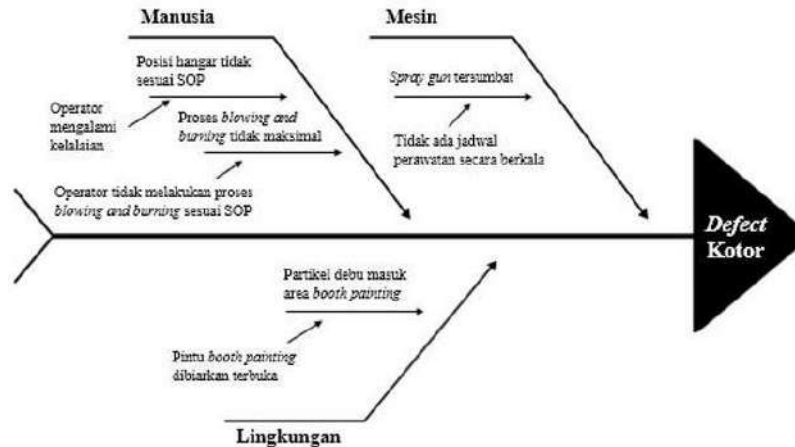
**c. Analyze**

Diaram pareto untuk menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya jumlah kejadian dan mengetahui perbandingan produk *defect* pada besi pegangan motor di lini *painting* PT. X. Gambar 2 menunjukkan persentase kecacatan produk dengan nilai kumulatif kecacatan hingga 100%. Terlihat bahwa jenis cacat kotor dan meler memiliki jumlah cacat tertinggi dibanding yang lainnya dengan persentase sebesar 23% dan 22%. Untuk cacat bintik, lecet, belang, dan serabut memiliki persentase masing-masing sebesar 17%, 15%, 14%, dan 9%. Pada penelitian ini analisis penyebab terjadinya cacat dan usulan perbaikan akan difokuskan pada jenis cacat kotor dan meler.

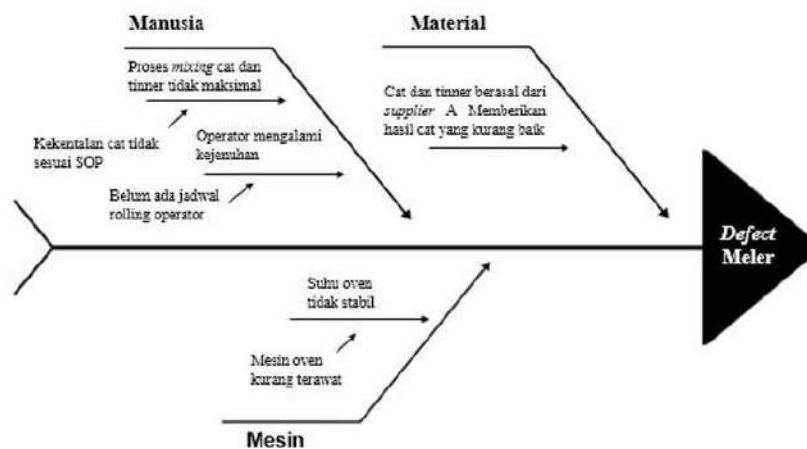


**Gambar 2.** Diagram Pareto produk besi pegangan motor September 2020

Diagram sebab akibat pada gambar 3 dan gambar 4 dibuat berdasarkan hasil wawancara dengan karyawan perusahaan, diketahui terdapat beberapa penyebab yang dapat mengakibatkan *defect* kotor dan meler. Faktor apa saja yang dapat menyebabkan terjadinya *defect* kotor dan meler akan dianalisis dengan menggunakan *fishbone* diagram yang terdiri dari empat faktor yaitu manusia, mesin, material dan lingkungan. Dasar pembuatan *fishbone* diagram adalah hasil wawancara dengan kepala produksi *painting* dan operator produksidi lapangan.



Gambar 3. Fishbone diagram defect akibat kotor



Gambar 4. Fishbone diagram defect akibat meler

*Failure Mode And Effects Analysis* (FMEA) digunakan untuk menentukan prioritas masalah dari tingkat risiko dari setiap kegagalan yang ada. Adapun tujuannya yaitu untuk meminimalkan kerugian dari penyebab adanya kegagalan dalam proses produksi maupun kegagalan pada produk, sehingga dapat menjadi bahan usulan perbaikan. Nilai *severity*, *occurance* dan *detection* diperoleh dari hasil kuesioner. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai RPN yang diperoleh dari perkalian nilai *severity*, *occurance* dan *detection*. Berdasarkan tabel 5 dan tabel 6 dapat diketahui bahwa hasil analisa FMEA yang telah dilakukan, maka didapatkan nilai RPN (*risk priority number*) tertinggi yaitu 210 untuk *defect* kotor dan 180 untuk *defect* meler. Dimana nilai RPN tersebut berasal dari penyebab kecacatan yang berupa pintu *booth painting* terbuka dan belum ada jadwal *rolling operator*.

Tabel 5. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) untuk defect kotor

Faktor	Jenis Kegagalan	Efek yang ditimbulkan	S	Penyebab dari kegagalan proses	O	Kontrol yang dilakukan	D	RPN	Rank
Lingkungan	Pintu booth painting dibiarkan terbuka	Produk menjadi kotor akibat debu yang menempel	5	Partikel debu masuk ke area booth painting	6	Saat proses produksi berlangsung menutup pintu	7	210	1
Manusia	Operator tidak melakukan proses blowing and burning	Produk masih kotor dan terdapat serabut halus	6	Proses blowing and burning tidak maksimal	5	Memberikan sosialisasi SOP kepada operator	5	150	2

Faktor	Jenis Kegagalan	Efek yang ditimbulkan	S	Penyebab dari kegagalan proses	O	Kontrol yang dilakukan	D	RPN	Rank
	sesuai SOP								
Mesin	Tidak ada jadwal perawatan secara berkala pada spray gun	Saat proses spray ke produk menjadi tidak maksimal	5	Spray gun tersumbat	5	Saat sudah terlihat kotor pada ujung spray gun, operator melakukan pembersihan di jam selesai kerja	5	125	3
Manusia	Operator mengalami kelalaian	Posisi hangar tidak sesuai SOP saat proses produksi berlangsung	5	Hilangnya konsentrasi operator	7	Memberikan sosialisasi SOP kepada operator	3	105	4

**Tabel 6.** Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) untuk defect meler

Faktor	Jenis Kegagalan	Efek yang ditimbulkan	S	Penyebab dari kegagalan proses	O	Kontrol yang dilakukan	D	RPN	Ranking
Manusia	Belum ada jadwal rolling operator	Hilangnya konsentrasi operator berakibat pada proses spray tidak maksimal	6	Operator mengalami kelelahan	5	Membuat jadwal rolling antar operator	6	180	1
	Kekentalan cat tidak sesuai SOP	Saat proses spray berlangsung cat pada produk bisa terlalu cair atau kental dan kualitas produk menjadi tidak sesuai yang diinginkan	6	Proses mixing tidak maksimal	4	Memberikan sosialisasi SOP kepada operator	4	96	2
Mesin	Mesin oven kurang terawat	Proses pengeringan cat pada produk tidak maksimal	4	Suhu oven tidak stabil	7	Melakukan pemeliharaan secara berkala	3	84	3
Materi	Cat dan tinner yang berasal dari supplier A memberikan hasil cat yang kurang baik	Memberikan warna yang tidak sesuai dengan yang diinginkan atau standar perusahaan	5	Cat dan tinner yang berasal dari supplier A memberikan hasil cat yang kurang baik	6	Memilih cat dan tinner yang memenuhi standar kualitas perusahaan	2	60	4

#### d. Improve

*Improve* merupakan tahapan untuk membuat usulan perbaikan untuk meningkatkan kualitas produk. Usulan ini dilakukan pada potensi masalah yang menyebabkan produk menjadi cacat. Usulan perbaikan dengan metode 5W 1H dijelaskan pada tabel 7 dan tabel 8.

**Tabel 7.** Usulan perbaikan terhadap masalah defect kotor

No	Faktor	What	Why	Where	When	Who	How
1	Pintu booth painting dibiarkan terbuka	Melakukan perbaikan proses kerja	Agar debu tidak masuk ke area booth painting	Proses spray	Ketika proses produksi berlangsung	Supervisor	Membuat SOP proses spray dan mensosialisasikan SOP

No	Faktor	What	Why	Where	When	Who	How
2	Operator tidak melakukan proses blowing and burning sesuai SOP	Memberikan pelatihan kepada operator proses blowing and burning	Agar operator bekerja sesuai SOP	Proses blowing and burning	Di luar jam operasional proses produksi	Supervisor	Memberikan pelatihan yang terjadwal untuk proses blowing and burning kepada operator
3	Tidak ada jadwal perawatan secara berkala pada spray gun	Melakukan perawatan pada spray gun	Agar tidak terdapat gumpalan sisa cat dan kotoran pada spray gun	Proses spray	Di luar jam operasional proses produksi	Operator spray	Melakukan preventive maintenance dan terjadwal pada spray gun
4	Operator mengalami kelalaian	Melakukan perbaikan proses kerja	Untuk operator meminimalkan kesalahan dalam bekerja	Proses blowing and burning	Ketika proses produksi berlangsung	Supervisor	Memberikan pelatihan yang terjadwal untuk proses blowing and burning kepada operator

**Tabel 8.** Usulan perbaikan terhadap masalah defect meler

No	Faktor	What	Why	Where	When	Who	How
1	Belum ada jadwal rolling operator	Melakukan perbaikan proses kerja	Untuk mengurangi kejenuhan operator	Proses spray	Saat proses produksi berlangsung	Supervisor	Membuat jadwal rolling operator 1 dan 2 setelah jam istirahat
2	Kekentalan cat tidak sesuai SOP	Memberikan pelatihan kepada operator proses	Agar kekentalan cat sesuai standar	Proses Mixing	Saat proses mixing berlangsung	Supervisor	Memberikan pelatihan yang terjadwal kepada operator mixing agar dapat bekerja sesuai dengan SOP
3	Mesin oven kurang terawat	Melakukan perawatan terhadap mesin terutama pada alat pengatur dan pendeteksi suhu	Oven agar suhu oven menjadi stabil	Mesin Oven	Di luar jam operasional proses produksi	Operator Maintenance	Melakukan perawatan preventif dan terjadwal pada mesin oven
4	Cat dan tinner yang berasal dari supplier A memberikan hasil cat yang kurang baik	Menggunakan material yang sesuai standar kualitas	Untuk mengurangi defect meler	Lini painting PT. X	Di luar jam operasional proses produksi	Kepala Produksi, QC	Memilih supplier material yang sesuai standar

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data pengendalian kualitas di PT. X dengan menggunakan metode *six sigma* diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai rata-rata DPMO selama bulan September 2020 sebesar 813 yang berarti bahwa terdapat 813 *defect* yang ditemukan dalam 1.000.000 kesempatan. Nilai sigma proses produksi besi pegangan motor sebesar 4,66. Nilai tersebut menunjukkan bahwa proses produksi cukup baik akan tetapi masih harus diperbaiki agar dapat mengurangi jumlah produk *reject*.
2. *Defect* yang terjadi pada produk besi pegangan motor selama bulan September 2020 yaitu:
  - a. Kotor, hal ini disebabkan akibat partikel debu masuk ke area proses *spray* sehingga produk menjadi kotor karena pintu booth painting dibiarkan terbuka.
  - b. Meler, hal ini disebabkan karena suhu oven yang tidak stabil mengakibatkan proses pengeringan cat pada produk menjadi kurang maksimal.
  - c. Serabut, akibat dari proses *blowing* dan *burning* tidak maksimal dan serabut masih menempel pada produk.
  - d. Belang, hal ini disebabkan terdapat beberapa bagian produk yang sulit dijangkau oleh operator sehingga hasil *spray* tidak merata.

- e. Lecet, *defect* ini sering terjadi pada bagian *loading* dan *unloading* dimana operator melakukan kesalahan pada saat pengangkatan *part* sehingga terjadi gesekan dengan *part* lain atau gesekan dengan hangar yang menimbulkan goresan dan membuat *part* menjadi lecet.
  - f. Bintik, hal ini disebabkan akibat permukaan cat yang memiliki bintik air dan juga kotoran ikut tercatat lalu mengering yang kemudian menimbulkan bintik pada permukaan produk.
3. Usulan perbaikan pada defect kotor yaitu melakukan pelatihan kepada operator agar melakukan pekerjaannya sesuai dengan SOP dan melakukan perawatan preventif pada alat *spray gun* dan oven. Usulan perbaikan *defect* meler adalah memilih cat dan thinner yang berasal dari *supplier* yang memberikan hasil yang sesuai standar dan membuat jadwal perputaran antar operator proses *spray* agar tidak mengalami kejenuhan yang berakibat produk menjadi cacat.

## 5. REFERENSI

- [1] N. K. R Sari., dan N. K. Purnawati. Analisis Pengendalian Kualitas Proses Produksi Pie Susu pada Perusahaan Pie Susu Barong di Kota Denpasar. Jurnal Manajemen. Vol. 7 No.3. Denpasar: Universitas Udayana. (2018).
- [2] Gaspersz, V. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma*. Edisi 1. Cetakan ke-1. PT Gramedia Pustaka Utama. Bogor. (2002).
- [3] N. Badariah., D. Sugiarto., C. Anugerah. Penerapan Metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *Expert System (Sistem Pakar)*. Jurnal Fakultas Teknik. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta. November (2016).
- [4] A. Suherman., B. J. Cahyana. Pengendalian Kualitas dengan Metode *Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)* dan Pendekatan *Kaizen* untuk Mengurangi Jumlah Kecacatan dan Penyebabnya. Jurnal Fakultas Teknik. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta. Oktober (2019). Prasepta, F., Subakti, dan Natalia, A. Usulan Penerapan Metodologi DMAIC untuk Meningkatkan Kualitas Berat Produk di lini Produksi *Filling* (Studi Kasus : PT Java Egg Specialities). Jurnal Rekayasa. Vol 4 No Hal 6. ISSN 1411-9129. Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya. (2011).
- [5] R. Firmansyah., P. Yuliaty. Implementasi Metode DMAIC pada Pengendalian Kualitas *Sole Plate* di PT Kencana Gemilang. Jurnal Penelitian dan Aplikasi Sistem. Vol. XIV No. 2. Jakarta: Universitas Mercu Buana. (2020).
- [6] Gaspersz, V. *Total Quality Management*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama. (2002).
- [7] B. Harahap., L. Parinduri., A. L. Fitria. Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode *Six Sigma*. Jurnal Utama Teknik. Vol 13 No. 3. Sumatera Utara: Universitas Islam Sumatera Utara. (2018).

## Usulan Perbaikan Untuk Mengurangi Breakdown Pada Mesin Filling RVP 250 di PT. Frisian Flag Indonesia

Ir. Rini Prasetyani. MT<sup>1\*</sup>, Bahtiar Hamiseno<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

\* Corresponding author: [rini.prasetyani@univpancasila.ac.id](mailto:rini.prasetyani@univpancasila.ac.id)

**Abstrak.** Efektifitas mesin yang dimaksud adalah kemampuan mesin dalam memproduksi untuk menghasilkan produk yang berkualitas baik dengan waktu efektif yang tersedia. Salah satu metode pengukuran kinerja dan efektifitas mesin yang digunakan adalah OEE. Metode pengukuran ini terdiri dari tiga faktor utama yang saling berhubungan yaitu kemampuan, ketersediaan, dan kualitas. Sebagai obyek penelitian ini adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang pengolahan susu, sedangkan fokus penelitian pada proses pengemasan susu bubuk, pada proses ini mempunyai permasalahan sulitnya mencapai target OEE yang ditetapkan. Penelitian ini bertujuan mengetahui mesin manakah yang memiliki kerusakan terbanyak yang menjadi penyebab tidak tercapainya target nilai OEE, kemudian menyusun usulan perbaikan berupa penjadwalan preventive maintenance untuk meningkatkan nilai OEE. Data penelitian yang telah dikumpulkan kemudian di analisa dengan menggunakan Failure Mode and Effect Analysis. Dari hasil penelitian diketahui mesin filling RVP 250 adalah mesin dengan downtime paling banyak dan terdapat 2 komponen yang menyumbang tertinggi pada mesin ini, yaitu Horizontal sealler dan Vertical sealler sehingga diusulkan penjadwalan preventive maintenance untuk masing masing Horizontal sealler (2 hari) dan Vertical sealler (3 hari). Dari hasil penjadwalan interval waktu preventive maintenance yang sangat, maka di disimpulkan bahwa harus segera dilakukan tindakan khusus untuk kedua komponen tersebut.

**Kata kunci**— Preventive Maintenance, Failure Mode and Effect Analysis, Mean Time to Repair.

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri makanan dan minuman saat ini semakin berkembang pesat, sehingga perusahaan dituntut untuk selalu menghasilkan produk dengan kualitas terbaik dan sesuai standar yang telah ditentukan. Kualitas merupakan hal yang sangat penting bagi masyarakat yang notabene sebagai pelanggan. Produk yang berkualitas dan harga yang terjangkau dipasaran dapat menarik konsumen untuk terus membeli produk yang dihasilkan oleh perusahaan tersebut. PT Frisian Flag Indonesia adalah salah satu perusahaan susu terbesar di Indonesia yang memproduksi susu bernutrisi dengan merk FRISIAN FLAG, FRISO, SUSU BENDERA, dan OMELA untuk anak-anak dan keluarga selama hampir 100 tahun sejak tahun 1922. Selain susu kental manis dan susu cair, PT Frisian Flag Indonesia (FFI) juga memproduksi susu bubuk kemasan yang di produksi di departemen *Powder Blending & Packing* yang di produksi di Plant . Departemen *Powder Blending & Packing* mempunyai 7 lini produksi yaitu BL 2/ Langen 3, Langen 2 / Langen 4, Dients 1, Dients 2, *Downstream Wolf 8*, *Downstream Wolf 9* dan *Downstream packing sachet*. Proses produksi pada departemen ini dimulai dari dumping material, proses mixing, filling kemudian packing. Produktivitas setiap lini produksi dipantau melalui *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) digunakan oleh perusahaan sebagai alat ukur untuk menentukan keefektifan mesin produksi. OEE memiliki beberapa faktor yang dapat mempengaruhi besar kecilnya hasil OEE, faktor tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. 1 OEE Departemen *Powder Blending & Packing* Januari - Juni 2021 (hours).

**Tabel 1.** OEE Departemen Powder Blending & Packing Januari - Juni 2021 (hours).

Description	Technical Stoppages	OEE
BL2 / Langen 3	182.8	3.77%
Langen 2 / Langen 4	150.66	7.14%
Dienst 1	293.31	7.01%
Dienst 2	161.34	9.09%
Downstream Wolf 8	32.56	6.26%
Downstream Wolf 9	65.18	82.76%
Downstream Packing Sachet	192.98	78.03%

Dilihat dari Tabel 1. 1 OEE Departemen *Powder Blending & Packing* Januari - Juni 2021 (*hours*). padabaris *Technical Stoppages* adalah tanggung jawab dari departemen *engineering*. *Technical Stoppages* didefinisikan sebagai berhentinya proses produksi karena masalah teknis, yaitu kerusakan mesin produksi, alatbantu produksi, dan peralatan lain yang menunjang proses produksi. Lama nya waktu yang tertera pada tabel diakibatkan oleh beberapa faktor, yaitu lamanya waktu perbaikan, waktu menunggu *sparepart*, ketersediaan teknisi dan peralatan, waktu tunggu proses, dan lain sebagainya. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa dari semua lini produksi di departemen *Powder Blending & Packing* dimana lini produksi Dients 1 yang mempunyai *Technical Stoppages* terbesar yaitu 293.31 jam sehingga mengakibatkan nilai OEE turun menjadi 67.01% sebagai yang terendah. Sedangkan Departemen *Powder Blending & Packing* mempunyai target 74,44% pada setiap lini produksi. Sehingga dapat diartikan lini produksi Dients 1 sering mengalami waktu berhenti karena kerusakan. Pada lini Dients 1 ada beberapa mesin yang mempunyai fungsi masing masing dimana ada *Dry Blending* yang digunakan untuk memproses bahan baku sebelum masuk ke mesin filling. Mesin WOLF RVP 250 untuk proses filling dengan output berbentuk pouch. mesin *check weigher* untuk memeriksa berat produk. mesin X-Ray untuk mengidentifikasi adanya kontaminasi fisik. setelah itu ada mesin Dients 1 sebagai mesin packing pouch keduplex. kemudian dari output Dients 1 akan dikemas lagi ke karton menggunakan mesin CERMEX. Setiap masing masing mesin mempunyai laporan monitoring seperti Tabel 1. 2 *Downtime Lini Dients 1 (Jan-Juni 2021)*.

Dapat dilihat dari tabel atas bahwa lini produksi dients 1 memiliki *downtime* terbanyak pada mesin filling RVP 250 sebanyak 95,2 jam. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian untuk mengurangi *breakdown* yang harapannya dapat menekan *downtime* seminimal mungkin. Sehingga melalui penelitian ini penulis mencobamembuat usulan perbaikan berdasarkan komponen kritis mesin yang sering mengalami kerusakan. Sekaligus membuat rencana perbaikan yang terjadwal terhadap komponen kritis mesin sehingga dapat meningkatkan kehandalan mesin supaya dapat memproduksi sesuai target yang diberikan perusahaan.

**Tabel 2.** Downtime Lini Dients 1 (Jan-Juni 2021).

Description	Downtime(hours)
A. Major Tipping	-
B. Minor Tipping	-
C. Base Conveying system	-
D1. Paddle Mixer	-
D2. Lindor 1	-
D3. Lindor 2	-
D4. Ruberg	-
E. Vibrating Conveying system	0.97
F. Filling machine	95.2
G. Coding	4.38
J. X-RAY	4.7
K. Check Weigher	3.4
L. Infeeder	16.01
M. Transport Duplex	51.72
N. Glue Machine	15.43
O. Pusher	36.52
P. Encoder code laser	6.69
Q. Case Packer (CERMEX)	65.18
R. Flexlink	8.04

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian digunakan sebagai kerangka dalam melakukan penelitian, langkah-langkah pengambilandata yang dilakukan pada metode penelitian adalah sebagai berikut :

- A. Observasi: Dilakukan dengan cara melakukan pengamatan pada departemen Powder Blanding and packing. Data datayang diambil sebagai berikut:
  - 1) Data *Schedule Control* Januari - Juni 2021 dari *Online Reporting System (ORS)*.

- 2) Data *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan Technical Stoppages mesin.
  - 3) Data *Downtime* mesin.
  - 4) Data kerusakan mesin.
  - 5) *Manual book* mesin
  - 6) Wawancara
- B. Wawancara dilakukan untuk mengumpulkan informasi dengan melakukan *Brainstroming* pihak yang berkompeten. Wawancara dilakukan dengan pemilik Operator mesin, teknisi dan supervisor produksi, adapun yang menjadi topik pertanyaan seputar tema yang diteliti
- C. Dokumentasi: Dokumentasi dilakukan sebagai bahan pelengkap dalam melakukan penelitian. Dokumentasi bisa berupa hasil observasi dan wawancara yang diubah menjadi data, foto, dokumen, dan sebagainya yang berkaitan dengan topik yang sedang diteliti.

Setelah data yang diperlukan sudah memenuhi, maka tahap selanjutnya adalah pengolahan data, metode pengolahan data yang dilakukan sebagai berikut:

**D. Mengidentifikasi kegagalan yang terjadi.**

Untuk mengidentifikasi masalah agar tepat dalam mengambil keputusan. Pertama yang dilakukan adalah pengambilan data sebagai penunjang penelitian. Setelah data *Schedule Control* Januari - Juni 2021 di dapatkan, selanjutnya mencari lini produksi dengan kemampuan mesin memproduksi produk yang paling rendah dengan mengacu berdasarkan nilai *Technical Stoppages* yang paling tinggi. Metode yang di gunakan adalah diagram pareto dan mencari nilai OEE yang paling rendah menggunakan histogram.

Setelah mendapat lini produksi yang mempunyai kemampuan produksi paling rendah maka selanjutnya adalah mencari mesin pada lini produksi tersebut dengan downtime paling tinggi. Metode yang digunakan adalah diagram pareto dengan nilai downtime sebagai perhitungannya. Selanjutnya mesin yang mempunyai downtime paling besar di *breakdown* untuk mencari *spare part* mesin yang mempunyai frekuensi kerusakan paling sering terjadi.

**E. Mencari kegagalan yang mungkin terjadi dengan metode Fault Tree Analysis (FTA)**

Penggunaan FTA berfungsi untuk mencari akar penyebab kerusakan [4]. Sedangkan langkah-langkah utama untuk menyusun Fault Tree Analysis adalah:

- a. Menentukan kejadian paling atas/utama dalam sistem.
- b. Buat pohon kesalahan.
- c. Mengidentifikasi cara untuk memperbaiki kejadian yang mengarah pada kegagalan dengan menganalisis pohon kesalahan. Tahap-tahap analisis pohon kesalahan dapat dibedakan menjadi 3, yaitu :
  - 1) Menyederhanakan pohon kesalahan. Dengan cara menghilangkan cabang-cabang yang memiliki kemiripan karakteristik. Tujuan penyederhanaan ini adalah untuk mempermudah dalam melakukan analisis system yang lebih lanjut.
  - 2) Menentukan peluang munculnya kejadian atau peristiwa terpenting dalam sistem (top level event). Padalangkah ini, peluang semua input dan logika hubungan (and/or) digunakan sebagai pertimbangan menentukan peluang.
  - 3) Mereview hasil analisis untuk mengetahui kemungkinan perbaikan pada sistem.

**F. Mencari komponen kritis dengan metode Failure mode and effect analysis (FMEA)**

Setelah di ketahui akar penyebab kerusakan maka langkah selanjutnya adalah mencari skala prioritas dengan metode *Failure mode and effect analysis* (FMEA), sehingga dapat mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kerusakan (*failure mode*) [5].

Langkah pertama dalam menggunakan *Failure mode and effect analysis* (FMEA) adalah penentuan rating *Severity*, *Occurance* dan *Detection*. *Severity* digunakan untuk menentukan resiko dimana mempunyai level resiko 1 sampai 5. Level 1 merupakan rating yang paling mudah diatasi sedangkan level 5 merupakan dampak yang paling buruk. Setelah itu menentukan nilai *Occurance* yang merupakan kemungkinan bahwa penyebab kegagalan akan terjadi dan mengakibatkan kegagalan selama masa produksi. Untuk *Occurrence* di peroleh dari perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF). Setelah nilai *Occurance* di peroleh selanjutnya adalah *detection*. Nilai *detection* digunakan untuk mengetahui seberapa baik pengendalian dapat penyebab kegagalan ataupun kegagalan setelah peristiwa kegagalan sebelumnya. Nilai



*detection* mempunyai rating 1 sampai 5. Untuk nilai 1 berarti bahwa pengendalian secara khusus mendeteksi masalah kegagalan yang terjdadan nilai5 berarti bahwa pengendalian tidak mendeteksi masalah yang terjadi. Tahap selanjutnya adalah mencari dan mengurutkan nilai *Risk Priority Number (RPN)*. Nilai RPN didapatdari perkalian dari *Severity*, *Occurance* dan *Detection* yang kemudian diurutkan dari nilai yang tertinggi sampai yang terendah.

$$RPN = Severity \cdot Occurrence \cdot Detection \quad (1)$$

### G. Mementukan Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repair (MTTR) untuk nilai Occurance

Mean Time to Failure (MTTF) dapat disebut waktu rata-rata selang waktu berhentinya alat akibat terjadinya kerusakan [8]. Mean Time to Failure (MTTF) berfungsi untuk mengetahui seringnya suatu komponen mengalami kerusakan dan harus diganti dengan komponen yang masih baik.

$$E[T] = \int_0^{\infty} t \cdot f \cdot (t) dt \quad (2)$$

$$E[T] = - \int_0^{\infty} t \frac{dR}{dt} \quad (3)$$

$$E[T] = -tR(t) \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (4)$$

Mean Time to Repair (MTTR) adalah rata-rata waktu dimana suatu komponen mengalami perbaikan. Mean Time to Repair (MTTR) dapat dihitung dengan rumus:

$$E[T] = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (5)$$

### H. Menentukan interval Preventive Maintenance (PM) komponen dengan menggunakan distribusi kehandalan.

Dalam analisa keandalan ada beberapa pola distribusi laju kerusakan yang dapat digunakan untuk menguraikan kerusakan peralatan. Distribusi statistik yang digunakan tergantung pada karakter kerusakan yang terjadi. Adapun pola distribusi tersebut adalah sebagai berikut:

Fungsi Distribusi Lognormal

Distribusi Lognormal adalah distribusi yang berguna untuk menggambarkan kerusakan dalam berbagai situasi yang bervariasi. Distribusi Lognormal mempunyai dua parameter yaitu parameter bentuk  $\sigma$  dan parameter lokasi  $\mu$ . Fungsi-fungsi Distribusi *Lognormal* adalah:

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} e \left( -\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2} \right); -\infty < t < \infty \quad (6)$$

2. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} e \left( -\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2} \right) \quad (7)$$

3. *Reability Function*

$$R(t) = 1 - \int_{-\infty}^t \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} e \left( -\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2} \right) \quad (8)$$

4. Fungsi Laju Kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (9)$$

Setelah mengetahui pola distribusi *downtime* yang terjadi, maka dapat dihitung banyaknya kerusakan yang terjadi dalam suatu interval waktu dengan menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$H(tp) = \sum_{i=0}^{tp-1} (1 + H(tp - 1 - i))^{i+1} \int_i^{i+1} f(t) dt \quad (10)$$

## 3. Hasil dan Pembahasan

### a. Mengidentifikasi masalah

Dari hasil bab pendahuluan bahwa lini produksi dients 1 memiliki *downtime* terbanyak pada mesin filling RVP 250 sebanyak 95,2 jam. Selanjutnya mesin mesin filling RVP 250 di *breakdown* untuk mencari *sparepart* mesin yang mempunyai frekuensi kerusakan paling serign terjadi. Dari tabel dapat di lihat bahwa mesin RVP 250 mempunyai *Downtime* paling banyak yaitu 55,33 jam. Dari tabel 3 dan 4 dapat dilihat bahwa *sealling area* mempunyai dua komponen yang memiliki *downtime* terbanyak yaitu *Heater Horizontal Seal* dengan total *downtime* 27,33 jam dan *Heater Vertical Seal* dengan total *downtime* 9,74 jam.

**b. Mencari kegagalan yang mungkin terjadi dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA)**

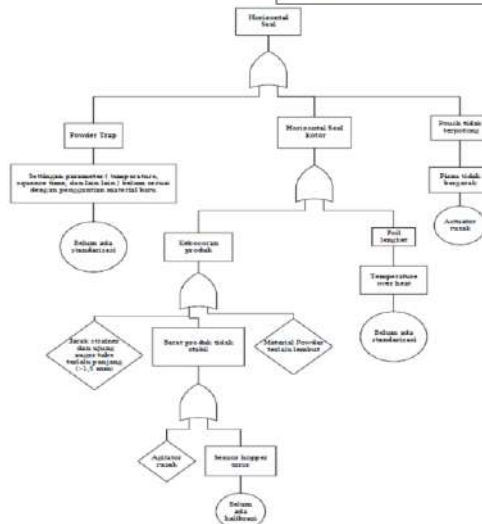
Untuk memperjelas bagian mesin akan dianalisa untuk mengetahui akar permasalahan dari setiap permasalahan yang ada untuk memperoleh penyelesaian, yang bertujuan agar permasalahan tersebut tidak terulang kembali. Maka setiap permasalahan akan dianalisa menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA). Masalah-masalah tersebut di gambarkan pada *Fault Tree Analysis* (FTA) seperti dibawah ini.

**Tabel 3. Downtime RVP 250**

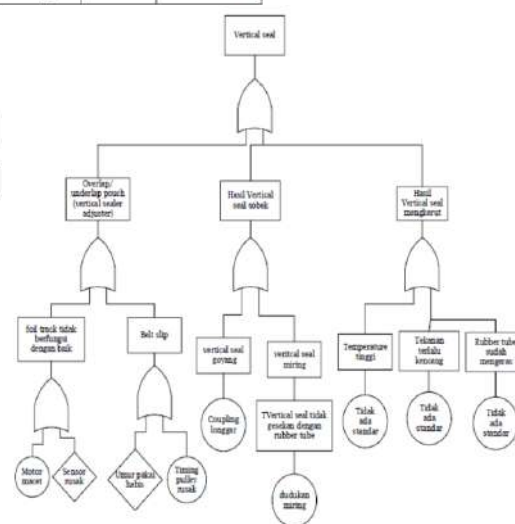
Description	Unit	Total
Foil Area	hours	6,03
Coding	hours	4,38
Filling Area	hours	33,83
Sealing Area	hours	55,33

**Tabel 4. Downtime sealling area**

Description	Unit	Total
Heater Horizontal Seal	hours	27,33
Heater Vertical Seal	hours	9,74
Cross Jaw	hours	6,6
Sealer Bar Vertical	hours	6,05
Manual adjuster vertical seal	hours	3,31
Sealer Bar Horizontal	hours	1,8
Knife	hours	0,08
Cover Cooling End Seal	hours	0
Squeezer	hours	0
Static Eliminator Bar / Ring	hours	0



**Gambar 1. FTA Horizontal seal**



**Gambar 2. FTA Vertical seal**

Pada gambar 1 *Fault Tree Analysis horizontal seal* mempunyai beberapa faktor kerusakan antara lain Pouch tidak terpotong, Horizontal seal kotor dan Powder trap. Setiap faktor kerusakan tersebut dicari lagi faktor penyebab kegagalan sehingga untuk Pouch tidak terpotong disebabkan oleh kerusakan *cylinder actuator* pisau rusak, untuk horizontal kotor karena seringnya kebocoran pada area horizontal, untuk powder trap diakibatkan oleh pengaturan langkah kerja pada parameter yang kurang sesuai.

Pada gambar 2 *Fault Tree Analysis Vertical seal* mempunyai beberapa faktor kerusakan antara lain *Overlap/underlap pouch (vertical sealer adjuster)*, Hasil Vertical seal terbelah dan Hasil Vertical seal mengkerut. Setiap faktor kerusakan tersebut dicari lagi faktor penyebab kegagalan sehingga untuk kerusakan antara lain *Overlap/underlap pouch (vertical sealer adjuster)* diakibatkan oleh keausan timing pulley dan timing belt, untuk hasil vertical seal terbelah dikarenakan vertical seal tidak mengenai *rubber seal* melainkan *forming tube*. Untuk vertical seal mengkerut dikarenakan tidak ada standar untuk penggantian rubber seal yang sudah mengeras dan tidak ada standar prosedur pengaturan parameter untuk tingkat temperature dan juga jarak tekanan vertical seal.

c. Mementukan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) untuk nilai *Occurance*

- 1) Horizontal seal mempunyai total kerusakan (n) = 52. Dengan jumlah total *Time to Failure* = 161 hari dan jumlah total *Time to Repair* = 27,2 jam. Dengan MTTF = 3,1569 hari MTTR = 0,5231 jam.
- 2) Vertical seal mempunyai total kerusakan (n) = 41. Dengan jumlah total *Time to Failure* = 155 hari dan jumlah total *Time to Repair* = 9,31 jam. Dengan MTTF = 3,875 hari MTTR = 0,2271 jam.

d. Mencari komponen kritis dengan metode *Failure mode and effect analysis* (FMEA)

Tujuan FMEA digunakan pada penelitian ini yaitu menentukan skala prioritas dari permasalahan yang muncul. Perhitungan dilakukan dengan cara menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) yaitu hasil kali dari *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Langkah pertama yang harus dilakukan sebelum melakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) adalah menentukan rating dari *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*.

**Tabel 5. Severity Rating**

Skala	Tingkat Severity	Kriteria Level	Parameter
1	Warning	Downtime yang menyebabkan mesin berhenti <30 menit baik dengan atau tanpa penggantian part	< 30 menit dengan atau tanpa penggantian part
2	Minor	Downtime yang menyebabkan mesin berhenti 30 menit – 60 menit tanpa perlu adanya penggantian part	30 menit – 60 menit tanpa penggantian part
3	Moderate	Downtime yang menyebabkan mesin berhenti 30 menit – 60 menit dan perlu adanya penggantian part	30 menit – 60 menit dengan penggantian part
4	Critical	Downtime yang menyebabkan mesin berhenti > 60 menit sehingga mesin harus di cleaning tetapi tanpa penggantian part	> 60 menit tanpa penggantian part
5	Emergency	Downtime yang menyebabkan mesin berhenti > 60 menit sehingga mesin harus di cleaning serta diperlukan penggantian part	> 60 menit dengan penggantian part

**Tabel 6. Occurrence Rating**

Skala	Tingkat Occurrence	Kriteria Level	Parameter
1	Warning	Downtime jarang terjadi dalam tiap bulan	< 4x per bulan
2	Minor	Downtime terjadi beberapa kali tiap minggu	< 2x per minggu
3	Moderate	Downtime jarang terjadi tiap shift	1x per hari
4	Critical	Downtime terjadi beberapa kali setiap shift	2x per hari
5	Very High	Downtime terjadi berkali-kali setiap harinya (terus- menerus)	> 2x per hari

**Tabel 7. Detection Rating**

Skala	Tingkat Detection	Kriteria Level
1	Sangat tinggi	Metode inspeksi efektif sehingga kemungkinan terjadi downtime pasti terdeteksi dalam waktu singkat
2	Tinggi	Metode pendeteksian cukup efektif sehingga dapat mendeteksi dalam waktu tertentu yang relatif cukup singkat
3	Cukup	Metode pendeteksian memiliki efektivitas yang sedang sehingga masih memerlukan cukup waktu untuk dapat mendeteksi
4	Rendah	Metode pendeteksian belum efektif untuk dapat mendeteksi tepat pada waktunya
5	Sangat rendah	Tidak ada metode pendeteksian penyebab downtime atau tidak ada alert

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa horizontal sealler dengan kerusakan horizontal seal kotor memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 32 point. Sedangkan vertical sealler berada pada level ke dua dengan nilai RPN yaitu 16.

Dari ke tiga rating diatas akan dijadikan acuan untuk menentukan nilai *Severity*, *Occurance* dan *Detection* untuk mencari nilai RPN tertinggi.

**Tabel 8. FMEA**

Part Machine	Potential Failure Mode	Severity	Occurrence	Detection	RPN	Action Recommended
Horizontal Sealler	Horizontal seal kotor	4	2	4	32	Cleaning saat berhenti
Vertical sealler	Overlap/underlap pouch (vertical sealer adjuster)	4	1	4	16	Cleaning saat berhenti penggantian komponen terkontrol
Horizontal Sealler	pouch tidak terpotong	3	2	2	12	penggantian komponen terkontrol
Horizontal Sealler	Powder trap	3	2	2	12	validasi /standarisasi
Vertical sealler	Hasil Vertical seal terbelah	2	1	4	8	Melakukan inspeksi
Vertical sealler	Hasil Vertical seal mengkerut	2	1	4	8	standarisasi penggantian komponen terkontrol standarisasi

**e. Menentukan interval Preventive Maintenance (PM) komponen dengan menggunakan distribusi kehandalan.**

Setelah mendapat usulan perbaikan dari analisa *Fault Mode and Effect Analysis* (FMEA), Selanjutnya melakukan uji pola distribusi *downtime* pada permasalahan sesuai dengan prioritas komponen yang bermasalah. Tujuan perhitungan distribusi *downtime* adalah menentukan interval waktu perawatan dan inspeksi pada komponen yang kritis. Baik perawatan yang bersifat harian, mingguan maupun bulanan dari aktivitas preventif maintenance. Pengujian yang digunakan antara lain adalah distribusi Weibull, distribusi Eksponensial, distribusi Normal, dan distribusi Lognormal

**f. Pengujian Anderson Darling**

Sebelum melakukan pengujian pola distribusi, terlebih dahulu mencari pola distribusi dengan nilai Anderson Darling terkecil dari keempat distribusi. Dikarenakan semakin kecil nilai Anderson Darling maka sebaran data yang diolah sesuai dengan beberapa distribusi tertentu. Pengujian Anderson Darling dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Easyfit 5.5 Profesional* untuk mempermudah perhitungan. Berikut nilai Anderson Darling menggunakan perangkat lunak *Easyfit 5.5 Profesional*:

**Tabel 8. Anderson Darling**

Part machine	Anderson Darling			
	Normal	Lognormal	Exponential	Weibull
Horizontal sealler	6,2208	3,2331	3,5118	3,9757
Vertical sealler	5,2556	1,3346	1,9139	1,902

Dari Tabel Nilai Anderson Darling diatas dapat disimpulkan bahwa nilai Anderson Darling terkecil untuk kedua komponen mesin yaitu Horizontal sealler adalah distribusi lognormal dengan nilai sebesar 3,2331 dan Vertical sealler adalah distribusi lognormal dengan nilai sebesar 1,3346. Sehingga untuk kedua komponen tersebut dalam mencari interval waktu perbaikan keduanya menggunakan distribusi lognormal.

**g. Penentuan interval waktu dengan uji Lognormal**

Pencarian parameter distribusi lognormal menggunakan perangkat lunak *Easyfit 5.5 Profesional* dengan nilai sebagai berikut.

**Tabel 9. Parameter distribusi lognormal**

Part Machine	$\sigma$	$\mu$
Horizontal sealler	0,82131	0,74359
Vertical sealler	0,84146	0,92562

**h. Horizontal seal**

Sehingga didapat interval waktu kerusakan untuk horizontal seal adalah hari ke-2. Perhitungan menggunakan microsoft excel dari distribusi Lognormal sebagai berikut.

**Tabel 10.** Distribusi lognormal *Horizontal seal*

Hari ke-	$f(t)$	$F(t)$	$R(t)$	$\lambda(t)$	H(tp)
1	0,3218	0,1850	0,8150	0,3949	0,1850
2	0,2400	0,4758	0,5242	0,4579	0,5638
3	0,1463	0,6657	0,3343	0,4376	1,0410
4	0,0891	0,7808	0,2192	0,4062	1,5935
5	0,0558	0,8517	0,1483	0,3762	2,2090
6	0,0361	0,8968	0,1032	0,3496	2,8779
7	0,0240	0,9264	0,0736	0,3265	3,5924
8	0,0164	0,9464	0,0536	0,3064	4,3461
9	0,0115	0,9602	0,0398	0,2888	5,1330
10	0,0082	0,9699	0,0301	0,2733	5,9485

**i. Vertical seal**

Sehingga didapat interval waktu kerusakan untuk *Vertical seal* adalah hari ke-2. Perhitungan menggunakan microsoft excel dari distribusi Lognormal sebagai berikut.

**Tabel 11.** Distribusi lognormal *Vertical seal*

Hari ke-	$f(t)$	$F(t)$	$R(t)$	$\lambda(t)$	H(tp)
1	0,2585	0,1379	0,8621	0,2999	0,1379
2	0,2253	0,4758	0,5242	0,4298	0,5414
3	0,1530	0,6657	0,3343	0,4576	1,0261
4	0,1013	0,7808	0,2192	0,4622	1,5819
5	0,0680	0,8517	0,1483	0,4589	2,1990
6	0,0467	0,8968	0,1032	0,4528	2,8690
7	0,0328	0,9264	0,0736	0,4456	3,5842
8	0,0235	0,9464	0,0536	0,4382	4,3383
9	0,0172	0,9602	0,0398	0,4310	5,1255
10	0,0128	0,9699	0,0301	0,4241	5,9412

- Fungsi kepadatan probabilitas =  $f(t)$
- Fungsi distribusi kumulatif =  $F(t)$
- Fungsi Kehandalan =  $R(t)$
- Fungsi laju kerusakan =  $\lambda(t)$
- Banyaknya kerusakan selama interval waktu =  $H(tp)$

**4. Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapat merupakan jawaban dari tujuan penelitian berdasarkan hasil dari pengolahan datadan hasil analisa selama penelitian. Berikut ini adalah kesimpulan yang diperoleh selama melakukan penelitian:

1. Dari beberapa mesin pada lini produksi Dients 1 yang mempunyai *downtime* paling banyak dengan menggunakan metode analisa Pareto dengan rentang waktu 6 bulan (Januari – Juni 2021) adalah mesin filling RVP 250 dengan total *downtime* 95,2 jam. Komponen yang paling sering mengalami kerusakan adalah *Horizontal sealler* dengan nilai *Downtime* sebesar 27,33 Jam dan vertical sealler dengan nilai *Downtime* 9,74. Sehingga data komponen *Horizontal Sealler* dan *Vertical Sealler* akan difokuskan untuk diolah sebagai penelitian.
2. Akar masalah dari penyebab sering timbulnya downtime di komponen *Horizontal Sealler* dan *Vertical Sealler* berdasarkan *Fault Tree Analysis* (FTA), yaitu :
  - a. *Horizontal Sealler*

Tidak adanya standarisasi terhadap parameter, khususnya pada varian baru. Tidak adanya kalibrasi terhadap sensor hopper sehingga mengakibatkan berat tidak stabil dan berdampak kebocoran produk padahorizontal seal. Tidak adanya perawatan terhadap Actuator pisau

sehingga mengalami kerusakan karena umur pakai habis.

*b. Vertical sealler*

Motor macet dan *timing pulley* rusak sehingga *foil track* tidak berfungsi yang menyebabkan hasil dari vertical seal mengalami overlap. *Coupling vertical seal* goyang dan dudukan vertical seal miring sehinggamenyebabkan hasil dari vertical seal terbelah. Tidak adanya standar penggantian rubber seal dan juga tidak ada standar pengoperasian mesin (temperature dan tekanan vertical seal) sehingga mengakibatkan hasil dari vertical seal mengkerut.

3. Dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) didapatkan prioritas kerusakan tertinggi berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Komponen *Horizontal sealler* dengan nilai 32 poin sedangkan *Vertical sealler* sebesar 16 poin.

Setelah didapat prioritas perbaikan, kemudian dilakukan pencarian interval waktu perbaikan untuk komponen *Horizontal Sealler* dan *Vertical Sealler*. Distribusi kerusakan yang digunakan adalah distribusilognormal. *Horizontal Sealler* memiliki waktu interval perbaikan setiap 2 hari sekali saat mesin berhenti, dimana perbaikan hanya berupa cleaning dan inspeksi kelayakan komponen. Untuk *Vertical Sealler* didapatkan waktu interval perbaikan setiap 2 kali sehari dengan perbaikan yang dilakukan disaat mesin berhenti berupa *cleaning* dan inspeksi kelayakan komponen.

## 5. REFERENSI

- [1] Robin, E., Raymond, J. M. & Michael, R. B. 2009. The Basic of FMEA. 2nd Edition. CRC Press: New York
- [2] Bangun, Irawan Harnadi, dan Rahman, Arif dan Darmawan, Zefry, 2014, "Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode RCM II Pada Mesin Blowing Om", Jurnal Teknik Industri, Hal.997-1008, Universitas Brawijaya, Malang.
- [3] Blanchard, B. S. 2004, System engineering management. John wiley and sons, New Jersey.
- [4] Kurniawan, Fajar. (2013). Manajemen Perawatan Industri : Teknik dan Aplikasi Implementasi Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance dan Reability Centered Maintenance (RCM). Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [5] Manzini, R. (2010) Maintenance for Industrial System. london: Springer.
- [6] Hanif Yulinda Richma, Rukmi Setyo Hendang, Susanty Susy. 2015. "Perbaikan Kualitas Produk KeratonLuxury di PT. X Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA)" Jurnal Online Institut Teknologi Nasional Jurusan Teknik Industri Itenas | No.03 |Vol.03
- [7] Nasution, M. N. (2005). Manajemen Mutu Terpadu: Total Quality Management, Edisi Kedua, Ghalia Indonesia, Bogor.
- [8] B.S Dhillon. (2006) Maintainability, Maintenance, and Reability for Engineers, London, NewYork
- [9] Taufiqurrahman (2015) "USULAN PERBAIKAN METODE FAULT TREE ANALYSIS UNTUK PENURUNAN KECELAKAAN KERJA PADA PT.INAOC POLYTECHNO INDONESIA", Jurnal Inovist TM Volume 11 Nomer 1, Universitas Esa Unggul, Jakarta Surabaya: Guna Widya, 2000.

# Pengaruh Kerusakan Thrust Bearing Turbin Air Terhadap Suhu Unit 4 pada PLTA Maninjau

Rahmat Evan Rinaldo<sup>1</sup>, La Ode M Firman<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

\* Corresponding author: [revanrinaldo31@gmail.com](mailto:revanrinaldo31@gmail.com)

**Abstrak.** Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga air adalah mengubah energi air menjadi energi mekanik kemudian mengubahnya menjadi energi listrik. Pada PLTA Maninjau terjadi peningkatan temperatur pada bantalan turbin unit 4 yaitu bantalan dorong yang menyebabkan penurunan kinerja turbin. Skripsi ini bertujuan untuk menemukan akar permasalahan yang menyebabkan naiknya temperatur bantalan dan mencari solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Metode yang digunakan untuk menentukan penyebab kerusakan adalah proses investigasi. Dari hasil analisis disimpulkan bahwa kenaikan temperatur thrust bearing tidak disebabkan oleh laju aliran cairan pendingin. Dari hasil perpindahan panas diperoleh 39.1125 kW. Sebelum dilakukan overhaul temperatur thrust bearing mengalami peningkatan sebesar 79,37 C. Setelah overhaul temperatur thrust bearing kembali normal yaitu sebesar 65,33 C. Kenaikan temperatur juga dipengaruhi oleh gaya gesek yang terjadi antara thrust runner dan bantalan bantalan dorong, yang dapat menyebabkan bantalan bantalan dorong terkikis.

**Kata kunci**— *Thrust bearing, Flow rate, Overhaul, temperature rise, Friction force*

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik pada zaman *modern* ini semakin lama semakin berkembang, tak memungkir di Indonesia. Kebutuhan tersebut yang membuat kinerja pembangkit listrik di Indonesia dituntut untuk selalu dalam kondisi yang optimal agar mampu memenuhi kebutuhan masyarakat. Pada sektor pembangkit listrik ini Indonesia masih memprioritaskan pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) karena biayanya dianggap murah dan tidak merusak atau menimbulkan polusi dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat Indonesia.

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit listrik yang dominan digunakan di Indonesia karena beberapa kelebihan yaitu dapat dioperasikan dengan tanpa menggunakan bahan bakar, dapat di bangun dengan kapasitas yang bervariasi, dapat dioperasikan dengan berbagai operasi pembebanan, dan kontinyuitas operasi dan umur pemakaian relatif lama.

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan salah satu pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dan potensial dari air untuk kemudian diubah menjadi energi listrik. Energi itu bisa disebut sebagai hidroelektrik. Prinsip kerja PLTA ialah mengubah energi air (energi hidrolik) ke energi mekanik kemudian rubah menjadi energi listrik. Energi air ubah menjadi energi mekanik oleh turbin, kemudian disalurkan ke generator untuk rubah menjadi energi listrik. Energi listrik yang telah dihasilkan selanjutnya dialirkan melalui sistem jaringan yang ada, sehingga pada akhirnya energi listrik tersebut sampai kepada konsumen.[1]

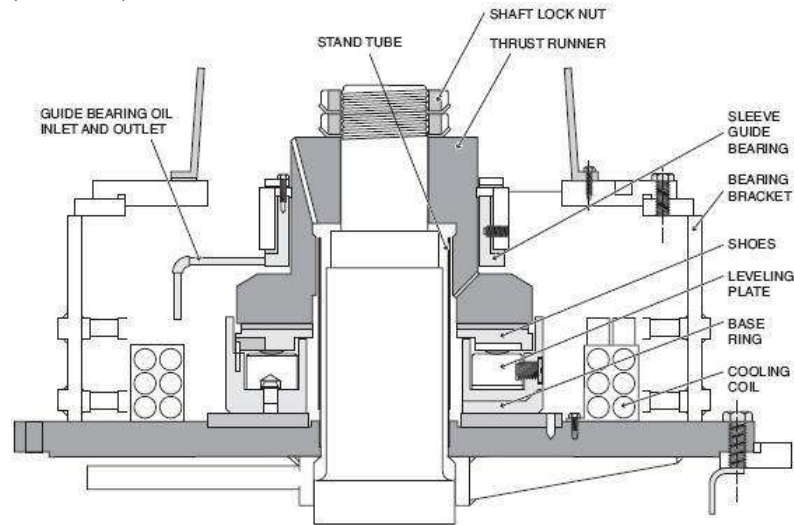
Pada PLTA Maninjau terjadi peningkatan suhu pada bagian *bearing* turbin unit 4, yaitu salah satunya *Thrust Bearing* yang mana menyebabkan penuruan performa dari turbin tersebut, dan terjadi kenaikan suhu. Maka dari itu di lakukan *overhaul* turbin unit 4 PLTA Maninjau.

*Bearing* merupakan suatu komponen mesin yang berguna sebagai membatasi gerak relatif antara dua maupun lebih komponen mesin supaya tetap bergerak pada arah yang diharapkan. *Bearing* membatasi poros agar tetap berputar terhadap sumbu porosnya, maupun juga membatasi suatu komponen yang bergerak linier supaya tetap berada pada jalurnya. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros suatu mesin bekerjadengan optimal. [2]

*Thrust bearing* merupakan bearing yang di buat sebagai menahan beban horizontal yang paralel dengan sumbu poros horizontal. *Thrust Bearing* memiliki tipe yaitu, *Kingsbury Thrust Bearing*, *Tapered Land Bearing* dan *Thrust Washer/Plate*., *Kingsbury thrust bearing* merupakan *Thrust Bearing* yang dilengkapi dengan tilting pad (bantalan mining). Bearing ini mempunyai komponen bergerak (disebut *Thrust Runner*—berbentuk *collar* pada *shaft*) dan komponen diam (terdiri atas segmen-segmen miring yang memiliki sumbu/*pivoted*).[3]

Saat bearing beroperasi, segmen-segmen tersebut akan miring menyebabkan terjadinya aliran pelumas. Pelumasan bekerja pada segmen-segmen *bearing* dan *collar*. Segmen-segmen tersebut

menyebabkan pemikulan gaya yang lebih berat disebabkan adanya penyaluran oli yang lebih optimal pada bidang kontak. Selain itu segmen-segmen itu bertumpu di pelat-pelat perata yang akan meratakan gaya pada masing-masing segmen bearing sehingga menjamin tidak adanya satu segmen yang berlebihan beban (*overload*).



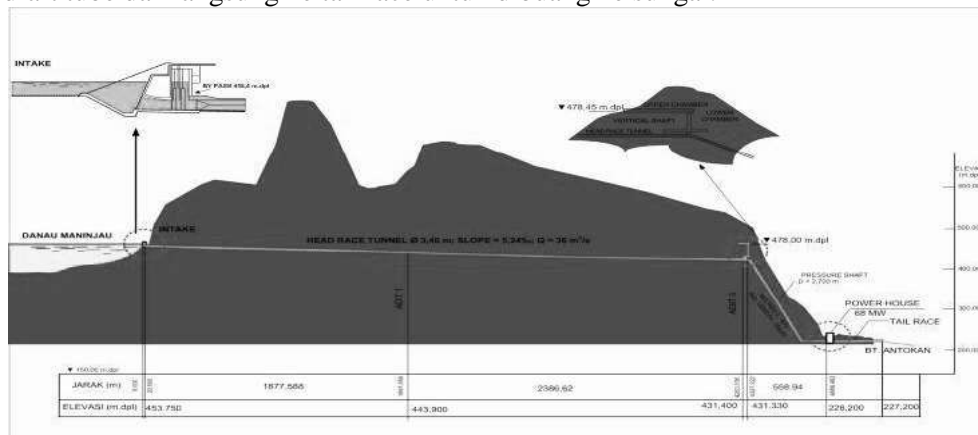
Gambar 1 Thrust bearing kingsbury

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk mengumpulkandata-data di peroleh dengan cara yaitu pengamatan tidak langsung berbentuk informasi dan keterangan yang perolehdari buku dan internet,serta mendapat penjelasan mengenai PLTA, setelah itu pengamatan langsung (*Observation Methode*) di kawasan turbin PLTA, khususnya pada bagian turbin air dan generator PLTA, diskusi (wawancara) secara langsung atau tanya jawab dengan pegawai pemeliharaan bagian turbin peri hal siklus pada PLTA maninjau,penyebab kenaikan suhu *thrust bearing*, data suhu *thrust bearing*, dan beberapa pertanyaan lainnya, dan melakukan studi literatur yang memiliki hubungannya dengan materi yang diteliti antara lain buku – buku perpustakaan, jurnal penelitian.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagaimana tujuan dari PLTA Maninjau adalah untuk menyediakan tenaga listrik dengan sumber daya berasal dari air danau Maninjau tentunya hal ini melalui beberapa proses sebelum akhirnya menghasilkan tenaga listrik. Beberapa proses tersebut diawali dengan air dari danau maninjau dengan ketinggian 453,7 mdpl masuk melalui *intake* pada hulu saluran pipa *head race tunel*, *head race tunel* memiliki panjang pipa 4.264,1 meter dan diameter pipa 3,4 meter, pada hilir pipa *head race tunel* air dijatuhkan 60° ke bawah melalui pipa pesat (penstok) yang berdiameter 2,7 meter, setelah itu air masuk melalui *main inlet valve* yaitu katup masuk air ke turbin, selanjutnya air masuk melalui *spiral case* dan akan diarahkan oleh *guide vane* ke sudu-sudu turbin, air yang telah melewati sudu turbin maka akan jatuh ke draft tube dan langsung ke tail race untuk dibuang ke sungai.



Gambar 2. Jarak dan ketinggian PLTA Maninjau



Air yang membentur turbin menghasilkan energi mekanik yang mana menggerakkan turbin, dari gerakan putar turbin disambungkan ke generator melalui poros turbin, untuk menahan putaran turbin agar tetap dijaluinya maka di berikan beberapa *bearing* atau bantalan yaitu Turbin *bearing*, *Lower bearing*, *Thrust bearing*, dan *Upper bearing*.

Fungsi *bearing* untuk menjaga gerak relatif antara dua maupun lebih elemen mesin supaya tetap berputar ke arah yang diinginkan. *Bearing* membatasi poros agar tetap bergerak terhadap sumbu porosnya, maupun juga membatasi suatu elemen yang bergerak linier agar tetap berada di jalurnya. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros suatu mesin bekerja dengan maksimal.[4].

Untuk menghindari terjadinya gesekan pada *thrust bearing* perlu dilakukan penelitian mengenai penyebab terjadinya kerusakan *thrust bearing* sehingga diperlukan data untuk menganalisa kerusakan *thrust bearing* ini.

**Hasil data rata-rata harian selama 1 (satu) minggu sebelum overhaul (25 - 31 Desember 2020).**

Tabel 1 Data rata-rata harian 1 minggu sebelum overhaul

	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Rerata
Rata-rata suhu°C	79	79.25	79.25	81.5	80.6	78	78	79.37
Batas alarm°C	65	65	65	65	65	65	65	65
Batas trip°C	70	70	70	70	70	70	70	70

Pada data di atas terlihat peningkatan suhu dari *thrust bearing* yang sudah melewati batas sesuai perosedur, sehingga dilakukan langkah *overhaul* (perbaikan), kenaikan suhu tersebut di sebabkan gesekan antara *thrust runner* dengan pad *thrust bearing* sehingga pad *thrust bearing* terkikis.



**Gambar 3.** Pad thrust bearing (terkikis)

**Hasil data rata-rata harian selama 1 (satu) minggu sesudah overhaul (18 – 24 Maret 2021).**

Tabel 2 Data rata-rata harian 1 minggu sesudah overhaul

	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Rerata
Rata-rata suhu°C	65	65	65	64.3	66	66	66	65.33
Batas alarm°C	65	65	65	65	65	65	65	65
Batas trip°C	70	70	70	70	70	70	70	70

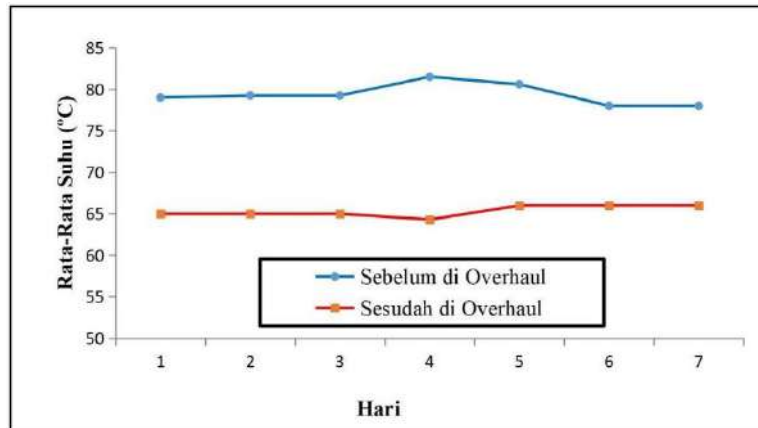
**Perbandingan Suhu Sebelum Dan Sesudah Di Overhaul**

Tabel 3 Data perbandingan suhu thrust bearing sebelum dan sesudah di overhaul

Hari	Sebelum di Overhaul (°C)	Sesudah di Overhaul (°C)
1	79	65
2	79.25	65
3	79.25	65
4	81.5	64.3
5	80.6	66
6	78	66
7	78	66
Rata-Rata	79.37	65.33

Nilai selisih penurunan suhu thrust bearing sebelum di overhaul dan sesudah di overhaul.

$$\begin{aligned} \text{Selisih penurunan suhu} &= \text{Suhu sebelum di overhaul} - \text{Suhu sesudah di overhaul} \\ &= 79.37 - 65.33 \\ &= 14.04 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$



**Gambar 4.** Grafik perbandingan suhu sebelum dan sesudah di overhaul

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa sebelum dilakukan *overhaul* suhu *thrust bearing* mengalami peningkatan melebihi batas trip-nya dengan rata-rata suhunya sebesar 79,37 °C. Maka perlu adanya dilakukan *overhaul* untuk kembali menormalkan suhu *thrust bearing*. Setelah dilakukan *overhaul* suhu *thrust bearing* kembali kedalam keadaan normal atau kembali ke batas alarm-nya dengan rata-rata suhunya sebesar 65,33 °C.

*Overhaul* perlu dilakukan apabila suhu *thrust bearing* atau bagian-bagian lainnya sudah melebihi dari batas wajarnya. Akibat dari kenaikan suhu ini *thrust bearing* mengalami pengikisan akibat dari adanya pengaruh gesekan yang terjadi.

#### Perhitungan Panas Yang Timbul Akibat Gesekan Axial Thrust Bearing

Panas yang timbul akibat gesekan axial thrust bearing dapat dijelaskan dalam rumus berikut:

Gaya tekan Axial (F) = 412.020 N  
 Diameter poros (d) = 800 mm = 0,8 m  
 Clearance (c1) saat ini = Clearance design – simpangan  
 = 0,3 – 0,1 = 0,2 mm = 0,0002 m  
 Clearance (c2) design = 0,3 mm = 0,0003 m  
 Viscosity SAE 10 @650C (Z) = 0,012 kg/ms  
 Putaran poros (n) = 600 rpm  
 Faktor koreksi (k) = 0,002

#### Besar tekanan axial pada bantalan

$$P = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{412020 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} (0,8)^2} = 820.103,5 \text{ N/m}^2$$

#### Kecepatan keliling bantalan

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 0,8 \cdot 600}{60 \cdot 1000} = 0,02512 \text{ m/detik}$$

#### Koefisien gesek clearance 0,2 mm

$$\mu_1 = \frac{33}{10^3} \left[ \frac{Z \cdot n}{p} \right] \left[ \frac{d}{c^1} \right] + k \quad \mu_1 = \frac{33}{10^3} \left[ \frac{0,012 \cdot 600}{820.103,5} \right] \left[ \frac{0,8}{0,0002} \right] + 0,002 = 0,00316$$

#### Energi panas yang dapat dihasilkan 0,2 mm

$$H_{G1} = \mu_1 \cdot F \cdot v = 0,00316 \cdot 412020 \cdot 0,02512 = 32,706 \text{ Watt} = 0,032706 \text{ kW}$$

#### Koefisien gesek clearance 0,3 mm

$$\mu_2 = \frac{33}{10^3} \left[ \frac{Z \cdot n}{p} \right] \left[ \frac{d}{c^2} \right] + k \quad \mu_2 = \frac{33}{10^3} \left[ \frac{0,012 \cdot 600}{820.103,5} \right] \left[ \frac{0,8}{0,0003} \right] + 0,002 = 0,00277$$

#### Energi panas yang dapat dihasilkan 0,3

$$\begin{aligned} H_{G2} &= \mu_2 \cdot F \cdot v \\ &= 0,00277 \cdot 412020 \cdot 0,02512 \\ &= 28,669 \text{ Watt} \\ &= 0,028669 \text{ kW} \end{aligned}$$

#### Koefisien gesek

$$\mu = \mu_1 - \mu_2 = 0,00316 - 0,00277 = 0,00039$$

#### Energi panas yang dihasilkan

$$H_G = H_{G2} - H_{G1} = 0,028669 - 0,032706 = -0,004037 \text{ kW}$$

#### 4. KESIMPULAN

Sebelum dilakukan *overhaul* suhu *thrust bearing* mengalami peningkatan suhu diatas batas trip-nya dengan rata-rata 79,37 °C, dan setelah dilakukan *overhaul* suhu *thrust bearing* kembali dalam keadaan normal suhu alarm-nya dengan suhu rata-rata 65,33 °C. Terjadinya kenaikan suhu juga dipengaruhi oleh adanya gaya gesekan yang terjadi antara *thrust runner* dengan pad *thrust bearing* sehingga dapat menyebabkan pad *thrust bearing* terkikis. Besar tekanan *axial thrust bearing* yang dihasilkan yaitu 0,82 N/mm<sup>2</sup>. Pada nilai *clearance* (c) saat ini (0,0002 m) atau sebelum dilakukannya *overhaul* didapatkan nilai koefisien gesek sebesar 0,00316 dan energi panas yang didapatkanebesar 0,032706 kW, dan Pada nilai *clearance* (c) *design* (0,0003 m) atau setelah dilakukannya *overhaul* didapatkan nilai koefisien gesek sebesar 0,00277 dan energi panas yang didapatkanebesar 0,028669 kW.

#### 5. REFERENSI

- [1] T. J. Pramono and A. Maskus, "J. Pendidik. Fis., vol. 8, no. 11, p. 8, 1967.
- [2] N. Yuniarti and E. Prianto, "Pengantar Pembangkit Tenaga Litrik," *Staff Site Univ. Negeri Yogyakarta*, p. 87, 2010.
- [3] D. L. Fay, "Analisis kenaikan temperatur pada bantalan penyangga radial (turbineguide bearing) di unit 4 plta maninjau," *Angew. Chemie Int. Ed. 6(11)*, 951-952., vol. 3, no. 1, pp. 21-27, 1967.
- [4] N. Yuniarti and E. Prianto, "Pengantar Pembangkit Tenaga Litrik," *Staff Site Univ. Negeri Yogyakarta*, p. 87, 2010.

# Rancang Bangun Mesin Barel Polishing Untuk Joint Brake Arm Dengan Media Sekam Padi

Ir. Agus Riyanto. MM<sup>1</sup>, Iqbal Rahmadhian, ST. MT<sup>1</sup>, Fadhil Ronalinho<sup>1</sup>, Ricky Fauzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

\* Corresponding author: [4317210019@univpancasila.ac.id](mailto:4317210019@univpancasila.ac.id)

**Abstrak.** Mesin Barel *Polishing* adalah alat yang memberikan pemolesan terhadap permukaan geometri benda dengan tujuan agar benda tersebut memiliki permukaan akhir yang rata sehingga benda tersebut dapat dengan mudah untuk dilakukan *coating*, tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang *digital mockup* mesin barel otomatis menggunakan media sekam padi yang dapat meningkatkan dan menghemat waktu produksi, dengan menggunakan metode penelitian G. Pahl & Beitz sebagai bagian dari perancangan mesin barel tersebut, diawali dengan mengidentifikasi kebutuhan dengan pendekatan wawancara terhadap narasumber yang di targetkan akan menggunakan alat ini, sehingga dapat dibuat desain rancangan dari mesin barel sekam padi yang akan di buat.

**Kata kunci**— Merancang; Mesin; Barel; Sekam; Padi

## 1. Pendahuluan

Mesin Barel *Polishing* adalah alat yang dapat membersihkan suatu permukaan geometri pada benda dengan tujuan agar benda tersebut memiliki permukaan akhir yang rata sehingga benda tersebut dapat dengan mudah untuk dilakukan *coating* atau dengan kata lain pelapisan atau cat dapat menempel secara sempurna dan menambah estetika atau nilai jual pada suatu benda tersebut, namun kegiatan ini masih sering dilakukan secara manual sehingga membutuhkan sumber daya manusia dan penggunaan waktu yang cukup panjang, hal tersebut dapat mempengaruhi terhambatnya proses produksi karena sistem yang terbatas. Kegiatan memoles disini adalah untuk membuat permukaan benda masih memiliki tekstur tapi tetap bisa dilakukan *coating* dan tidak akan menurunkan segi fungsionalnya sedikitpun. Untuk itu, dengan adanya permasalahan ini akhirnya dibuat rancangan mesin barel otomatis menggunakan media sekam padi yang dapat meningkatkan dan menghemat waktu para pekerja sehingga hasil produksi dapat di maksimalkan dan hal tersebut dapat menguntungkan pihak produksi. Peneliti menggunakan media sekam padi karena sekam padi mudah ditemukan berhubung Indonesia adalah negara yang hampir sebagian besar warganya berprofesi sebagai petani, sehingga sekam padi yang dihasilkan juga melimpah dan butuh metode baru untuk dimanfaatkan salah satunya dengan merancang mesin barel tersebut. [1-3]

## 2. Metodologi

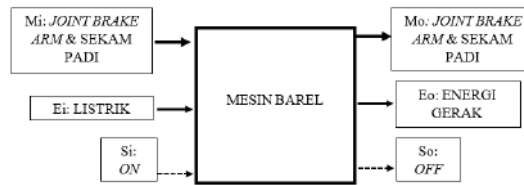
Untuk memudahkan dalam perancangannya maka di berikan 2 kategori syarat yaitu; *Demand* adalah persyaratan yang harus di penuhi dalam rangka memenuhi kebutuhan terhadap alat yang akan di desain, sedangkan *Whises* adalah sebagai persyaratan yang menjadi suatu keinginan

**Tabel 1.** Tabel Pesyaratan Perancangan Mesin

No.	Aspek	<i>Demand</i> (D) / <i>Wishes</i> (W)
1.	Keamanan Alat	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keamanan Pengguna</li> <li>• Keamanan Lingkungan</li> </ul>	D D
2.	Kemudahan Operasi Alat	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemudahan Operasional Alat</li> <li>• Kemudahan Cara Kerja Alat</li> </ul>	W D
3.	Kemudahan Perawatan Alat	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemudahan Perawatan</li> <li>• Banyak Part</li> </ul>	D W
4.	Fleksibilitas Alat	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensi</li> <li>• Mobilitas</li> </ul>	D W

### Diagram Blok Fungsi

Menggunakan diagram blok fungsi bertujuan untuk mengetahui antara bahan yang digunakan, sebagai berikut yang terlampir adalah material, signal, dan energy



**Gambar 1.** Diagram Blok Fungsi

Dari Blok diagram diatas maka bisa di lebih digambarkan lagi lebih detail mengenai bagaimana proses polishing pada alat berlangsung, proses tersebut dapat digambarkan. Berikut adalah proses dari alat yang lebih detail mengenai rangkaian proses beserta ketiga aspek di atas yang menjelaskan bagaimana proses yang terjadi antara komponen mesin satu dengan yang lain

### Morphology Chart

Setelah didapat sub fungsi maka dilakukan pemilihan material untuk alat, pemilihan sangat penting karena dengan ditemukannya material yang cocok akan mempermudah proses dari pembuatan alat tersebut, berikut adalah table pemilihan material:

**Tabel 2.** Tabel Morphology Chart

No	Prinsip Sub Fungsi	Varian		
		I	II	III
1.	Rangka	Beisi Holo	Beisi Silica	Beisi UNP
2.	Pemampang	Stainless Steel	Steel Carbon	Aluminium
3.	Transmisi	Flat Belt	Belt	Turung Belt
4.	Pemutar	Worm Gear	Spar Gear	Helical Gear

Keterangan:

- Varian I :
- Varian II :
- Varian III :

Berdasarkan pemilihan menggunakan tabel *Morphology Chart* di atas, maka didapatkan 3 varian sebagai berikut:

- Varian I : 1-1, 2-2, 3-3, 4-2
- Varian II : 1-2, 2-2, 3-2, 4-2
- Varian III : 1-3, 2-1, 3-2, 4-1

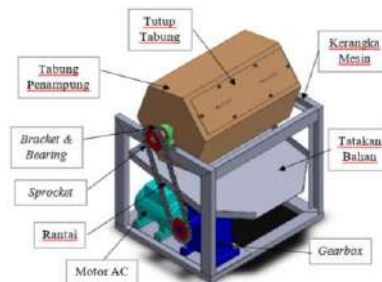
### Spesifikasi Alat Hasil Rancangan

Alat bekerja dengan cara benda yang akan dipoles permukaannya secara bersamaan dengan media poles akan di masukan kedalam sebuah tabung heksagonal yang di rakit secara horizontal, kemudian tabung tersebut akan bergerak memutar untuk membersihkan benda tersebut, putaran yang dihasilkan berasal dari motor yang bergerak dibawah tabung, motor tersebut akan di transmisikan dengan roda gigi dan rantai yang telah disambungkan dari tabung ke motor, kemudian setelah selesai benda akan dikeluarkan melalui saluran yang akan meluncurkan benda kedalam keranjang yang akan siap untuk di kemas.

Spesifikasi:

- Kapasitas Tabung 50kg
- Daya Mesin = 3,728kW

- Tegangan = 380 V
- Dimensi Alat = 960×800×1300mm
- Berat Alat = 100 kg
- Kecepatan Motor = 25 rpm
- Berikut adalah daftar komponen mesin barel:



**Gambar 2.** Mesin Barel Polishing Sekam Padi

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Proses Pengujian Kerangka Barel

Berikut adalah tahapan – tahapan yang dilakukan untuk analisa beban statik pada kerangka mesin barel *polishing*:

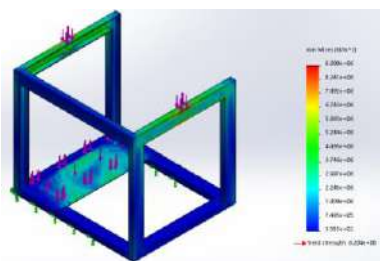
*Von Misses Stress*, warna komponen adalah dominan biru dan berwarna hijau di bagian yang dikenakan beban yang merupakan tanda aman akan terjadinya gaya terhadap rangka, dapat dilihat pada keterangan nilai terendah adalah  $3,585e+02$  sedangkan nilai tertinggi ada pada  $8,990e+06$ , dengan begitu material dan ukuran yang digunakan kepada rangka dapat dikatakan aman.

Dengan begitu dapat dilakukan analisis simulasi terhadap rangka dengan persamaan:

$$(n) = \frac{\sigma_y}{\sigma_e} = \frac{620400000}{8990000} = 69,01$$

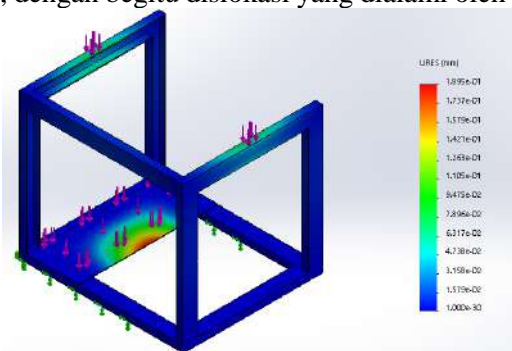
Dimana:

- n = Faktor Keamanan
- $\sigma_y$  = Yield Strength material ( $N/m^2$ )
- $\sigma$  = Tegangan von misses maksimum ( $N/m^2$ )



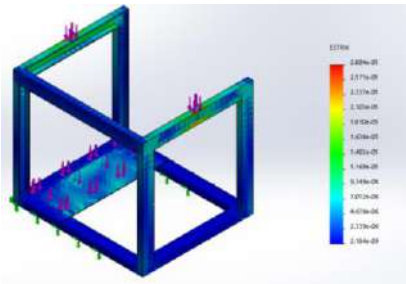
**Gambar 5.** Analisis Von Misses Stress pada Rangka Barel

*Displacement*, warna komponen adalah dominan biru yang merupakan tanda aman akan terjadinya gaya terhadap rangka, dapat dilihat pada keterangan nilai terendah adalah  $1,000e-30$  sedangkan nilai tertinggi ada pada  $1,985e-01$ , dengan begitu dislokasi yang dialami oleh rangka dapat dikatakan aman.



**Gambar 6.** Analisa Displacement pada Rangka Barel

Static Strain, warna komponen adalah biru dan hijau di bagian terkena beban yang merupakan tanda aman akan terjadinya gaya terhadap rangka, dapat dilihat pada keterangan nilai terendah adalah 2,184e-09 sedangkan nilai tertinggi ada pada 2,65804e-05, dengan begitu tegangan statik yang dialami oleh rangka dapat dikatakan aman.

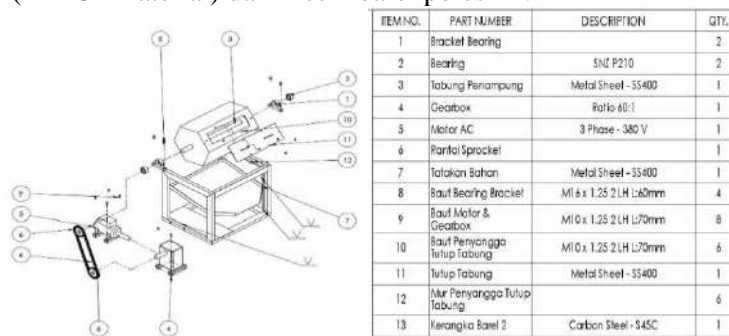


Gambar 7. Analisa Static Strain pada Rangka Barel

**Proses Manufaktur**

Dalam proses manufaktur ini lebih menitik beratkan pada pembuatan komponen untuk kerangka dan tabung barel dikarenakan mesin barel ini sangat bergantung pada bagian kerangka yang vital dalam proses pemolesannya didukung dengan tabung yang harus bisa menampung beban dari sekam padi dan komponen yang akan dipoles.

Mesin barel poles ini akan berbentuk seperti tabung heksagonal yang berputar dengan rangka berupa 4 kaki yang menopang tabung tersebut, ada bagian peluncur untuk komponen yang telah selesai dipoles sehingga dapat kembali ketempat penampungan selanjutnya dan segera akan diproses lebih lanjut, berikut dalam BOM (Bill Of Material) dari mesin barel poles ini.



Gambar 9. Bill Of Material (BOM)

**Rancangan Anggaran Biaya**

Untuk membuat alat ini dibutuhkan rancangan anggaran biaya untuk bisa memberikan pandangan mengenai seberapa besar dana yang dibutuhkan untuk membuat mesin barel poles tersebut, berikut adalah rancangan anggaran biayanya.

Tabel 4. Tabel Rancangan Anggaran Biaya

NO	NAMA PART	UKURAN YANG DI BUTUHKAN	TOTAL MATERIAL YANG DI BUTUHKAN	UKURAN MATERIAL YANG TERSEDIA DI PASARAN	STOKER	HARGA
1	Bracket Bearing	90mmx50mm	720mm	400mmx50mm	Tidak terdapat di pasaran	Rp 720.000
2	Bearing	50mmx25mm	5900x240mm	240x110mm/bekas	ada di pasaran	Rp 3.272.000
3	Tabung Penampung	200x100x5mm	110mm	110mm	ada di pasaran	Rp 254.000
4	Gearbox	300x300mm	300x300mm	240x110mm/bekas	ada di pasaran	Rp 1.651.000
5	Motor AC	1000x1100mm	1000x1100mm	240x110mm/bekas	ada di pasaran	Rp 1.651.000
6	Pantai Sprocket					
7	Talakan Bahan					
8	Baut Bearing Bracket					
9	Baut Motor & Gearbox					
10	Baut Penyanga Tutup Tabung					
11	Tutup Tabung					
12	Mur Penyanga Tutup Tabung					
13	Kerangka Barel 2					

**Penujian Fungsi dan Kinerja**  
**Pengujian Fungsi**

Setelah semua komponen telah selesai dibuat dan dirakit maka setelah itu adalah pengujian kinerja komponen dan hasil kehalusan dari komponen yang dipoles untuk memastikan bahwa komponen

yang telah di poles memiliki standar kehalusan yang diinginkan



**Gambar 10.** Mesin Barel Polishing

Pada pengujian ini untuk mengetahui ukuran rangka apakah yang di buat telah sesuai gambar kerja atau belum, apakah mengalami kehausan, dan apakah komponen yang lain dapat bekerja dengan baik atau tidak. Pada proses ini biasanya di dapat penyimpangan antara gambar kerja dengan benda kerja, meskipun dapat berfungsi dengan benar. Pengujian fungsi dilakukan untuk mengetahui kegagalan part dalam menjalankan fungsinya.

**Tabel 5.** Tabel Pengujian Komponen

no	nama part	keterucukan	status
1	motor AC	motor dapat berputar dengan baik sesuai dengan tegangan input yang di berikan (3 phase 380V AC)	berfungsi normal sesuai spesifikasi dan dapat berputar dengan baik
2	rantai	dapat bergerak sempurna tanpa adanya macet pada bagian roller	berfungsi normal
3	ru	dapat berputar sempurna terhadap rantai tanpa adanya bunyi seakan-akan yang kasar	berfungsi dengan baik
4	baut dan pemec	dapat berputar dengan lancar tanpa adanya getaran yang berlebihan	berfungsi dengan baik
5	tabung barel	dapat berfungsi sempurna tanpa adanya kebocoran media pasir pada sambungan las dan tutup tabung	berfungsi dengan baik
6	gear box	dapat berputar dengan sempurna tanpa adanya hambatan, getaran atau getakan di dalam gear box	putaran output sesuai spesifikasi
7	rangka	dapat menopang dengan baik tanpa adanya flexing atau getaran pada rangka akibat gaya putaran pada tabung	berfungsi dengan baik sesuai hasil analisis pada software

Menurut hasil pengujian fungsional yang telah di lakukan kita dapat mengetahui part part apa saja yang dapat berfungsi dengan baik atau tidak sesuai spesifikasi teknis, sehingga kita dapat menetapkan apakah part tersebut layak di pakai atau tidak.

**Pengujian Kinerja**

**Tabel 6.** Tabel Pengujian Kinerja

menggunakan ampelas manual				menggunakan mesin barel poles			
jumlah yang di dapat (pcs)	lama waktu yang di tempuh (menit)	jumlah part yang di hasilkan per menit	total part yang di hasilkan selama 8 jam kerja(pcs)	jumlah yang di dapat (pcs)	lama waktu yang di tempuh (menit)	jumlah part yang di hasilkan per menit	total part yang di hasilkan selama 8 jam kerja(pcs)
30	1	30	14400	1000	20	50	24000
selisih hasil part antara ampelas manual dengan mesin barel poles (pcs)							9600



**Gambar 11.** Material yang di Barel



Mesin diuji dengan cara mendapatkan hasil material yang di proses pada mesin tersebut untuk di kaji hasil kualitas material yang telah di proses, serta efisiensi waktu yang dilakukan mesin dan sebelum menggunakan mesin. Berikut tahapan pengujiannya:

1. Siapkan material *joint brake arm* dengan *quantity* 1000pcs dengan berat total 15kg
2. Persiapkan alat dan bahan yang di gunakan
3. Masukkan material *joint brake arm* ke dalam tabung mesin *barrel*
4. Masukkan sekam padi sebagai media gesek dengan perbandingan 1:15 dengan material
5. Tutup tabung *barrel* hingga rapat agar material tidak terlempar keluar
6. Hidupkan mesin dengan menekan saklar on/off
7. Tunggu mesin bekerja selama 20 menit
8. Tuangkan material yang telah di proses ke dalam bak penampungan
9. Lihat hasil material yang telah di proses

Dari hasil uji kinerja dapat disimpulkan bahwa:

#### Pengujian Kehalusan Permukaan Material

Kehalusan permukaan material di uji menggunakan mesin uji roughnes test agar di dapati perbedaan kehalusan pada permukaan material setelah dan sebelum di barrel menggunakan sekam padi kering.

Tabel 7. Pengujian Kehalusan Permukaan

angka kehalusan material sebelum di barrel								
standar kehalusan	sample					angka rata-rata	angka maksimal	angka minimal
	1	2	3	4	5			
Ra (roughnes average) $\mu$	1016	1012	1015	1018	1009	1015,25	1018	1009
angka kehalusan material sesudah di barrel								
standar kehalusan	sample					angka rata-rata	angka maksimal	angka minimal
	1	2	3	4	5			
Ra (roughnes average) $\mu$	1298	1304	1300	1308	1305	1302,5	1308	1298
selisih angka kehalusan rata-rata sebelum dan sesudah di barrel ( $\mu$ )							287,25	



Gambar 12. Hasil pengujian kehalusan permukaan

#### 4. Kesimpulan

Pada hasil yang telah di dapat bahwa, pada mesin ini dapat meningkatkan kapasitas produksi yang semulanya hanya 1000pcs /jam, kini hasil dapat lebih baik lagi dengan hasil trial yaitu 1000pcs/20menit. Sehingga ada penghematan waktu menjadi lebih cepat sekitar 40 menit dari yang semula masih menggunakan mesin amplas manual berjalan. Selisih hasil antara ampelas manual dengan *barrel* mencapai 9600pcs untuk 1 *shift* 8 jam kerja sehingga ada peningkatan kapasitas produksi tiap *shift*. Angka kehalusan permukaan material sebelum di proses *barrel* sekitar 1015,25 $\mu$  dan setelah di barrel sekitar 1302,5 $\mu$  sehingga ada selisih angka kehalusan sebelum dan sesudah sekitar 287,25 $\mu$ . Saran:

1. Selalu berhati hati ketika mesin sedang beroperasi agar tidak terjadi kecelakaan kerja
2. Selalu jaga jarak dengan mesin karena mesin berputar agar tidak terkena putaran mesin tersebut
3. Gunakan alat keselamatan saat sedang mengoperasikan mesin
4. Perlu adanya penanganan abu sekam padi yang telah terproses sehingga dapat langsung terpisahkan oleh material *joint brake arm*.

#### 5. Referensi

- [1]. Prima Astuti Handayani, Eko Nurjanah, dan Wara Dyah Pita Rengga, "Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Menjadi Silika Gel", Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia, Jurnal Bahan Alam Terbarukan, ISSN 2303-0623, JBAT 4 (2) (2015) 55-59
- [2]. Prof. Dr. Sri Mulyani, AK., CA, "Metode Analisis dan Perancangan Sistem", Bandung: Abdi Sistematika, 2016

- [3]. Yunida Sofiana, “Pemahaman Critical Thinking, Design Thinking dan Problem Solving dalam Proses Desain”, Program Studi Desain Interior Fakultas Desain Universitas BINUS, HUMANIORA Vol.5 No.2 Oktober: 649-654, 2014
- [4]. Shigley, J.E., Mischke, C.R., “ Mechanical Engineering Design”, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1989
- [5]. Sri Sukamta, “Upaya Mengatasi Kelemahan Mahasiswa Dalam Perancangan Sistem Listrik Industri Melalui Pemanfaatan CAD (*Computer Aided Design*)”, Fakultas Teknik Jurusan Elektro, Universitas Negeri Semarang, Lembaran Ilmu Kependidikan Jilid 36, No. 2, Desember 2007
- [6]. Badan Pusat Statistik, “Jumlah Kendaraan Bermotor,” 2019. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/indicator/17/57/1/jumlah-kendaraan-bermotor.html>. [Diakses 06 Juni 2021].
- [7]. Kontan, “Kandungan Lokal Motor hampir mencapai 100%,” 2009. [Online]. Available: <https://industri.kontan.co.id/news/kandungan-lokal-motor-hampir-mencapai-100-1>. [Diakses 06 Juni 2021].
- [8]. Aditama, “Peran Mesin di Dunia Industri,” 2019. [Online]. Available: <https://mobile.aditama-finance.com/berita/detail/321/Peranan-Mesin-di-Dunia-Industri>. [Diakses 06 Juni 2021].
- [9]. Supriyanto, E. “Manufaktur” Dalam Dunia Teknik Industri. Jurnal Industri Elektro Dan Penerbangan, Vol.3, No 3, 2013.
- [10]. Kpssteel, “jenis jenis Baja Menurut Komposisinya,” 2019. [Online]. Available: <https://kpssteel.com/besi-baja/jenis-jenis-baja-menurut-komposisinya/> .[Diakses 26 mei 2021].

# Perancangan Lifter Kaca Kapasitas 100 kg untuk Pemasangan Kaca Atap Mobil

Hasan Hariri<sup>1</sup>, Naviel Mahkail Haikal

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

\* *Corresponding author*: haikalnvl@gmail.com

**Abstrak.** Seiring berkembangnya teknologi, para praktisi industri otomotif mengembangkan fitur-fitur yang ada pada mobil, salah satunya adalah opsi untuk menambahkan kaca atap mobil. Pada proses produksi di PT XYZ memproduksi mobil SUV (Sports Utility Vehicle) dengan fitur sunroof. Namun dalam proses pemasangan kaca atap mobil masih menggunakan tenaga manusia, dan memerlukan minimal 3 orang untuk proses pemasangan. Selain karena berat sunroof yang berkisar antara 40-60 kg, jenis material yang memerlukan perlakuan khusus dan juga area kerja yang kurang leluasa membuat potensi kecelakaan kerja semakin tinggi. Diperlukan peralatan material handling khusus untuk alat angkat kaca. Maka dari itu dibuatlah perancangan Glass Lifter untuk pengangkatan kaca atap mobil, sebagai solusi untuk mengefisienkan tenaga manusia dan meminimalisir potensi kecelakaan akibat kerja mengangkat. Perancangan Glass Lifter menggunakan metode Pahl and Beitz dengan kapasitas pengangkatan maksimal 100 kg. Hasil perancangan Glass Lifter menghasilkan spesifikasi alat, (1) Dimensi alat 2788 mm x 833 mm x 1200 mm (2) Penggerak menggunakan motor listrik dengan tenaga 3 kW (3) Menggunakan fluida Hydraulic sebagai transmisi daya dengan 3 silinder actuator (4) menggunakan Suction Cup berdiameter 150 mm dan (5) Desain linkage mampu berputar 150°.

**Kata kunci**— perancangan, kaca, Glass Lifter, hidraulik, linkage.

## 1. Pendahuluan

Penggunaan *material handling* dalam proses produksi, salah satunya adalah proses pemasangan kaca atap mobil bertipe *sunroof* pada mobil, di dalam proses tersebut terdapat aktifitas memindahkan dan mengangkat part kaca *sunroof* yang masih dilakukan secara manual. Berat dari part *sunroof* ini sendiri bervariasi tergantung dari model yang diproduksi dan berkisar antara 40 kg – 60 kg. Proses pemasangan yang berada di atas kepala dan kurang luasnya area kerja karena posisi pemasangan berada di dalam mobil, maka proses pemasangan masih membutuhkan sekurang-kurangnya 3 *man power*.

Solusi untuk menghilangkan proses angkat ini adalah dengan membuat alat bantu angkat *portable*. Alat yang sesuai dengan kebutuhan permasalahan di atas adalah dengan menggunakan *Lifter* kaca. Proses desain *Lifter* atau alat angkat untuk kaca selain memperhitungkan beban dari kaca juga harus memberi perhatian khusus terhadap bagian pemegang kaca, karena sifat dari material kaca yang mudah pecah maka diperlukan pemegang berbahan karet dan untuk proses pengangkatan menggunakan teknologi vakum. Seperti yang dibahas pada penelitian sebelumnya, menggunakan *suction cup* untuk mengangkat kaca merupakan pilihan yang paling tepat, namun untuk pengaplikasian pada pemasangan kaca *sunroof*, belum ada yang membahas tentang alat angkat kaca. Karena itu kondisi tersebut akan saya jadikan bahan penelitian untuk tugas akhir dengan judul “Perancangan *Lifter* kaca kapasitas 100 kg untuk pemasangan kaca atap mobil”

Pada alat yang sudah ada, kebanyakan mesin, diperuntukkan untuk pemasangan kaca pada bangunan. Sehingga tidak memerlukan perputaran *Vacuum Gripper* sampai 150° lebih dan *Vacuum Gripper* bisa berputar sampai ke atas jika mesin sudah full berada di posisi atas (ketinggian lebih dari 3 meter). [1] Penelitian ini berfokus pada pemasangan kaca atap mobil dan tidak bisa menggunakan ketinggian 3 Meter untuk pemasangan karena keterbatasan area, sehingga *Vacuum Gripper* harus bisa berputar 1500 – 1800 agar bisa mendukung pemasangan kaca atap mobil.

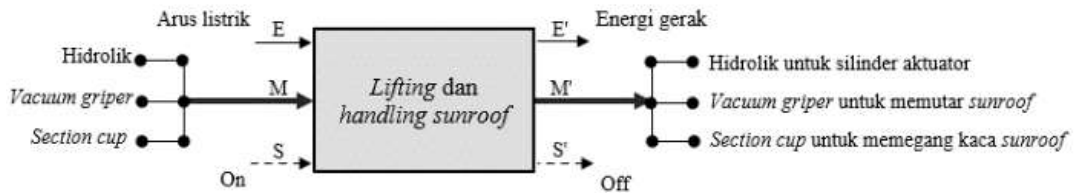
## 2. Metodologi

Penulis memulai penelitian dengan menentukan tema yang akan dibahas. Tema merupakan bagian dari pemikiran utama suatu rencana. Penentuan tema bisa berlandaskan masalah yang terjadi atau modifikasi alat yang sudah ada. Tema yang akan dibuat adalah tentang perancangan *lifter* kaca untuk mengangkat kaca *sunroof* pada mobil SUV, Penelitian ini menggunakan metode penelitian Pahl and Beitz [2]. Mengidentifikasi kebutuhan alat merupakan survey kepada calon pelanggan guna mengetahui apa yang dibutuhkan. Studi Literatur digunakan untuk memahami konsep serta teori-teori

mengenai *lifter* dan sistemnya sehingga diharapkan mampu memberikan Gambaran dalam pembuatan desain alat. Konsep Perancangan dengan mempertimbangkan tema, identifikasi kebutuhan dan studi literatur agar konsep sesuai dalam pembuatan rancangan. Analisa dan Perhitungan Rancangan untuk menganalisis setiap komponen alat yang dirancang dan memeriksa apakah penggunaan material yang dipilih sudah aman dan menghitung setiap komponen hingga dapat menentukan kekuatan dan fungsi tiap komponen. Desain Alat Proses desain merupakan pembuatan Gambar 3D dari alat yang kita buat. Proses ini menggunakan *software engineering*. Pengujian desain merupakan hal terpenting dalam membuat atau memodifikasi desain, hal ini dilakukan untuk mengetahui bahwa desain yang dibuat aman. Pembuatan Laporan dalam tahap ini, seluruh proses mulai dari menentukan tema hingga tahap pengujian, akan dituangkan ke dalam sebuah laporan yang menjelaskan tentang rincian kegiatan yang dilakukan dari awal hingga akhir.

**Struktur Fungsi**

*Lifter* merupakan *material handling* yang sangat umum, fungsinya menyesuaikan dengan kebutuhan yang diinginkan.



**Gambar 1.** Fungsi Keseluruhan

**Solusi Alternatif**

Pilihan komponen dari beberapa alternatif dibuat berdasarkan fungsi yang telah ditentukan sehingga dapat dikembangkan sebagai acuan. Pemilihan fungsi menghasilkan lebih dari satu varian referensi untuk dijadikan alternatif pilihan.

**Tabel 1.** Alternatif Solusi

Kode	Bagian	Alternatif Solusi		
		1	2	3
A	Motor Penggerak	Motor listrik	Motor diesel	Motor bensin
B	Pemindah Daya	Silinder elektrik	Rantai	Silinder hidrolik
C	Tiang Penyangga	Mast stacker	Crane	
D	Vacuum Grip	Elektrik suction cup	Pneumatik suction cup	Manual suction cup
E	Roda	Roda troli	Roda biasa	
F	Base Profil	Fix base	Wheel base	Square base

Dari kombinasi alternatif desain yang terdapat pada Tabel 1 dihasilkan varian-varian sebagai berikut :  
 Varian 1: A-1, B-3, C-2, D-3, E-2, F-2  
 Varian 2: A-2, B-2, C-1, D-2, E-1, F-1  
 Varian 3: A-3, B-1, C-2, D-1, E-1, F-3

**Teknikal Evaluasi**

Tabel 2 merupakan referensi untuk pemilihan bagian desain yang terdiri dari 3 varian alternatif. Dari tabel tersebut, setiap varian akan ditentukan nilainya sesuai dengan kriteria desain yang

dibutuhkan. Kriteria disesuaikan berdasarkan parameter desain untuk mendapat hasil yang maksimal. Berikut ini Tabel 2 terkait *technical evaluation* dari krtiga varian yang disarankan

**Tabel 2.** Evaluasi Solusi

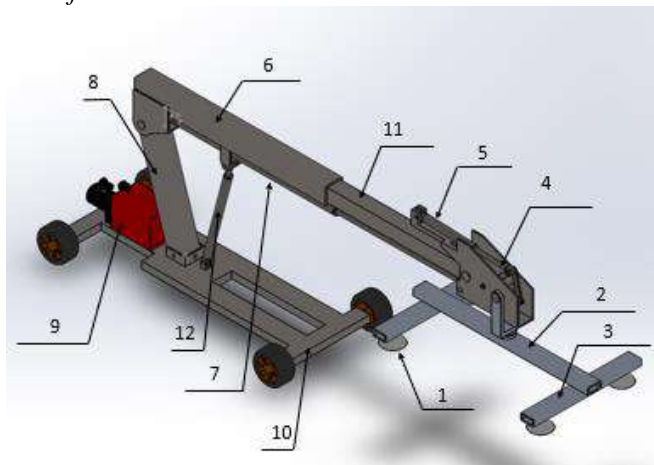
No	Technical criteria	Wi (Bobot)	Parameter	Varian 1		Varian 2		Varian 3	
				Vi (Nilai)	Sub Total ( Wi.Vi )	Vi (Nilai)	Sub Total ( Wi.Vi )	Vi (Nilai)	Sub Total ( Wi.Vi )
1	Fungsi Vacuum gripper	0,3	Mekanisme gerak yang mudah Mampu berputar > 150 derajat	8	2,4	7	2,1	7	2,1
2	Operasi yang baik	0,25	Kemampuan menopang kaca Mudah dioperasikan	7	1,75	6	1,5	7	1,75
3	Keamanan	0,25	Konstruksi yang kuat Mengurangi handling manusia	7	1,75	7	1,75	7	1,75
4	Dimensi	0,2	Panjang jangkauan 3m Jangkauan tinggi 3m	7	1,4	7	1,4	7	1,4
<b>Total</b>					<b>7,3</b>		<b>6,75</b>		<b>7</b>

Dari teknikal evaluasi diatas berdasarkan penilaian Wi yang ditentukan oleh Pohon Obyektif maka didapat desain yang akan digunakan adalah Varian 1 dengan skor 7,3

### Analisa dan pembahasan

Pada proses kerja sebelum perbaikan proses *handling* pemasangan atap kaca mobil dilakukan oleh 3 orang operator. Hal tersebut dilakukan karena pada proses *handling* kaca *sunroof* yang diangkat berukuran besar dan berat, dimensi dari kaca *sunroof* sendiri bervariasi berkisar antara, panjangnya 1000 mm – 1300 mm dan lebarnya 400 mm – 600 mm. Berat dari *sunroof* sendiri juga bervariasi berkisar di antara 50 kg – 80 kg. Pada proses pengangkatan ini tidak terdapat alat bantu kerja untuk pengangkatan. Proses pemasangan atap kaca mobil tidak bisa dilakukan jika operator bantu masih melaksanakan proses kerja utama.

Dari analisa tersebut, solusi untuk menghilangkan kegiatan mengangkat kaca *sunroof* yang dilakukan oleh pekerja adalah dengan menyediakan alat bantu angkat untuk proses pemasangan kaca *sunroof*. Konsep alat bantu angkat *lifter* dirancang dengan kapasitas maksimum 100 kg diatas berat maksimum dari kaca *sunroof*.



**Gambar 3.** Desain Lifter

### Perancangan Suction Pad

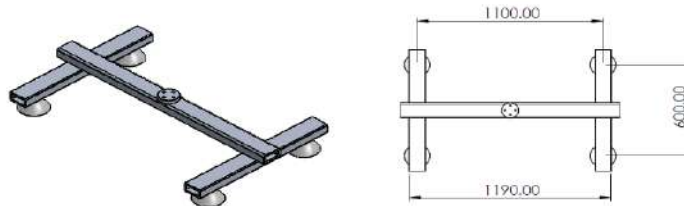
*Suction Pad* yang digunakan pada *lifter* ini sebanyak 4 buah. Setiap *suction pad* menerima beban kerja masing masing.



**Gambar 4.** Suction Pad

### Perencanaan Vacuum Gripper

*Vacuum Gripper* yang dirancang terdiri dari 2 buah balok sambungan di mana setiap lengannya menerima beban kerja masing masing. Berikut beban kerja yang diterima oleh lengan *Vacuum Gripper*.



Gambar 5. Vacuum Gripper

Spesifikasi aluminium alloy 2014

Tabel 3. Spesifikasi material *Vacuum Gripper*

Item	Jenis Material	Yield Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Modulus Elastic (GPa)	Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )
Lengan Vacuum gripper	2014 Aluminium Alloy	125	190	73	2800

### Perancangan Arm

*Arm* yang digunakan adalah jenis *Arm telescopic* dimana menggunakan material *mild steel* yang dibentuk dengan alas persegi. Menggunakan mild steel jenis *EN 10219-1 (1997) Cold Formed Welded structural hollow*, dengan spesifikasinya yang kuat diharapkan mampu untuk menopang beban secara kantilever. [5]

Tabel 4. Spesifikasi Material Arm

Specification	Grade	Min. Yield strength N/mm <sup>2</sup>	Tensile strength N/mm <sup>2</sup>	Charpy V-Notch Impact Joules	-C
EN 10219-1 (1997)	S235JRH	235	340-470	27	20
JIS G 3444 (1994)	STK400	235	min. 400	-	-
JIS G 3466 (1988)	STKR400	245	min. 400	-	-
AS 1163 (1991)	C250L0	250	min. 320	27	0
EN 10219-1 (1997)	S275J0H	275	410-560	27	0
EN 10219-1 (1997)	S275J2H	275	410-560	27	20
ASTM A500 (1996)					
Round tubing	Grade A	228	min. 310	-	-
Shaped tubing	"	269	min. 310	-	-
Round tubing	Grade B	290	min. 400	-	-
Shaped tubing	"	317	min. 400	-	-
JIS G 3466 (1988)	STKR490	325	min. 490	-	-
AS 1163 (1991)	C350L0	350	min. 430	27	0
JIS G 3444 (1994)	STK500	355	min. 500	-	-
EN 10219-1 (1997)	S355J0H	355	490-630	27	0
EN 10219-1 (1997)	S355J2H	355	490-630	27	20
JIS G 3444 (1994)	STK540	390	min. 540	-	-
AS 1163 (1991)	C450L0	450	min. 500	27	0

Pada perhitungan ini, *Arm* menggunakan kinematika beban kantilever, dimana beban bersifat terpusat dan di tumpu oleh dua tumpuan (tumpuan utama dan tumpuan silinder aktuator). Dengan sistem ini maka didapatkan perhitungan dengan rumus, dengan F memiliki tambahan beban dari *Vacuum Gripper* maka dapat ditentukan dengan Persamaan 4 dan 5

$$F = 1,5 \times (100 + 12) \text{kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.646 \text{ N}$$

$$R_a + R_b - F = 0$$

$$\sum MA = 0 \rightarrow (F \times (a + b)) - (R_b \times a) = 0$$

$$R_b = \frac{(F(a+b))}{a}$$

$$R_b = \frac{(1646 \text{ N}) \times (585 + 2047) \text{mm}}{585 \text{mm}} = 7.407 \text{ N}$$

$$\sum MB = 0 \rightarrow -(R_a \times a) - (F \times b) = 0$$

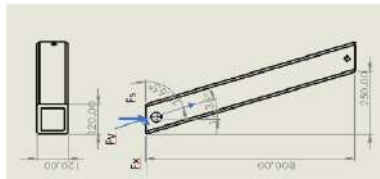
$$R_a = -\frac{1646 \text{ N} \times 2047 \text{mm}}{585 \text{mm}} = -5.761 \text{ N}$$

Dengan nilai  $R_a$  yang negative, maka diperlukan *counterweight / counterjibs* yang bisa mengimbangi beban dari nilai  $R_a$ , yang nantinya akan dihitung pada pembahasan rangka.

### Perancangan Boom

#### Menggunakan material yang sama dengan Arm

Pada perhitungan ini, *Boom* menggunakan rumus euler, untuk menentukan momen yang bekerja dan kekuatan yang masih bisa di gunakan, dimana beban bersifat terpusat dan pertama kita harus meenentukan  $F_x$  dan  $F_y$  nya. Pada bagian yang menjadi lawan dari beban, biasanya bernilai negative dan harus diseimbangkan dengan menggunakan *counterweight* agar *lifter* tidak terguling. [5]



**Gambar 6.** Boom

Titik berat yang diterima oleh batang menggunakan sumbu x dan y, karena *Boom* berbentuk persegi maka nilai x dan y adalah sama dari titik tengah yaitu 60 mm

Maka tegangan pada Boom yang di akibatkan momen lentur adalah

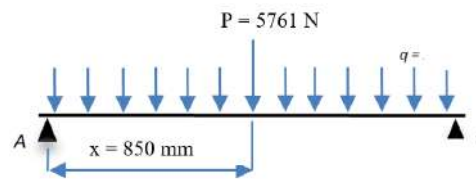
$$\sigma_l = \frac{Ma \times s}{I} = \frac{4134872 \times 60}{7761600} = 31,96 \text{ N/mm}^2$$

### Perancangan Rangka

Dengan kebutuhan rangka yang cukup kuat maka digunakan plat mild steel P460 dengan ketebalan 10 mm.

**Tabel 5.** Spesifikasi material rangka

Specifications	Yield strength N/mm <sup>2</sup>		Tensile strength N/mm <sup>2</sup>		Elongation min. %	Charpy V-notch Temp. (°C) Energy (J)			
	≤16mm	16<L≤30	31-40mm	>40mm		20	0	-20	-40
Standard EN 10028-6									
P460									
Q, CH	460	460	460	500-720	19	60	40	27	-
Q1.1						60	40	27	-
Q1.2						60	40	27	27
Q, CH	500	480	440	590-770	17	-	60	40	27
Q1.1						-	60	40	27
Q1.2						-	60	40	27
P509	600	670	630	770-940	14	-	60	40	27
Q, CH						-	60	40	27
Q1.1						-	60	40	27
Q1.2						-	60	40	27



**Gambar 7.** Kinematika beban rangka

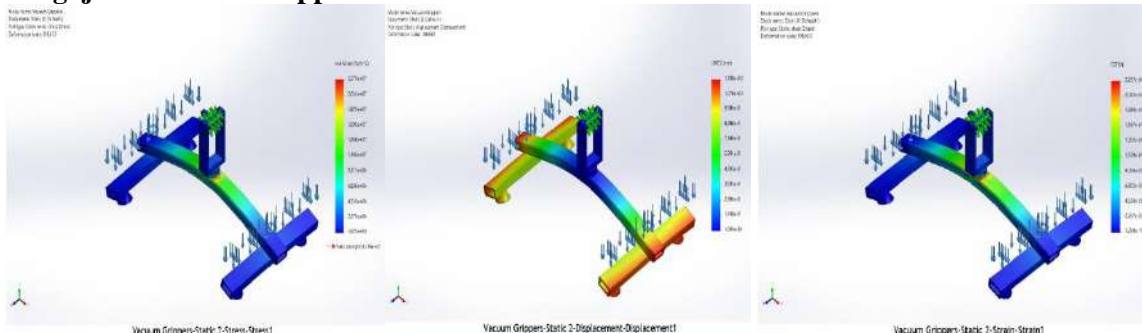
Beban yang dialami oleh rangka bisa ditentukan menggunakan Persamaan 7. [6]

$$M = \frac{1}{2} F_{total} = \frac{1}{2} \times 5761 = 2.880,5 \text{ N}$$

### 3. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan melakukan uji pembebanan statis dengan menggunakan software Solidwork. Nilai yang didapat berupa Tegangan (*Stress*), *Displacement*, dan Regangan (*Strain*).

#### Pengujian Vacuum Gripper



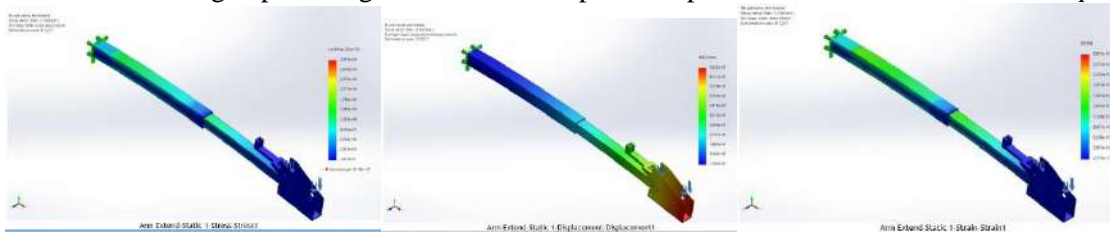
**Gambar 8.** Nilai Tegangan, Nilai Displacement, Nilai Regangan

Nilai tegangan (*Stress*) paling tinggi dan terendah yang dialami oleh *Vacuum Gripper* setelah dilakukan simulasi pembebanan statis yaitu seperti yang terlihat pada Gambar 5a. Yaitu tegangan tertinggi 22,79 N/mm<sup>2</sup> dan 1,625 × 10<sup>-6</sup> N/mm<sup>2</sup> untuk tegangan minimum. Pada gambar 5b, Nilai *Displacement* yang tertinggi 1,198 mm dan *Displacement* minimum yang terjadi adalah 0 mm. Sedangkan Nilai regangan yang ditunjukkan gambar 5c adalah 0,000267 untuk nilai tertinggi dan 1,294 × 10<sup>-11</sup> untuk nilai regangan terendah. Dengan perhitungan nilai diatas, dapat disimpulkan bahwa desain *Vacuum Gripper* aman.

#### Pengujian Cylinder Arm

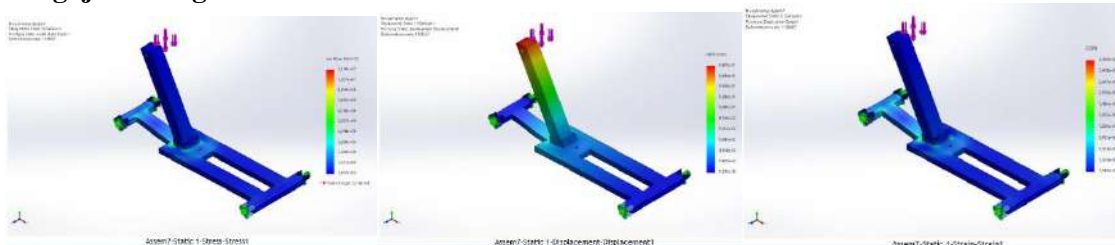
Nilai tegangan (*Stress*) paling tinggi dan terendah yang dialami oleh *Arm* teleskopik setelah dilakukan simulasi pembebanan statis yaitu seperti yang terlihat pada Gambar 6a. Yaitu tegangan tertinggi 0,2967 N/mm<sup>2</sup> dan 1,401 × 10<sup>-7</sup> N/mm<sup>2</sup> untuk nilai tegangan terendah. Nilai *Displacement* bisa

dilihat pada gambar 6b paling tinggi adalah 0,9022 mm dan nilai *Displacement* minimum yang terjadi pada *Arm* teleskopik yaitu 0 mm. Sedangkan nilai regangan (*strain*) yang bisa dilihat pada gambar 6c, Nilai tertinggi adalah  $2,819 \times 10^{-5}$  dan nilai regangan minimum yang terjadi pada *Arm Teleskopik* yaitu  $2,076 \times 10^{-12}$ . Dengan perhitungan nilai diatas, dapat disimpulkan bahwa desain *Arm telescopic* aman.



Gambar 9. Nilai Tegangan, Nilai Displacement, Nilai Regangan

### Pengujian Rangka



Gambar 10. Nilai Tegangan, Nilai Displacement, Nilai Regangan

Nilai tegangan (*Stress*) paling tinggi dan terendah yang dialami oleh rangka setelah dilakukan simulasi pembebanan statis yaitu seperti yang terlihat pada Gambar 7a. Yaitu tegangan tertinggi 11,9 N/mm<sup>2</sup> dan nilai tegangan minimum yang terjadi pada rangka yaitu  $1,497 \times 10^{-3}$  N/mm<sup>2</sup>. Nilai *Displacement* yang bisa dilihat dari gambar 7b, Nilai paling tinggi yaitu 0,1829 mm dan nilai *Displacement* minimum yang terjadi pada rangka yaitu 0 mm. Nilai regangan (*strain*) yang bisa dilihat dari gambar 7c, nilai regangan tertinggi  $3,309 \times 10^{-5}$  dan nilai regangan minimum yang terjadi pada rangka yaitu  $7,989 \times 10^{-9}$ . Dengan perhitungan nilai diatas, dapat disimpulkan bahwa desain rangka aman.

### 4. Kesimpulan

Hasil yang didapat dari pembahasan dan analisa perancangan *lifter* kaca kapasitas 100 kg didapatkan kesimpulan:

1. *Lifter* kaca ini dirancang dengan metode Pahl & Beitz yang mana dari tabel evaluasi pembobotan variasi solusi didapatkan rancangan terpilih yaitu variasi 1 dengan nilai pembobotan tertinggi 7,3.
2. *Lifter* kaca mampu mengangkat kaca kapasitas maksimal 100 kg
  - a. Dimensi alat 2788 mm × 833 mm × 1200 mm
  - b. Sumber tenaga yang digunakan merupakan energi listrik dengan daya 2,6 kW
  - c. Fluida sebagai transmisi daya dengan media *Cylinder* actuator
  - d. *Lifter* kaca menggunakan 4 buah *Suction Pad* dengan diameter 150 mm
  - e. Desain *linkage* memungkinkan *Vacuum Gripper* berputar 150°
3. Hasil dari simulasi pembebanan statis bahwa setiap rangkaian yang terkena beban masih dapat menerima beban dengan kapasitas maksimal 100 kg ditambah dengan berat dari alat, dan tidak ada titik sambung yang kritis.

### 5. Referensi

- [1] Barbaric, "Glass Handling," *www.barbaric.at*, published online 2015.
- [2] G. Pahl and W. Beitz, "Engineering Design, A Systematic Approach". 2005.
- [3] A. K. Jaiswal and B. Kumar, "Vacuum Cup Grippers for Material Handling In Industri," *Int. J. Sci. Technol*, 2017.
- [4] E.P. Popov, Zainul Astamar. (1984). Mekanika Teknik. Jakarta.
- [5] Ucok Mulyo Sugeng and Deniyanto, "Perhitungan Lengan Excavator Kapasitas 450 kg Untuk Laboratorium," *TEKNOSAINS J. Sains, Teknologi. dan Informasi.*, 2020.
- [6] D. R. Putra, N. E. Setijogiaro, and M. Sholeh, "Perancangan *Lifter* dengan Kapasitas Angkat Maksimal 200 kg," Politeknik Negeri Jakarta, 2



## Perancangan Mesin Pencacah Sampah Tangkai Bunga

Nur Rachmat<sup>1\*</sup> dan I Gede Eka Lesmana<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

\* *Corresponding author*: Nurrahmatserema14b@gmail.com

**Abstrak.** Pada wilayah Tebet Barat Dalam Raya terdapat kios -kios bunga yang menjual berbagai macam bunga, dari bunga hias sampai bunga tanaman. Bunga bunga yang dijual terdiri dari bunga mawar, bunga sedap malam, bunga crisan, dan sebagainya. Pada kios bunga tangkai bunga merupakan limbah yang tidak terpakai dan dapat mencemarkan lingkungan padahal limbah tersebut punya potensi komersil berupa pupuk organik atau media tanam bila di dimanfaatkan dengan baik. Metodologi perancangan merupakan sebuah rangkaian proses yang akan dilakukan dalam proses perancangan mesin pencacah sampah tangkai bunga, dimana proses tersebut tidak boleh ada satupun yang terlewatkan karena ketika ada satu proses yang terlewatkan akan mengakibatkan kegagalan dalam proses pengembangan mesin atau produk. Metodologi perancangan biasanya di sajikan dalam bentuk diagram alir. Kesimpulan dari perancangan mesin pencacah sampah tangkai bunga ini diantaranya sebagai berikut : Pada kios bunga tangkai bunga merupakan limbah yang tidak terpakai dan dapat mencemarkan lingkungan padahal limbah tersebut punya potensi komersil berupa pupuk organik atau media tanam memanfaatkan menjadi produk yang lebih berguna, Setelah mendapatkan hasil rancangan mesin pencacah sampah tangkai bunga ini.

**Kata kunci**— *Mesin Pencacah Tangkai Bunga, Limbah , Pupuk Organik*

### 1. Pendahuluan

Bunga merupakan perlengkapan perkembangbiakan generatif tanaman biji tertutup. Didalam bunga ada macam- macam ataupun jenis- jenis bagian dalam bungayang tiap gunanya pada tiap- tiap bagian bunga tersebut berbeda- beda, sehingga dibutuhkan sesuatu ulasan yang panjang serta luas menimpa bagian- bagian bunga[1]. Bunga secara tiap hari pula dipakai buat menyebut struktur yang secara botani diucap bagaikan bunga majemuk ataupun inflorescence. Bunga majemuk merupakan kumpulanbunga- bunga yang terkumpul dalam satu karangan. Dalam konteks ini, satuan bunga yang menyusun bunga disebut floret[2]. Dengan semakin berkembangnya teknologi, kegiatan pencacahan dapat dilakukan dengan menggunakan mesin pencacah tangkai bunga . Dengan adanya mesin pencacah ini diharapkan dapat meningkatkan dan membantu tukang bunga untuk mengeloha hasil limbah tangkai bunga menjadi pupuk serta memberikan hasil tambahan bagi kios bunga[3].

Proses pengembangan produk diawali dengan suatu ilham serta berakhir dengan penciptaan artefak raga. Kala dilihat baik secara totalitas ataupun pada tingkatan kegiatan orang, proses pengembangan produk sangat kreatif. Produk yang dihasilkan tidak cuma berbentuk produk raga, namun pula berbentuk produk non raga, misalnya jasa. Sesi pengembangan produk merupakan seluruh aktivitas yang terdiri dari sebagian prosedur ataupun kerap diucap dengan fase. Dalam buku perancangan serta pengembangan produk, yang ditulis Karl. Ulrich serta Steven D. Eppinger tertulis kalau fase tersebut ada 6 fase, diantaranya ialah fase perencanaan, fase pengembangan konsep, fase perencanaan tingkatan sistem, fase perancangan detail, fase pengujian serta perbaikan, dan fase penciptaan awal[4]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan memahami cara kerja dari mesin, bagaimana proses perancangan mesin, komponen apa saja yang dibutuhkan, serta mengetahui hasil analisis rangka pada mesin tersebut. Dengan penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan kemampuan diri dalam penerapan teori yang didapat semasa perkuliahan ke dalam penelitian yang sebenarnya, dan hasil dari perancangan diharapkan dapat terealisasikan sebagaimana mestinya sehingga mesin tersebut dapat digunakan dengan baik.

### 2. Metode penelitian

Metodologi perancangan merupakan sebuah rangkaian proses yang akan dilakukan dalam proses perancangan mesin pencacah sampah tangkai bunga, dimana proses tersebut tidak boleh ada satupun yang terlewatkan karena ketika ada satu proses yang terlewatkan akan mengakibatkan kegagalan dalam proses pengembangan mesin atau produk. Metodologi perancangan biasanya di sajikan dalam bentuk diagram alir. Berikut adalah Metodologi perancangan yang akan digunakan dalam proses perancangan mesin pecach sampah tangkai bunga.

## Mulai

Merupakan awal dalam pembuatan alat yang akan dibuat, yaitu dengan menentukan judul mesin yang sekiranya bermanfaat bagi masyarakat sekitar.

## Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah itu merupakan suatu cara bagaimana kita melihat, menduga, memperkirakan, dan menguraikan serta menjelaskan apa yang menjadi masalah atau kekurangan dalam mesin pencacah sampah tangkai bunga yang sudah ada dipasaran untuk dikembangkan

## Studi Pustaka

Studi pustaka yaitu mengumpulkan berbagai sumber pembahasan tentang mesin pencacah sampah tangkai buga melalui browsing diinternet maupun dari sumber buku yang membahasnya.

## Metode Perancangan Ulrich-Eppinger

Pada perancangan mesin pepencacah sampah tangkai bunga ini memakai tata cara perancangan *Ulrich-Eppinger*. Proses perancangan yang dicoba merupakan pengembangan dari mesin yang telah ada dipasaran dengan tujuan buat memperoleh rancangan mesin yang lebih efektif. pemilihan tata cara Ulrich- Eppinger ini disebabkan langkah- langkah yang ada pada tata cara ini sangat cocok buat proses pengembangan mesin.

## Perancangan Detail

Susunan elemen produk yang meliputi perhitungan perencanaan dari setiap komponen mesin pencacah sampahh tangkai bunga. Setelah mendapatkan dimensi komponen, dilanjutkan dengan membuat gambar 3D dan *assembly* dari setiap masing-masing *part* komponen mesin.

## Analisa Hasil Perancangan

Dari hasil perancangan detail yang telah didapat, maka Analisa dilakukan dengan mencari kesalahan terhadap rancangan dengan mengecek kembali dari perhitungan detail yang sudah dibuat apa terjadi kesalahan dalam perhitungan dan melakukan simulasi terhadap rancangan

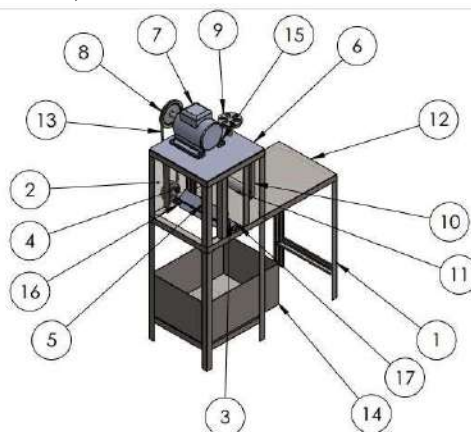
## Hasil Rancangan

Setelah tahapan perancang dilakukan maka hasil rancangan berupa gambar teknik menggunakan *software solidworks* dan serta menambahkan tabel untuk *bill of materials* (BOM).

## Selesai

Setelah semua proses selesai, maka dibuat laporan tugas akhir yang berisikan bagaimana tahapan-tahapan dalam rancangan mesin pencacah sampah tangkai bunga.

Pada tahap identifikasi kebutuhan bertujuan untuk mencari informasi tentang keinginan ataupun harapan dari pelanggan mengenai mesin pencacah sampah tangkai bunga. Metode yang digunakan dalam pengumpulan informasi dapat dilaksanakan dengan cara wawancara langsung dengan konsumen. Setelah proses identifikasi pelanggan selesai, langkah selanjutnya adalah menetapkan spesifikasi produk berdasarkan data yang diperoleh dari proses identifikasi. Penetapan spesifikasi bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan proses identifikasi kendala yang mungkin dihadapi untuk mencapai solusi optimal. Spesifikasi desain disusun dengan membedakan apakah sebuah persyaratan desain yang diutarakan konsumen merupakan sebuah keharusan yang harus dipenuhi (*demand/D*) atau keinginan (*wishes/W*).



Gambar 1. Varian terpilih

Proses selanjutnya pada pembuatan konsep adalah mendemostrasikan diagram struktur fungsi dan sub-sub fungsi. Pembuatan struktur fungsi dan sub-sub fungsi merupakan sebuah langkah awal dari penyusunan konsep dari produk yang akan dikembangkan. Pada tahap pemilihan konsep dilakukan

dengan cara memberikan pertanyaan/kuisisioner pada masyarakat dengan jumlah minimal 10 responden. Maka untuk pemilihan perancangan mesin pencacah sampah tangkai bunga berdasarkan Penilaian Kombinasi Varian maka dipilih varian 1 dengan nilai paling tinggi. Desain varian terpilih dapat dilihat pada Gambar 1.

Keterangan Gambar :

- |                 |                      |                   |                  |
|-----------------|----------------------|-------------------|------------------|
| 1. Rangka       | 6. Body Atas         | 11. Penjepit      | 16. Mur M10×1,25 |
| 2. Body Samping | 7. Motor             | 12. Papan Atas    | 17. Bearing      |
| 3. Poros        | 8. Pulley Besar      | 13. Belt          |                  |
| 4. Pulley kecil | 9. Setir Penjepit    | 14. Boks          |                  |
| 5. Pisau        | 10. Dudukan Penjepit | 15. Baut M10×1,25 |                  |

### 3. Hasil dan pembahasan

#### Perhitungan Detail

Kapasitas produksi dari mesin pencacah sampah tangkai bunga ini di rencanakan adalah 150 kg/jam.

#### 1. Perhitungan putaran mesin[5]

Direncanakan menggunakan 4 pisau, tiap 1 putaran terdapat 5 kali proses pemotongan, sehingga untuk merajang 1 ikat tangkai bunga yang panjangnya 80cm diperlukan:

$$80 \text{ cm} = 800 \text{ mm}$$

$$\frac{800 \text{ mm}}{5 \text{ mm}} = 160 \text{ pemotongan}$$

$$\frac{160}{4} = 40 \text{ Putaran}$$

Target/jam: 150 kg/jam, Berat 1 ikat tangkai : 0,3 kg, Putaran: 40 Putaran

$$N = \frac{40 \text{ Putaran}}{0,3 \text{ kg}} \times 150 \text{ kg/jam}$$

$$N = 20000 \text{ Putaran/jam}$$

$$N = 333 \text{ rpm}$$

#### 2. Torsi [6]

$T = F \times r$ , T: torsi, F: Gaya potong pencacah tangkai bunga r: jari – jari = 30 mm = 0,3m

$$T = 2000 \text{ N} \times 0,3 \text{ m}$$

$$T = 600 \text{ Nm}$$

#### 3. Daya potong pencacah tangkai bunga [7]:

$$P_1 = \frac{2000 \times 3,14 \times 0,14 \times 333}{100 \times 60} \times 4$$

$$P_1 = 195,182 \text{ Watt}$$

$$P_1 = 0,26 \text{ HP}$$

#### 4. Perencanaan pully

$$\frac{1400}{333} = \frac{50}{D_p}$$

$$\frac{1400 \times 50}{333} = D_p$$

$$D_p = 210$$

#### 5. Perencanaan V-Belt

Panjang keliling sabuk [8]:

$$L = 2 \times 40 + \frac{3,14}{2} (50 + 210) + \frac{1}{4.40} = 210 - 50^2$$

$$L = 80 + 408,2 + 160^2$$

$$L = 648,2 \text{ cm}$$

#### 6. Sudut kontak[9]:

$$\theta = 180^\circ = \frac{(210 - 50)/2}{300}$$

$$\theta = 180^\circ - 0,616$$

$$\theta = 179,384^\circ$$

### 7. Kecepatan Sabuk[10]

$$v = \frac{3,14 \times 50 \times 1400}{6000}$$

$$v = 36,63 \text{ m/s}$$

### 8. Perencanaan Poros[11]

Bahan poros yang dipilih adalah s45c dengan spesifikasi:

Kekuatan Tarik bahan : 58 kg/mm<sup>2</sup>, Faktor Keamanan sf<sub>1</sub> = 6, Faktor Keamanan sf<sub>2</sub> = 3, Faktor Cb = 2, Faktor koreksi Kt (fc) n : 1,5

### 9. Menghitung daya rencana

$$Pd = fc \times P = 1,5 \times 0,7461 \text{ kW} = 1,119 \text{ kW}$$

### 10. Menghitung torsi

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{1,119}{333}$$

$$T = 3,272 \text{ Nm}$$

### 11. Tegangan geser[12]

$$\sigma_B = 18\% \times 58$$

$$\sigma_B = 10,44$$

### Perhitungan Pisau

Dalam perhitungan pisau pencacah sampah tangkai bunga material yang digunakan adalah SKD 11 dengan dimensi 300×30×3 mm. Adapun tabel pisau pencacah tangkai bunga dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

**Tabel 1.** Spesifikasi pisau pencacah

Jenis Pisau	SKD 11 300×30×3
Material	Baja Paduan Kromiun
Kekuatan tarik	128 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Kekuatan luluh	103 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Massa jenis	2.700 kg/m <sup>3</sup>

$$V1 = p \times l \times T = 300 \times 30 \times 3 = 27.000 \text{ mm}^3 = 0,000027 \text{ m}^3$$

$$V2 = 1/2 \times p \times l \times t = 1/2 \times 300 \times 30 \times 3 = 1/2 \times 27.000 = 13.500 \text{ mm}^3 = 0.0000135 \text{ m}^3$$

$$V1 + V2 = 27.000 + 13.500 = 40.500 \text{ mm}^3 = 0.0000405 \text{ m}^3$$

$$m = \rho \times V = 2.700 \text{ kg/mm}^3 \times 0,0000405 \text{ m}^3 = 0,10935 \text{ kg}$$

Pulley 1 = 210 mm, massanya 6,7 kg

Pulley 2 = 50 mm, massanya 2 kg

Massa total tools

$$\text{Massa total} = \text{massa poros} + \text{massa pisau} + \text{pully 1} + \text{pully 2} = 13,31 + 0,785 + 6,7 + 2 = 22,795 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya Pemotongan } F = m \times g = 22,795 \times 9,81 = 223,61 \text{ N}$$

$$\text{Penentuan Daya Motor (Torsi)} = 223,61 \text{ N} \times 240 \text{ mm} = 53.666,4 \text{ kg/mm} = 53,666 \text{ kg.}$$

Kebutuhan daya: 1,179 kW

$$\text{Rencana daya motor: } Pd = 1,5 \times 1,179 = 1,7685 \text{ kW } Pd = 2,37 \text{ Hp}$$

**Tabel 2.** Sifat material baja karbon yang digunakan

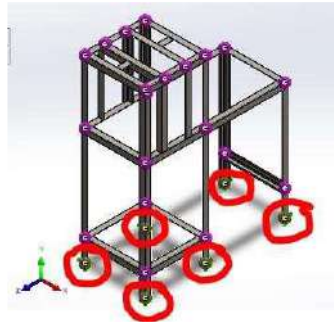
Jenis rangka	Siku 30x30x3 mm
Material	Baja Karbon
Kekuatan tarik	399,826MPa (399826000N/m <sup>2</sup> )
Kekuatan luluh	220,594 MPa(220594000N/m <sup>2</sup> )
Massa jenis	7800kg/m <sup>3</sup>
Modulus Elastisitas	210MPa (210000N/m <sup>2</sup> )

### Analisis Rangka Mesin

Perencanaan Rangka mesin dilakukan untuk memperhitungkan kekuatan rangka dalam menerima beban kerja pada mesin pencacah sampah tangkai bunga. Analisa dilakukan dengan menggunakan software

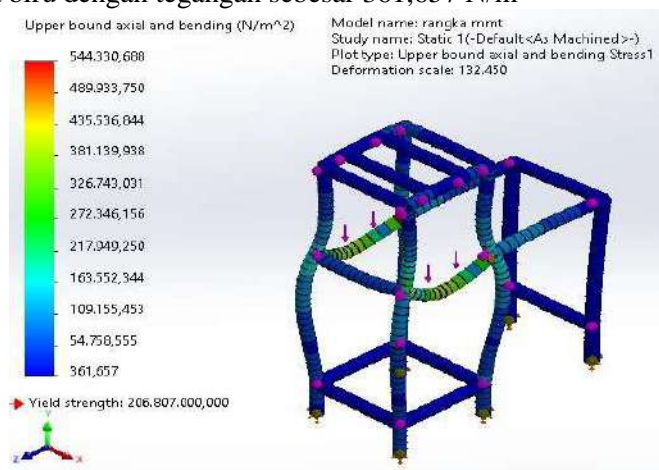
Solidworks untuk menentukan stress dan displacement yang diterima rangka. Rangka mesin tersebut dirakit dengan teknik pengelasan dan dirancang pada software solidworks dengan fitur Weldment. Material yang digunakan sebagai rangka yaitu besi siku 30x30x3mm berbahan dasar baja karbon. Adapun sifat material dari baja karbon dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini :

Fixture (Pencekaman) ditempatkan pada keenam kaki dasar rangka seperti tampak pada Gambar 3 berikut:



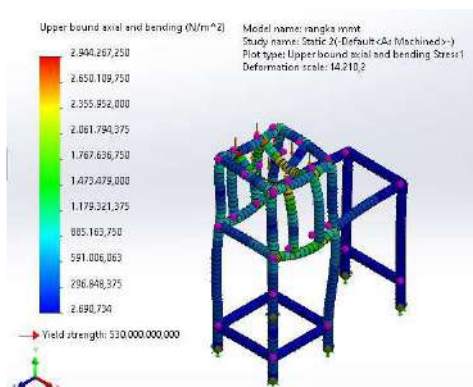
**Gambar 2.** Pembebanan fixture pada rangka mesin

Analisa pebebanan 1 ini difokuskan untuk menopang komponen seperti Poros, Dudukan Pisau, 2 bearing, Pully besar. Beban yang dikenakan sebesar 78,90 N. Terlihat pada Gambar 3 dibawah ini, bahwa tegangan terbesar yang terjadi yaitu pada area yang berwarna merah dengan tegangan sebesar 544.330,688 N/m<sup>2</sup> atau senilai 1,895 MPa dan yang terendah dengan area berwarna biru dengan tegangan sebesar 361,657 N/m<sup>2</sup>



**Gambar 3.** Hasil analisa tegangan rangka pada sisi 1

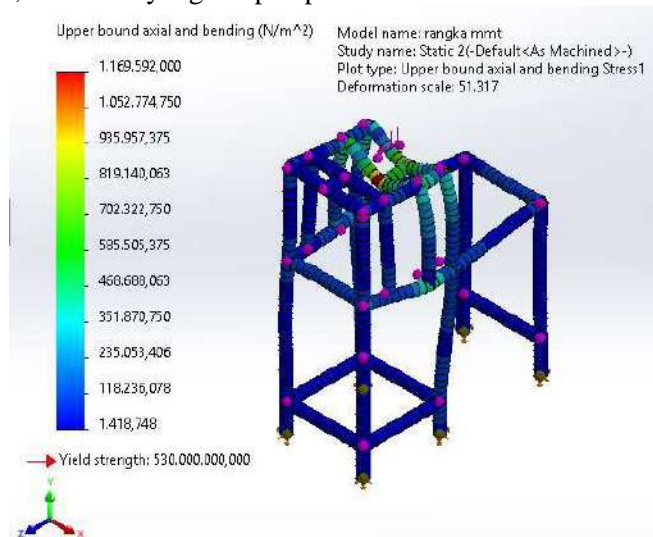
Sementara itu, hasil analisa Displacement menunjukkan bahwa Displacement terbesar yang terjadi ditunjukkan dengan area berwarna merah sebesar 0,003mm. Pada analisis yang telah dilakukan, Dapat diketahui bahwa Factor of safety distribusi minimum pada rangka yang digunakan yaitu senilai 2,8.



**Gambar 5.** Hasil analisa tegangan rangka pada sisi 2

Analisa pebebanan 2 ini difokuskan untuk menopang komponen seperti Pully kecil dan Motor AC. Beban yang dikenakan sebesar 75,5N. Terlihat bahwa tegangan terbesar yang terjadi yaitu pada area yang berwarna merah dengan tegangan sebesar 2.944.267,250 N/m<sup>2</sup> atau senilai 2,944 MPa dan yang terendah dengan area berwarna biru dengan tegangan sebesar 2.690,734 N/m<sup>2</sup>. Sementara itu, hasil analisa Displacement menunjukan bahwa Displacement terbesar yang terjadi ditunjukkan dengan area berwarna merah sebesar 0,008mm yang tampak pada Gambar 5.

Pada analisis yang telah dilakukan, Dapat diketahui bahwa Factor of safety distribusi minimum pada rangka yang digunakan yaitu senilai 1,8. Analisa pebebanan 3 ini difokuskan untuk menopang komponen seperti penjepit, dudukan penjepit dan tuas. Beban yang dikenakan sebesar 27,25 N. Terlihat tegangan terbesar yang terjadi yaitu pada area yang berwarna merah dengan tegangan sebesar 1.169.592,000 N/m<sup>2</sup> atau senilai 1,169 MPa dan yang terendah dengan area berwarna biru dengan tegangan sebesar 1.418,748 N/m<sup>2</sup> yang tampak pada Gambar 6.



Gambar 6. Analisa tegangan rangka pada sisi 3

Terlihat pada gambar 6 diatas bahwa tegangan terbesar yang terjadi yaitu pada area yang berwarna merah dengan tegangan sebesar 1.169.592,000 N/m<sup>2</sup> atau senilai 1,169 MPa dan yang terendah dengan area berwarna biru dengan tegangan sebesar 1.418,748 N/m<sup>2</sup>. Sementara itu, hasil analisa Displacement menunjukan bahwa Displacement terbesar yang terjadi ditunjukkan dengan area berwarna merah sebesar 0,002mm. Pada analisis yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa Factor of safety distribusi minimum pada rangka yang digunakan yaitu senilai 4,5

Berdasarkan hasil analisa rangka 1,2 dan 3 ini, tegangan terbesar terjadi pada sisi pembebanan rangka ini masih belum melewati batas *yield strength* dari material rangka tersebut, sehingga dapat dipastikan pembebanan pada bagian ini masih aman untuk digunakan.

#### 4. kesimpulan

Kesimpulan dari perancangan mesin pencacah sampah tangkai bunga ini diantaranya sebagai berikut :

1. Perancangan konsep menggunakan metode perancangan Ulrich-Eppinger dengan hasil uraian berupa bil of materials (BOM)
2. Perancangan detail menghasilkan komponen seperti motor listrik 1,7 kW dan sistem mekanik nya menggunakan pulley dan belt, poros nya berdiameter 30mm.
3. 3. Analisa pada rangkanya dilakukan pembebanan sebanyak 3 titik yang dimana titik 1 sebesar: 78,90N titik ke 2 sebesar: 75,5N dan titik yang ke 3 sebesar: 27,25 N.

#### 5. Referensi

- [1] D. N. Pane, M. EL Fikri, and H. M. Ritonga, "Jenis bunga" J. Chem. Inf. Model., vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699, (2018).
- [2] E. Sugawara and H. Nikaido, "Properties of AdeABC and AdeIJK effluxsystems of Acinetobacter baumannii compared with those of the AcrABTolC system of Escherichia coli," Antimicrob. Agents Chemother., vol. 22, no. 5, pp. 11-22, (2014).
- [3] I. P. S. T. Lova, W. A. Wijaya, N. L. P. V. Paramita, and A. A. R. Y. Putra, "Perbandingan Uji Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Daun, Tangkai Bunga Dan Bunga Cengkeh Bali

- (*Syzygium aromaticum* L.) Terhadap Bakteri *Propionibacterium acne* dengan metode difusi disk,” *J. Kim.*, vol. 13, no. 7, pp. 22-33, (2018).
- [4] V. Krishnan and K. T. Ulrich, “Product development decisions: A review of the literature,” *Management Science.*, vol. 51, no. 8, pp. 1–21, (2011).
- [5] Setiyono, “Perencanaan Mesin Pencacah Sampah Organik,” *J. Mek. Tek.*, vol. 6, no. 2, pp. 35–45, (2010).
- [6] M. Ali, I. Umami, and H. Sopian, “Particle Swarm Optimization (PSO) Sebagai Tuning PID,” *J. Intake J. Penelit. Ilmu Tek. dan Terapan.*, vol. 7, no. 1, pp. 10–20, (2016).
- [7] A. Waygood, “D.C. motors,” in *Electrical Science for Technicians.*, vol. 15, no. 3, pp. 301-328, (2020).
- [8] Saeful Bahri and Chairul Anwar, “Perancangan dan Prototype Automatis Mesin Single Bore dengan Motor AC 1 Fasa Berbasis Pengontrolan Pneumatik dan PLC,” *J. eLEKTUM*, vol. 14, no. 2, pp. 13–20, (2017).
- [9] W. J. Warne and D. Brooks, “The effect of circumferential taping on flexor tendon pulley failure in rock climbers,” *J. Sports Med.*, vol. 28, no. 5, pp. 674–678, (2011).
- [10] A. Chalouan et al., “The rif belt,” *Lect. Notes Earth Sci.*, vol. 116, no. 10, pp. 203–302, (2018).
- [11] Nely Toding Bunga, Hendri Sukma, Hasan Hariri, Richard, and Y. A. Sihombing, “Rancang Bangun Mesin Gerinda Copy Camshaft,” *J. ASIIMETRIK J. Ilm. Rekayasa Inov.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–25, (2019).
- [12] Gusti R. F. Syahrillah, M. Firman, and M. A. Sugeng .P, “Analisa Uji Kekerasan pada Poros Baja ST 60 dengan Media Pendingin yang Berbeda,” *J. Ilm. Tek. Mesin.*, vol. 33, no. 4, pp. 1245-1260, (2016).
- [13] C. Alloys, “Standard Test Methods of Detecting Susceptibility to Intergranular Corrosion in,” *Current*, vol. 1, no. 5, pp. 1–7, (2013).

## Proses Manufaktur Mesin Pengering Padi

Muhammad Farhan Alfarabi<sup>1</sup>, Hasan Hariri<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

\* *Corresponding author*: Farhanalfarabi16@gmail.com

**Abstrak.** Mesin pengering padi adalah mesin yang dibuat untuk menurunkan kadar air dalam padi. Dimana mesin pengering padi ini menggunakan mikrokontroler sebagai alat pengontrolnya. Cara kerja pada mesin pengering padi ini dengan mempunyai penggerak pengumpan padi yang digerakkan oleh motor servo sehingga padi dalam bak penampungan bergerak masuk ke dalam heater dalam beberapa saat untuk dilakukan pengeringan. Kemudian setelah beberapa menit motor servo bergerak kembali untuk mengeringkan bak penampungan padi yang lainnya. Perencanaan proses pembuatan dan perencanaan perakitan komponen yang dapat dibuat atau dibeli dan selanjutnya ke tahap perakitan. Untuk setiap kali proses manufaktur yang dilakukan mengacu pada SOP (Standard Operation Procedure) yang telah dibuat. Dalam pembuatan mesin pengering padi ini terdapat 16 SOP proses pengerjaan komponen yang dibuat dan proses perakitan komponen yang dijual dan dibeli dikerjakan secara parallel, estimasi waktu pengerjaan berdasarkan OPC (Operation Procedure Chart) adalah 4 Hari 1 jam 30 menit. Biaya total mesin pengering padi yaitu Rp 11.148.833

**Kata kunci**— *Mesin pengering padi, perencanaan proses pembuatan, perencanaan perakitan.*

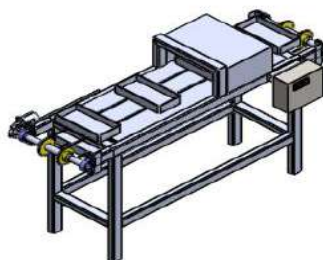
### 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi di bidang pertanian pada zaman ini mengalami kemajuan yang cukup pesat. Hal ini dapat dibuktikan dengan proses penggemburan tanah yang awalnya memanfaatkan tenaga kerbau untuk membajak sawah, sekarang sudah digantikan menggunakan mesin traktor.

Bagi masyarakat Indonesia beras merupakan bahan makanan pokok yang utama, maka dari itu dibutuhkan proses yang cepat dalam mengolah padi menjadi beras. Petani sangat kesulitan dalam memproduksi padi, dari mulai menam hingga memanen karna perubahan iklim dan cuaca. Metode konvensional yang dilakukan para petani yaitu menjemur padi pada sinar matahari, dari metode konvensional ini memiliki beberapa kekurangan di antaranya memerlukan lahan yang luas dan sumber tenaga pekerja yang banyak untuk menghamparkan padi di lahan lapangan, serta membolak-balikan padi untuk pengeringan yang merata. Dalam cuaca mendung pengeringan padi hanya dapat lebih 14% kadar air sehingga daya penyimpanan beras tidak dapat disimpan lama.

Perancangan mesin pengering padi menggunakan sistem konveyor dengan pengeringan secara elektrik, dimana temperatur serta kelembabannya dapat dikontrol secara otomatis, serta berkemampuan untuk mengeringkan padi dengan cepat dan tanpa memerlukan lahan yang luas.

Pada umumnya pengeringan padi adalah suatu proses untuk mengurangi kadar air dalam padi setelah dipanen yaitu sekitar 20% - 26% menjadi 14% secara biologis padi masih bisa hidup dan melakukan respirasi untuk menghasilkan uap air, gas karbon dioksida, serta kalor berupa panas yang timbul akibat tumpukan padi, hal ini dapat menimbulkan warna kuning pada beras. Oleh karna itu pasca panen padi perlu dikeringkan dahulu sebelum diolah menjadi beras. Maka dari masalah tersebut mesin pengering padi konveyor menggunakan mikrokontroler dapat digunakan untuk mengatasi kekurangan cara dan alat pengering padi yang ada. Mesin pengering padi konveyor menggunakan mikrokontroler memiliki keunggulan diantaranya adalah konstruksi sederhana, temperatur dan kadar air yang merata, dan menggunakan pemanas listrik, diharapkan penelitian ini dapat mempermudah perancang mesin pengering padi dalam merealisasikan proses manufaktur mesin pengering padi menggunakan mikrokontroler



Gambar 1. Mesin Pengering Padi Hasil rancangan



## 2. METODE PENELITIAN

### Review Design

Review desain merupakan sebagai penentu bisa atau tidak bisa desain tersebut sebelum dilakukan proses manufaktur. Desain tersebut berdasarkan spesifikasi, perhitungan, serta analisis yang telah dilakukan dan dibuat oleh perancang.

### Identifikasi Kebutuhan

Dalam proses pembuatan komponen mesin pengering padi terdapat kebutuhan yang digunakan untuk proses manufaktur seperti :

Mempersiapkan material yang akan di gunakan: Besi hollow  $40 \times 40 \times 2$  [mm], Besi siku  $40 \times 40 \times 2$  [mm], Plat tebal 2 mm Besi poros pejal diameter  $40 \times 860$  [mm]

Alat alat yang digunakan untuk proses Manufaktur: Mesin potong, Mesin las SMAW, Mesin drill, Mesin bubut

### Perencanaan Proses Pembuatan

Pada perencanaan proses pembuatan mesin pengering padi terdapat beberapa perhitungan dalam proses manufaktur yang dikerjakan mengacu pada OPC dan SOP yang terdapat pada lampiran. Operations Process Chart (OPC) adalah peta kerja yang mencoba menggambarkan urutan kerja dengan cara membagi pekerjaan tersebut menjadi elemen – elemen sistematis dalam serangkaian proses manufaktur diperlukannya OPC (Operation Process Chart) untuk menggambarkan langkah – langkah proses yang dilalui oleh setiap part, urutan – urutan proses dan pemeriksaan. OPC dibuat sebagaimana mestinya untuk meminimalisir kesalahan dalam proses manufaktur komponen dan menghasilkan produk semaksimal mungkin. Berikut adalah gambar OPC mesin pengering padi untuk lebih jelasnya terdapat dalam lampiran.

### Rangka

Rangka pada mesin pengering padi yang berfungsi sebagai penopang. Dalam Pembuatan rangka dibutuhkan Alat dan Bahan sebagai berikut: Besi Hollow  $40 \times 40 \times 2$  mm, Mesin las SMAW, Mesin Gerindra Potong, Mesin Drilling, Alat ukur meteran, jangka sorong, penitik, penggores dan Spidol.

### Pengumpan Padi

Pengumpan padi berfungsi untuk menyalurkan padi masuk ke heater, terdapat beberapa komponen yaitu: Penyangga poros, Bracket motor servo, Poros besi roll. Dalam pembuatan pengumpan padi dibutuhkan Alat dan Bahan sebagai berikut :

Besi Hollow  $40 \times 20 \times 2$  mm, Plat besi tebal 5 mm, Poros  $\varnothing 40 \times 1000$  mm, Mesin las SMAW, Mesin Gerindra Potong, Mesin Drilling, Cutting Torch Oxy-Acetylene, Alat ukur meteran, jangka sorong, penitik, penggores dan Spidol

### Cover Heater

Cover heater berfungsi untuk menutup heater, pada cover heater mempunyai beberapa komponen yaitu: Kaki cover heater, Cover heater, Tiang cover heater, Dalam pembuatan heater dibutuhkan Alat dan Bahan sebagai berikut: Besi siku  $40 \times 40 \times 2$  mm, Plat strip tebal 1 mm, Mesin las SMAW, Mesin Gerindra Potong, Mesin Drilling, Alat penekuk plat strip, Alat ukur meteran, jangka sorong, penitik, penggores dan Spidol

### Penampung Padi

Penampung padi berfungsi sebagai wadah tamping maksimal untuk dilakukan proses pemanasan. Dalam pembuatan penampung padi dibutuhkan Alat dan Bahan sebagai berikut:

1. Plat tebal 2 mm
2. Mesin las SMAW
3. Mesin Gerindra Potong
4. Alat penekuk plat
5. Alat ukur meteran, jangka sorong, penitik, penggores dan spidol

### Proses Praktikan komponen

Perakitan komponen Rangka

Pemasangan komponen pengumpan padi pada rangka

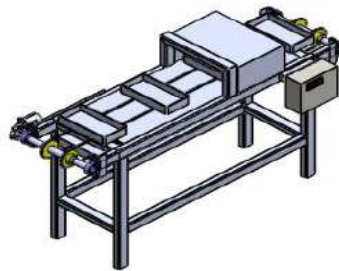
Pemasangan komponen cover heater pada rangka

Pemasangan komponen penampung padi ke rangka.

Instalasi PLC pada mesin pengering padi

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Review Design



Gambar 2. Mesin Pengering Padi

Berdasarkan spesifikasi, perhitungan, dan analisis yang dilakukan oleh perancang maka desain mesin pengering padi ini dapat dibuat. Mesin pengering padi dengan kapasitas padi 18 kg padi/jam ini dibagi menjadi beberapa bagian untuk mempermudah proses pembuatan dan perakitan komponen yaitu :

1. Rangka
2. Pengumpan Padi
3. Cover Heater
4. Penampung Padi

#### **Perencanaan Proses dan Perhitungan Pembuatan Komponen**

Perencanaan proses dan perhitungan pembuatan komponen yaitu berisi proses permesinan yang dikerjakan pada komponen mesin pengering padi yang dapat dibuat. Dan perhitungan yang untuk menentukan parameter permesinan dari proses permesinan tersebut

##### **Rangka**

1. Proses pemotongan

Besi hollow ukuran  $40 \times 40 \times 2$  [mm], dipotong sesuai desain, dan didapatkan parameter permesinan yaitu :

Gaya potong yang dibutuhkan oleh disk potong (cutter) pada mesin gerinda adalah 6336 N.

Membutuhkan putaran mesin 3227 rpm untuk memotong besi hollow.

Proses drilling

Besi hollow di lubangi dengan proses drilling dengan  $\varnothing 10$  pada :

2 buah besi hollow panjang 1600 mm jumlah 8 lubang, dengan 1 buah besi hollow terdapat 4 lubang.

4 buah besi hollow panjang 720 mm jumlah 24 lubang, dengan 1 buah besi hollow terdapat 6 lubang.

2 buah besi hollow panjang 1140 mm jumlah 8 lubang, dengan 1 buah besi hollow terdapat 4 lubang.

Dan didapat waktu permesinan untuk membuat 1 buah lubang yaitu = 0,057 menit atau  $0,057 \times 60$  detik = 3,42 detik/lubang.

Proses pengelasan

Daya yang dibutuhkan pengelasan rangka adalah 13200 watt.

##### **Pengumpan Padi**

1. Proses pemotongan

Besi hollow ukuran  $40 \times 40 \times 2$  mm, dipotong sesuai desain, dan didapatkan parameter permesinan yaitu:

Gaya potong yang dibutuhkan oleh disk potong (cutter) pada mesin gerinda adalah 2816 N.

Dibutuhkan putaran mesin 3227 rpm untuk memotong besi hollow.

Proses drilling

Besi hollow di lubangi dengan proses drilling dengan  $\varnothing 35$  pada :

- 4 buah besi siku panjang 100 mm jumlah 16 lubang, dengan 1 buah besi siku terdapat 4 lubang.

Dan didapat waktu permesinan untuk membuat 1 buah lubang yaitu = 1,1 menit atau  $1,1 \times 60$  detik = 66 detik/lubang.

##### **Proses bubut**

Besi poros pejal di bubut dengan proses bubut dari  $\varnothing 38$  menjadi  $\varnothing 32$ , Dan didapat waktu permesinan untuk memproses pengurangan diameter yaitu = 223 menit.

##### **Proses Pengelasan**

Daya yang dibutuhkan pengelasan rangka adalah 13200 watt

## Cover Heater

### 1. Proses pemotongan

Besi siku ukuran  $40 \times 40 \times 2$  mm dan plat strip tebal 2 mm dengan ukuran  $850 \times 390$  mm, dipotong sesuai desain, dan didapatkan parameter permesinan yaitu:

- Gaya potong yang dibutuhkan oleh disk potong (cutter) pada mesin gerinda adalah 1408 N.
- Dibutuhkan putaran mesin 3227 rpm untuk memotong besi hollow.

### 2. Proses drilling

- Besi siku di lubangi dengan proses drilling dengan  $\varnothing 10$  pada 4 buah besi siku panjang 100 mm jumlah 16 lubang, dengan 1 buah besi siku terdapat 4 lubang. Dan didapat waktu permesinan untuk membuat 1 buah lubang yaitu = 0,057 menit atau  $0,057 \times 60$  detik = 3,42 detik/lubang.
- Besi plat strip di lubangi dengan proses drilling dengan  $\varnothing 10$  pada 2 buah besi plat strip jumlah 16 lubang, dengan 1 buah besi siku terdapat 8 lubang. Dan didapat waktu permesinan untuk membuat 1 buah lubang, yaitu = 0,032 menit atau  $0,032 \times 60$  detik = 1,92 detik/lubang.

### 3. Proses bending

Plat strip di bending menggunakan alat tekuk dari material  $850 \times 390$  mm, di potong bagian sudutnya berbentuk persegi  $35 \times 35$  mm, kemudian dibending menjadi dimensi  $350 \times 350$  mm.

### 4. Proses pengelasan

Daya yang dibutuhkan pengelasan rangka adalah 13200 watt

## Penampung Padi

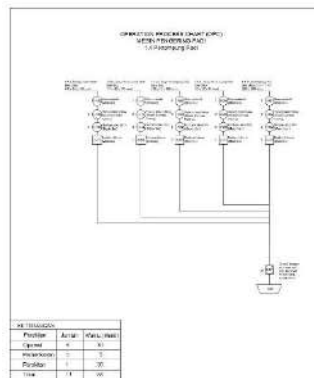
1. Proses pemotongan Besi hollow ukuran  $40 \times 20 \times 2$  mm, dipotong sesuai desain, dan didapatkan parameter permesinan yaitu :

- Gaya potong yang dibutuhkan oleh disk potong(cutter) pada mesin gerinda adalah 2816 N.
- Dibutuhkan putaran mesin 3227 rpm untuk memotong besi hollow.

2. Proses drilling Besi hollow di lubangi dengan proses drilling dengan  $\varnothing 32$  pada :

- 2 buah besi hollow panjang 150 mm jumlah 8 lubang, dengan 1 buah besi hollow terdapat 4 lubang. Dan didapat waktu permesinan untuk membuat 1

## Waktu Perakitan Mesin



Gambar 3. OPC Perakitan Mesin

## Pengering Padi

Di asumsikan waktu untuk pembelian komponen mesin Pengering Padi adalah 4 hari kerja. Karena tidak semua komponen yang dibutuhkan pada mesin pengering padi langsung tersedia di pasaran, harus mememesannya dan diproses dari jauh jauh hari. Dan waktu untuk running test mesin setelah semua komponen di rakit selama 7 hari.

Dalam siklus waktu kerja adalah 1 hari adalah 8 jam, 1 minggu adalah 5 hari, dan untuk 1 bulan adalah 20 hari kerja.

- Waktu pembelian komponen mesin : T Pembelian Komponen = 4 hari
- Waktu running test mesin : T tes mesin = 7 hari
- Waktu perakitan berdasarkan OPC : T perakitan OPC = 2.003 menit = 4 hari 1 jam 30 menit
- Waktu total untuk pembuatan 1 unit mesin pengering padi :

T Pembelian Komponen + T tes mesin + T perakitan OPC = T Total

4 Hari + 7 Hari + 4 Hari 1 Jam 30 Menit = 15 Hari 1 Jam 30 Menit

Maka, dibutuhkan waktu untuk pembelian, perakitan komponen, dan running test pada mesin pengering padi adalah 15 hari 1 jam 30 menit.

#### Anggaran Biaya

Anggaran biaya total yang dibutuhkan untuk membuat 1 unit mesin pengering padi total biaya produksi yang dibutuhkan adalah Rp. 11.148.833.

#### 4. KESIMPULAN

Proses permesinan yang dilakukan untuk membuat mesin pengering padi yaitu proses pemotongan (cutting), pelubangan (drilling), pengelasan (welding), bubut (turning). Pada mesin pengering padi terdapat komponen utama yang di buat yaitu rangka, pengumpan padi, cover heater, penampung padi. Waktu perakitan untuk 1 unit mesin pengering padi dibutuhkan waktu untuk pembelian, perakitan komponen, dan running test adalah 15 hari 1 jam 30 menit. Pembelian komponen mesin pengering padi sebesar Rp 8.698.833. Biaya proses manufaktur sebesar Rp 2.450.000 dan di tambah biaya resiko Rp 1.000.000 sehingga biaya total yang dibutuhkan untuk membuat mesin pengering padi adalah Rp. 11.148.833. Diharapkan untuk perancang mesin agar lebih matang dan memfikirkan cara untuk pembuatan komponennya, karena pada saat proses pengerjaan manufakturnya sedikit kesulitan untuk memahami gambar yang sudah dibuat sebelumnya sehingga menghambat waktu dalam pengerjaannya.

#### 5. REFERENSI

- [1] Suhartatik. 2009. "Badan ketahanan pangan dan penyuluhan pertanian Aceh Bekerja Sama Dengan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian NAD". Aceh
- [2] Maulana, Febryan. 2017. "Perancangan Jig Md Cutting Sebagai Pengganti Proses Pemotongan Manual Pada Md Konektor Design of Md Cutting Jig As Replacement for the Process of Cutting Manual Md Connector". *Majalah Pengkajian Industri*, Volume 11, No. 1, (11 – 22).
- [3] Budi Santoso, Trinova, dan Solichin, Prihanto Trihutomo, 2015. "Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las Smaw Dengan Elektroda E7016". *Jurnal Tek. Mesin*, Volume 23, No. 1, (56–64).
- [4] Nur, Muhammad, Awal Syahrani, dan Naharuddin, 2018. "Analisis Kekuatan Tarik, Kekerasan, Dan Struktur Mikro Pada Pengelasan Smaw Stainless Steel 312 Dengan Variasi Arus Listrik". *Jurnal Mekanikal*, vol. 9, No. 1, (814–822).
- [5] Riyadi, Slamet, dan Agus Eko, 2018. "Analisis Pengujian Pengukuran Ketelitian Mesin Drilling (Bor) Smk Swasta Di Kabupaten Ciamis". *Jurnal Media Teknologi*, Vol. 04, No. 02, (16-24).
- [6] Sumpena, A. 2014. "Diktat Teknik Mesin Perkakas". Depok: Politeknik Negeri Jakarta.
- [7] Purnama, Dian. 2013. "Perakitan Mesin Penggiling Daging". *J. Tek. Mesin*, Volume 01, No. 01, (11-18).
- [8] Riyadi, Slamet, dan Agus Eko, 2018. "Analisis Pengujian Pengukuran Ketelitian Mesin Drilling (Bor) Smk Swasta Di Kabupaten Ciamis". *Jurnal Media Teknologi*, Vol. 04, No. 02, (16-24).
- [9] Martusa, Riki. 2010. "Evaluasi Biaya Standar Dalam Pengendalian Biaya Produksi (Studi Kasus Pada PT. PG. Rajawali, Subang)". *Jurnal Bisnis, Manajemen dan Ekonomi*, Volume 9, No.11, (27-32)
- [10] Ade Nasa, Lim. 2012. "Penerapan Biaya Standar Terhadap Pengendalian Biaya Produksi: Studi Kasus Pada C.V Sejahtera Bandung". *Akurat Jurnal Ilmiah Akuntansi*, Volume 1. No. 07, (10-15).

# Perancangan Mesin Pres Pupuk Organik Dengan Kapasitas 50 Kg Per Jam

Eka Maulana<sup>1</sup>, Eddy Djatmiko<sup>1</sup>, Irsyal Ismail<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

\* *Corresponding author*: ekamaulana@yahoo.com

**Abstrak.** Penelitian tentang pemanfaatan dari limbah ternak hewan yang memiliki manfaat sebagai pupuk organik yang digunakan sebagai perkebunan, media tanaman, pertanian dan lain – lain, namun proses pengeringan yang cukup lama. Perencanaan tahapan dalam perancangan mesin *press* pupuk organik kapasitas 50 kg per jam dengan bahan baku limbah hewan ternak metode penelitian dengan metode perancangan Pahl & Beitz dan menentukan desain untuk perancangan mesin *press* limbah kotoran sapi dengan menggunakan *software solidworks* untuk perencanaan komponen - komponen utama dalam perancangan mesin *press* dari konsep 3 varian yang dipilih yang disesuaikan dengan demish & wishes dengan penilaian dari 3 varian dan diklasifikasikan dengan menjadi 1 varian utama yang dikembangkan dengan 0,1934 nilai tertinggi. Maka didapatkan konsep utama untuk perancangan mesin *press* pupuk organik, untuk membuktikan kekuatan melakukan analisis simulasi rangka dengan *software solidworks* dengan menggunakan material AISI 1045 didapatkan *safety factor* yaitu 6,6 hasil *safety factor* yang terbilang aman dalam penerapannya, yang terbilang tidak aman yaitu 0-1..

**Kata kunci**— *screw press, metode Pahl & Beitz, solidwork, faktor keamanan*

## 1. Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai Negara agraris karena sebagian besar penduduk Indonesia pencahariannya di bidang pertanian dan perkebunan, proses pertanian dan perkebunan memerlukan pupuk organik berfungsi merawat atau menjaga tingkat kesuburan tanah, ketika keadaan tanah berlebihan pemupukan oleh pupuk anorganik atau kimia didalam tanah.

Pupuk organik yaitu limbah kandang sapi yang terdiri dari kotoran, urine dan sisa pakan ternak yang dibersihkan setiap hari bertujuan agar terhindar dari virus atau bakteri berbahaya yang menyebabkan penyakit terhadap hewan yang ditenakan, limbah di saluran atau dibuang ke titik penampungan limbah untuk dikeringkan berhari – hari tanpa perlakuan khusus untuk digunakan menjadi pupuk organik pertanian dan perkebunan.

Limbah kandang ternak sapi menjadi masalah utama lingkungan sekitar kandang ternak sapi seperti pencemaran udara, air dan tanah, Peternakan sapi menghasilkan limbah yang meliputi semua kotoran berupa limbah padat, cair, gas ataupun sisa pakan. [1] Jumlah kotoran untuk satu ekor sapi dalam sehari berupa kotoran limbah kering (sisa pakan yang tidak terurai) sapi sebanyak 5,5 kg dan dalam sebulan akan menghasilkan 165 kg merupakan yang dihasilkan oleh peternakan sapi[2].

Maka dibutuhkan solusi alternatif tentang pengolahan limbah kotoran sapi menjadi bermanfaat dan ramah lingkungan. Kurangnya pemahaman dan teknologi di bidang mesin tentang pemanfaatan limbah kandang sapi agar untuk dijadikan pupuk organik padat dan cair oleh para peternak untuk dijadikan penambahan pendapatan oleh para peternak. Perlunya perancangan mesin tentang pengolahan limbah kandang sapi untuk menjadi pupuk cair dan padat.

Perancangan mesin yang dibutuhkan dari permasalahan yaitu mesin *press* untuk memisahkan menjadi pupuk organik cair dan padat, Perancangan mesin *press* ini ditargetkan untuk para peternak sapi skala rumah dengan kapasitas 50 kg per jam. Keuntungan para peternak rumahan mendapatkan pupuk organik cair dan padat, menjadikan lingkungan tercemarnya oleh limbah kandang sapi.

Dengan penjual mesin *press* pupuk organik kapasitas 50 kg per jam bisa melalui KUD (koperasi unit desa) pembayaran dapat diangsur oleh para peternak, hasil *output* mesin *press* menghasilkan pupuk organik cair dan padat dapat dijual ke KUD (koperasi unit desa), langsung ke petani dan ke penjual pupuk tanaman.

Pemanfaatan pupuk organik perlu penjelasan dengan seiringnya waktu dengan memberikan dan memberikan pemahaman kepada petani terhadap pentingnya pupuk organik dalam kelangsungan usaha petaninya, pupuk organik memiliki beragam manfaat bagi peningkatan produksi pertanian dan tanaman baik kualitas maupun kuantitas, menurunkan pencemaran lingkungan, dan menambah kualitas lahan.[3]. Proses pengolahan limbah hewan ternak mendapatkan 2 jenis pupuk yaitu pupuk cair dan

pupuk padat dari kandang, pupuk padat yaitu berupa kotoran ternak yang berupa padatan dan sedangkan pupuk cair yaitu yang telah diproses kotoran dengan urine melalui mesin *press* hingga mendapatkan pupuk cair.[2]

Perancangan alat mesin *press* pupuk organik yang di berfungsi sebagai pengering dari limbah yang masuk kedalam mesin sehingga dipisahkan menjadi 2 jenis pupuk yaitu pupuk cair dan pupuk padat. Pupuk organik mempunyai kandungan unsur hara nitrogen yang tinggi, unsur hara yang terkandung di dalam pupuk kandang tersebut dapat dengan cepat dimanfaatkan oleh tanaman dalam pertumbuhan dan perkembangannya pengusaha ternak sapi dapat meminimalisir pencemaran lingkungan terhadap lingkungan di sekitar kandang yang memiliki lahan yang minim. [2]

### Mesin Press Pupuk Organik

Mesin *press* adalah sebuah gabungan rangkaian part yang menghasilkan gerakan dan gaya putar pada prinsip kerjanya, dimana mesin *press* bertujuan untuk mengeringkan bahan baku yang masuk melalui proses *input* yang akan ikut berputar. Pengepresan bertujuan untuk sebagai pengering pada saat bahan baku masuk yang menggunakan putaran sentrifugal yang memutarakan bahan baku untuk memisahkan menjadi dua jenis yaitu padat dan cair.

### Mesin Screw Press

Mesin pres dengan sistem *screw press* adalah pengepresan dengan menggunakan sistem pres menggunakan poros yang di lilitkan plat hingga membentuk *screw* atau ulir pada poros, dengan cara kerjanya *screw* berputar dengan *motor AC (Alternating Current)* diteruskan dengan *pulley* hingga poros *screw* bergerak berputar secara sentrifugal hingga terjadinya penggerak press pada bahan baku.

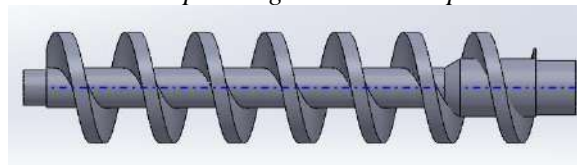
Keuntungan mesin screw press :

1. Dapat bekerja secara kontinyu sesuai waktu inginkan.
2. Mampu dengan kapasitas tinggi.
3. Efisiensi dalam hasil press.
4. Memiliki operator yang sedikit.

Kerugian mesin screw press :

1. Perhitungan tekanan press yang harus diperhitungkan dalam menentukan hasil akhir.
2. Pemakaian perlunya di batas dengan pengecekan pelumas dan suhu motor ac.
3. Pembersihan dalam saringan dalam di pemisahan padat dan cair.

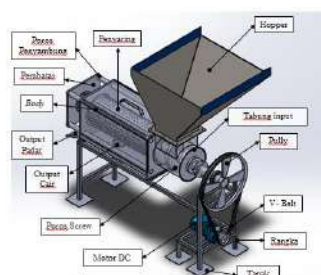
Perancangan mesin *press* untuk memaksimalkan hasil dari dalam pemanfaatan limbah kandang sapi, maka mesin *press* menggunakan metode *pressing* model *screw press*.



Gambar 1. Poros Press Screw

Fungsi dari *screw press* adalah memeras limbah kandang sapi yang bercampur seperti kotoran, sisa pangan dan air pembersihan kotoran yang menjadi satu, masuk ke *screw* yang berputar secara sentrifugal dengan *screw* memiliki dinding plat besi lubang – lubang yang tujuan untuk memisahkan cair dan padat. Poros *screw* dibuat dari lembaran baja dipilin mengelilingi suatu sumbu yang membentuk sekrup disebut *flight*. *Flight* plat berpilin mengelilingi suatu poros. Hingga membentuk suatu *screw*, *flight-flight* ini disatukan dengan cara dilas tepat pada setiap sisi poros, bertujuan poros *screw* bergerak menghantarkan campuran limbah hewan ternak yang akan membagi menjadi cair dan padat[4].

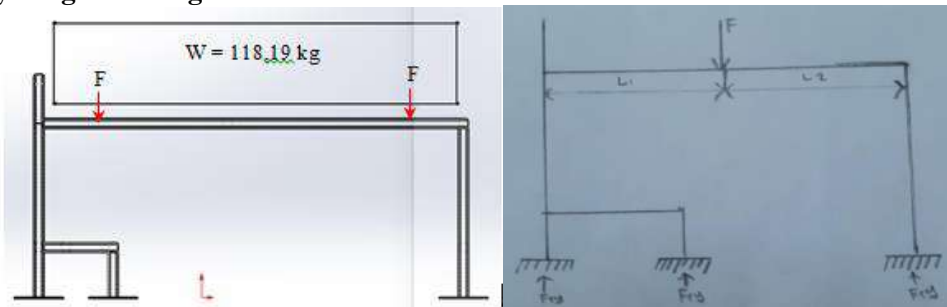
## 2. Hasil Perancangan



Gambar 2. Hasil Desain

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

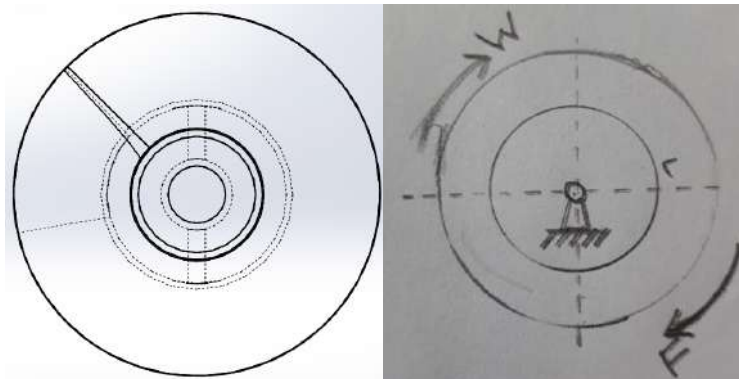
#### Free Body Diagram Rangka



Gambar 3. Front View dan Free Body Diagram

Gambar 4 *front view* rangka untuk mesin *screw press* pupuk organik dengan kapasitas 50 kg/jam, disimulasikan pada diagram body bebas ditunjukkan pada gambar 5 *free body diagram* mesin *screw press* merupakan idealisasi bentuk. Beban berada di posisi diatas rangka dengan nilai sebagai berikut:  
 $F = m \times g = 118,81 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 1165,52 \text{ N}$

#### Free Body Diagram Poros Screw



Gambar 4. *Front View*

Pada gambar 6. *right view* menunjukkan *screw press* yang bekerja untuk mengepres limbah kotoran sapi menjadi pupuk organik, material yang digunakan untuk poros *screw* AISI 1045 plat strip yang dipilin membentuk ulir sedangkan gambar 7. *free body diagram screw press* merupakan model idealisasi bentuk. Beban berada pada gaya *sentrifugal* dan berat *screw* yang ditentukan sebagai berikut [6] :

$$F_{\text{sentrifugal}} = m \times w^2 \times r_{\text{mean}} = 49,02 \text{ kg} \times (15 \text{ rpm})^2 \times 0,102 \text{ m} = 1,125,01 \text{ N}$$

$$W_{\text{screw}} = m \times g = 49,02 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 480,88 \text{ N}$$

Setelah penghitungan diatas maka selanjutnya, gaya diperuntukan pembebanan merata diperoleh dengan persamaan [7] :

$$W = \frac{W_{\text{total}}}{\text{panjang poros}} = \frac{W_{\text{screw}} + W_{\text{sentrifugal}}}{\text{panjang poros}} = \frac{1,125,01 \text{ N} + 480,88 \text{ N}}{1,65 \text{ m}} = 973,26 \text{ N/m}$$

#### Parameter Perancangan

##### Screw Press

Perhitungan tersebut mengenai *screw press* dalam perancangan perhitungannya. Maka perhitungan didasari oleh dasar yang didapatkan dengan cara sebagai berikut, Data – data untuk perhitungan dimensi *screw press* :

Diketahui, sebagai berikut :

Kapasitas pengolahan rancangan (Qp) = 50 kg/jam (110 lb/jam)

Berat jenis pupuk organik ( $\rho$ ) = 500 kg/m<sup>3</sup> (0,500 gr/cc)

Putaran *screw*, n diasumsikan = 15 rpm

Volume pupuk organik rencana, Vp:

$$Vp = \frac{Qp}{\rho} = \frac{50}{500} = 0,1 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Maka didapatkan perhitungan volume pupuk organik rencana = 0,1 m<sup>3</sup>/jam.

**Perhitungan diameter screw,  $D_s$ .**

$$D_s = \sqrt{\frac{Qp}{2,3 \times \rho \times n}} = \sqrt{\frac{110}{2,3 \times 0,500 \times 15}} = 2,5 \text{ in } (6,35 \text{ cm})$$

Maka didapatkan perhitungan untuk diameter screw = 2,5 in ( 6,35 cm ).

**Perhitungan tinggi screw.  $hf$ . [5]**

$$hf = \frac{Qp}{2,3 \times D_s^2 \times \rho \times n} = \frac{110}{2,3 \times 2,5^2 \times 0,500 \times 15} = 1 \text{ in } (2,54 \text{ cm})$$

Maka didapatkan perhitungan untuk diameter screw = 1 in ( 2,54 cm ).

**Diameter poros screw.  $D_{ps}$  .[5]**

$$D_{ps} = D_s - hf = 2,5 - 1 = 1,5 \text{ in } (3,81 \text{ cm})$$

Maka didapat perhitungan untuk diameter poros screw = 1,5 in ( 3,81 cm ).

**Diameter nominal screw,  $D_n$ . [5]**

$$D_n = \frac{D_s \times d_p}{2} = \frac{2,5 \times 1}{2} = 1,25 \text{ in } (3,175 \text{ cm})$$

Maka perhitungan untuk diameter nominal screw = 1,5 in ( 3,81 cm ).

**Lebar angka screw,  $D_n$ . [5]**

$$fd \text{ max} = 0,2 \times D_n = 0,2 \times 3,8 = 0,7 \text{ cm}$$

Maka didapatkan perhitungan untuk Lebar angka screw = 0,7 cm.

**Jarak antara screw,  $P$ . [5]**

$$P = \frac{h}{0,5} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ in } (5,08 \text{ cm})$$

Maka didapatkan perhitungan untuk Jarak antara screw = 2 in ( 5,08 cm ).

**Panjang pengangkatan screw,  $FL = L$ . [5]**

$$FL = hf \times D = 2,5 \times 10 = 25 \text{ in } (63,5 \text{ cm})$$

Maka perhitungan panjang pengangkatan screw = 25 in ( 63,5 cm ).

**Jumlah screw.  $n$ . [5]**

$$n = L : P = 63,5 : 5,08 = 13 \text{ ulir}$$

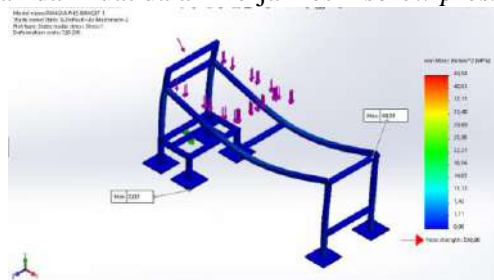
Maka didapatkan perhitungan untuk jumlah screw = 13 ulir.

**Analisis Simulasi Rangka**

Rangka struktur mesin *screw press* pupuk organik dilakukan analisis bebannya agar dapat mengetahui tentang kekuatan untuk menopang komponen mesin *screw press* pupuk organik, analisis simulasi rangka menggunakan komputer dengan *software solidwork* untuk mengetahui nilai *von misses*, *stress*, *displacement*, dan *static strain* pada rangka dengan mensimulasikan dengan menggunakan material yang disesuaikan dan dilakukan pembebanan dengan tujuan mengetahui *safety factor*. Sebagai berikut :

**Analisis Stress Pada Beban Statis**

Analisis distribusi tegangan beban statis dilakukan terhadap mesin *screw press* dalam perancangan yang menggunakan *von misses stress*. Untuk mengetahui sebuah kekuatan rangka pada beban statis yang bertujuan mengetahui aman dan kuat dalam kerja mesin *screw press* untuk digunakan.



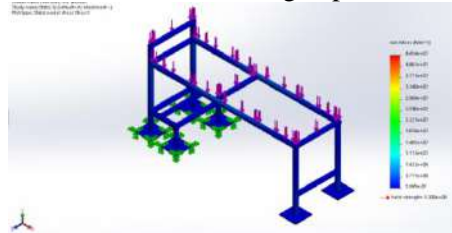
Gambar 5. Simulation



Maka didapatkan hasil maximum dengan 44,54 MPa, sedangkan tegangan minimum yaitu 0 MPa dengan *yield strength* 530,00 MPa.

### Analisis Stress Pada Beban Statis

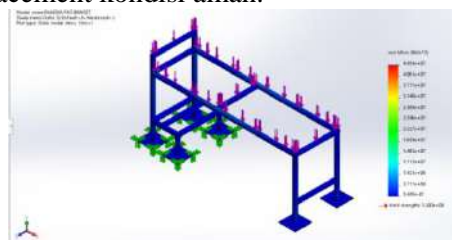
Analisis strain merupakan simulasi yang Berdasarkan gambar 4.63, terdapat memiliki hasil nilai minimal *static strain* pada rangka mesin *screw press* yaitu di  $5.695 \times 10^{-7}$  dan nilai maksimal sebesar  $4.454 + 10^7$  dan dari hasil maksimal dan minimal rangka pada analisis *strain* dalam kondisi aman.



Gambar 6 Strain

### Analisis Displacement pada beban statis

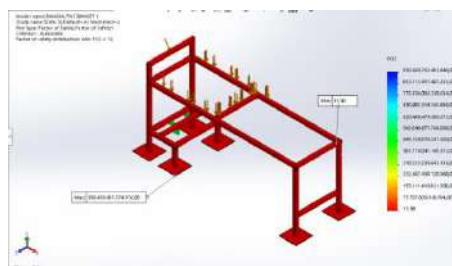
Analisis *Displacement* pada beban statis yang menggunakan *software solidworks* yang guna analisis pada rangka mesin *screw press* untuk pupuk organik. Hasil yang dapat disesuaikan dengan gambar 4.64 hasil maksimal  $3340 \times 10^7$  dan terdapat hasil akhir minimum yaitu  $1856 \times 10^7$  Dalam analisis terjadinya perlakuan *displacement* dengan yang ditunjukkan berwarna biru, hijau dan kuning yaitu menyatakan bahwa *displacement* kondisi aman.



Gambar 7. Dispalement

### Analisis factor of safety

Berdasarkan Analisis safety factor atau faktor keamanan dengan tegangan beban statis pada mesin press screw untuk pupuk organik. Analisis pada safety factor dalam perlakuan pembebanan oleh rangka dengan ditandakan oleh anak panah yang berwarna merah . maka didapatkan hasil angka keamanan atau safety distribution adalah Min Fos = 6,6 yang masih terbilang aman, dikarenakan ketidak amanan di angka 0 – 1.



Gambar 8. Safety Factor

### Biaya Perancangan

Perancangan mesin press pupuk organik terdiri dari sparepart yang digabungkan menjadi kesatuan menjadi bentuk mesin. perancangan biaya komponen yang dibutuhkan harga untuk biaya komponen dan biaya produksi. Total biaya komponen: Rp. 8,428,000, Manufaktur: Rp. 776,000. Pada tabel merincikan anggaran biaya dalam pembuatan alat mesin press pupuk organik dengan kapasitas 50 kg per jam, Terdapat biaya total oleh komponen dan produksi yakni: Rp. 9,204,000

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penulisan perancangan mesin press pupuk organik dengan kapasitas 50 kg per jam, Didapatkan kesimpulan dari penulis yaitu:

- a. Perancangan mesin menggunakan metode pahl & Beitz

- b. Mengembangkan varian terpilih menjadi desain dan menganalisis menggunakan software solidworks didapatkan safety factor yaitu 6,6 yang terbilang aman.
- c. Dalam perhitungan maka diketahui putaran mesin press yaitu 15 rpm
- d. Setelah melakukan perancangan untuk mesin press pupuk organik dengan kapasitas 50 kg per jam diperhitungkan anggaran biaya komponen dan manufaktur yang digabungkan secara langsung dibutuhkan adalah Rp. 9.204.000

## 5. Referensi

- [1] B. Rahadi, A. D. S. Aji, and R. Hidayat, "Penerapan Teknologi Biogas Dalam Mereduksi Pencemaran Limbah Kotoran Sapi Dengan Konsep Infilter (Integrasi Food, Feed, Fuel, And Fertilizer) Di Desa Garung Kabupaten Lamongan.," *J. Sumberd. Alam dan Lingkung.*, vol. 5, no. 2, pp. 18–27, 2018, doi: 10.21776/ub.jsal.2018.005.02.3.
- [2] R. Prasetyo, "Pemanfaatan Berbagai Sumber Pupuk Kandang sebagai Sumber N dalam Budidaya Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) di Tanah Berpasir," *Planta Trop. J. Agro Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 125–132, 2014, doi: 10.18196/pt.2014.032.125-132.
- [3] B. P. Tanah, J. Tentara, P. No, and B. Email, "Peranan Pupuk Organik dalam Peningkatan Produktivitas Tanah dan Tanaman," *J. Sumberd. Lahan*, vol. 9, no. 2, pp. 107–120, 2015, doi: 10.2018/jsdl.v9i2.6600.
- [4] R. Setiawan, "Rancang Bangun Mesin Pengepres Sampah Rumah Tangga Untuk Bahan Biobriket Kapasitas 250 Kg / Jam," vol. 2, no. 2, pp. 64–69, 2017.
- [5] B. Campuran, S. Dan, and C. Kelapa, "RANCANG BANGUN MESIN PRESS UNTUK PENCETAKAN PELLET Alat pengepress jenis ini memanfaatkan putaran dari double scew press dan scew press cage . Terdapat 3 ( tiga ) tipe screw press , yaitu Speichim , Usine de Wecker dan Stork . Ketiga jenis alat ini mempun," pp. 358–365, 2017.
- [6] A. Suwandi, D. L. Zariatn, B. Sulaksono, E. Prayogi, and I. Made Widana, "Simulation-based prediction of structural design failure in fishing deck machinery a hydraulic type with finite element method," *E3S Web Conf.*, vol. 130, 2019, doi: 10.1051/e3sconf/201913001001.
- [7] Farid Ahmad Zakariya, "Analisa Reaksi Gaya Screw Conveyor Pada Rancang Bangin Mesin Penggiling Beras Skala Rumah Tangga," *Progr. Stud. D3 Tek. Mesin Fak. Tek. Ind. Inst. Teknol.*, no. 10 November, pp. 1–124, 2014.

## Identifikasi Potensi Pengembangan Konsep Mixed Use pada Rencana Terminal Tipe A Singkawang

Mansur Oktayasa S<sup>1</sup>, Herawati Zetha Rahman<sup>1</sup>, Azaria Andreas<sup>1</sup>, Nina Kade Nirmala<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta

**Abstrak.** Di Indonesia terdapat banyak terminal tipe A yang telah dibangun dengan fasilitas yang memumpuni, tetapi terdapat juga beberapa faktor yang menyebabkan terminal belum bisa menjadi pilihan utama masyarakat. Salah satunya dikarenakan akses penunjang menuju terminal tersebut dan lokasi terminal yang terlalu jauh dari pusat kota. Tujuan penelitian adalah untuk mengidentifikasi isu dan potensi yang dapat diterapkan pada rencana Terminal Tipe A Singkawang dan mengidentifikasi penerapan konsep mixed use building yang dapat diterapkan pada rencana Terminal Tipe A Singkawang yang diharapkan mampu meningkatkan minat masyarakat menggunakan terminal tersebut. Data yang diperoleh pada penelitian ini adalah data primer yang didapat dari wawancara terstruktur bersama BPTD IV Pontianak dan Dinas Perhubungan Kota Singkawang, dan data sekunder meliputi letak geografis, eksisting lokasi penelitian, data ATTN 2011, serta beberapa faktor lainnya yang harus diperhatikan. Adapun metode yang digunakan adalah metode Furness dan metode analisis SWOT. Metode Furness digunakan untuk menghitung proyeksi pergerakan penumpang di masa yang akan datang, sedangkan metode analisis SWOT digunakan untuk mengolah hasil dari wawancara yang dibagi menjadi empat faktor, yaitu kekuatan dan kelemahan yang terdapat di lokasi studi serta peluang dan ancaman yang berpengaruh terhadap lokasi studi. Hasil dari penelitian ini berupa isu dan potensi yang dapat diterapkan pada Terminal Tipe A Singkawang dan rekomendasi konsep mixed use building yang dapat diterapkan pada rencana terminal Tipe A Singkawang yang nantinya akan mampu meningkatkan minat masyarakat menggunakan terminal tersebut

**Kata kunci**—Terminal, Mixed Use, Analisis SWOT

### 1. PENDAHULUAN

Di Indonesia terdapat banyak sekali terminal tipe A yang telah dibangun dengan fasilitas yang memumpuni, tetapi terminal tersebut belum menjadi pilihan utama masyarakat dikarenakan akses yang jauh, fasilitas penunjang menuju terminal tersebut, dan beberapa faktor lainnya. Sehingga dibutuhkan pengembangan fungsi terminal untuk meningkatkan minat masyarakat dalam menggunakan terminal tersebut. Kota Singkawang adalah salah satu provinsi Kalimantan Barat. Kota Singkawang merupakan pusat tujuan perjalanan kota atau kabupaten sekitar, karena di Kota Singkawang terdapat cukup banyak tempat wisata dan memiliki 5 (lima) *peak season* perayaan agama dan budaya yang biasanya dihadiri oleh pengunjung dari Negara tetangga seperti Malaysia dan Brunei. Berdasarkan kinerja lalu lintas dan kondisi mobilitas saat ini, maka diperlukannya upaya dalam penempatan terminal baru yang nantinya akan mampu melayani AKAP (Angkutan Kota Antar Provinsi) dan ALBN (Angkutan Lintas Batas Negara) serta pembangunan terminal yang mampu mendukung fungsi lain dari terminal untuk pengembangan fungsi dari terminal tersebut, salah satunya dengan menggunakan konsep *Mixed Use Building* dalam perencanaan pembangunannya. Adapun tujuan penulis dalam pembuatan penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengidentifikasi isu dan potensi yang dapat diterapkan pada konsep *mixed use building* Terminal Tipe A Singkawang
2. Mengidentifikasi penerapan konsep *Mixed Use Building* yang dapat di terapkan pada perencanaan Terminal Tipe A Singkawang.

Kota Singkawang secara astronomis terletak 0°44'55,85" s/d 1°1'21,51" Lintang Utara dan 108°51'47,60" s/d 109°10'19,00" Bujur Timur. Wilayah Kota Singkawang juga merupakan kota yang berada di bagian utara Kabupaten Sambas, sedangkan dibagian selatan dan timur bersebelahan langsung dengan Kabupaten Bengkayang, dan di sebelah barat berbatasan langsung dengan Laut Natuna. Kota Singkawang merupakan kota dengan potensi pariwisata yang besar baik wisatawan domestik dan wisatawan dari Malaysia dan Brunei, dengan adanya lima *peak season* perayaan agama dan budaya, sehingga dibutuhkan fasilitas untuk mempermudah pergerakan pariwisata di daerah tersebut. Merupakan pusat tujuan perjalanan dari kota atau kabupaten sekitar. Dengan potensi ini maka

akan sangat cocok dibangunnya Terminal Tipe A Singkawang dengan menggunakan konsep *mixed use building*

Berdasarkan UU RI No 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan menyebutkan bahwa terminal adalah pangkalan kendaraan bermotor umum yang digunakan untuk mengatur kedatangan dan keberangkatan, menaikan dan menurunkan orang dan barang, serta perpindahan moda angkutan. Jenis terminal dibagi menjadi 2 (dua), yaitu terminal penumpang dan terminal barang. Dan tipe-tipe terminal penumpang dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu terminal penumpang tipe A, terminal penumpang tipe B, dan terminal penumpang tipe C.

### **Mixed Use Building**

Merupakan satu upaya pendekatan perancangan yang berusaha menyatukan berbagai aktivitas dan fungsi yang berada di bagian area suatu kota (luas area terbatas, harga tanah mahal, letak strategis, nilai ekonomi tinggi) sehingga terjadi satu struktur yang kompleks dimana semua kegunaan dan fasilitas saling berkaitan dalam kerangka integrasi yang kuat. Ciri-ciri *mixed use* yang harus dikenal yaitu sebagai berikut:

1. *Mixed-use building* mampu mewadahi minimal tiga atau lebih fungsi bangunan urban.
2. Setiap fungsi bangunan dalam *mixed-use building* saling terintegrasi dan tersinergi.
3. *Mixed-use* memiliki kelengkapan fasilitas tinggi sehingga penghuninya minim mobilitas ke luar bangunan.
4. Terdapat efisiensi pergerakan dalam *mixed-use building*, karena fungsi bangunan dikelompokkan sedemikian rupa

Adapun tujuan dari pembangunan menggunakan konsep *mixed use building* adalah memberikan dampak positif dalam pengembangan infrastruktur baik dari segi ekonomis maupun segi efektif. Dapat memberikan perancangan bangunan yang fleksibel dalam pembangunannya. Ada 5 kelebihan dari menggunakan konsep *mixed use building*, yaitu:

1. Meningkatkan berbagai macam pertumbuhan kegiatan dalam satu wadah atau suatu kawasan.
2. Menciptakan alur prasarana dan sarana dalam satu wadah yang memadai secara efektif dan ekonomis.
3. Menciptakan sistem sirkulasi yang baik di kawasan tersebut .
4. Berbagai macam sistem transportasi akan dipisah dengan jelas.
5. Menghasilkan inovasi yang luas dalam perancangan bangunan dan juga lingkungan.

Adapun potensi permasalahan yang akan timbul dari pengembangan terminal menggunakan konsep *mixed use building* ini antara lain:

1. Meningkatnya volume populasi penduduk di satu kawasan.
2. Permasalahan sosial yang akan dihadapi di kawasan tersebut berkaitan dengan perilaku, gaya hidup, bahkan kebiasaan dari masyarakat di kawasan tersebut.
3. Pada kawasan tersebut akan menciptakan organisasi pengelolaan dengan campuran karakter yang berbeda-beda.
4. Dalam pengembangan menggunakan konsep *mixed use building* terdapat beberapa pertimbangan. Hal yang harus dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

- a. Dampak sosial
- b. Sektor bisnis dan investasi
- c. Kebijakan strategis dalam pengembangan wilayah perkotaan.

Dengan menggunakan konsep *mixed use building* dalam pembangunan memberikan dampak yang baik dan memiliki manfaat yang luas, yaitu sebagai berikut:

1. Bangunan yang menggunakan konsep *mixed use building* pastinya didukung dengan fasilitas yang memumpuni sehingga mampu memberikan kemudahan kepada penggunanya.
2. Dapat meningkatkan kualitas lingkungan di kawasan tersebut. Dalam perencanaannya menggunakan konsep yang matang, sehingga jika diperlukan memungkinkan untuk perbaikan kualitas lingkungan.
3. Akan menciptakan kegiatan pergerakan manusia yang lebih efektif dan efisien yang dipengaruhi oleh pengelompokan fungsi bangunan dalam konsep *mixed use building*.
4. Dengan adanya bangunan atau kawasan yang menggunakan konsep *mixed use building*, maka kawasan yang berada disekitarnya memiliki potensi peningkatan pertumbuhan.

### **Tipologi Mixed Use Building**

Menurut Dean Schwanke (2003) menjelaskan dalam pembangunan menggunakan konsep *mixed-use building* terdapat keberagaman yang mengartikan terdapat dua atau lebih fungsi dan memberikan banyak

keuntungan. Dari setiap fungsi yang ada berguna menarik orang-orang dengan kepentingan yang berbeda. Tujuan dari fungsi-fungsi tersebut digabungkan agar menjadi fungsi yang saling mendukung, berkelanjutan, dari program jangka pendek hingga jangka panjang. Terdapat 3 (tiga) tipologi *mixed use building*, yaitu sebagai berikut:

1. *Mixed use* megastruktur merupakan bangunan dengan struktur tunggal yang memiliki lapisan-lapisan vertikal dan memiliki fungsi yang berbeda pada setiap lapisan.
2. *Mixed use* fungsi yang terhubung dengan pendetrian merupakan struktur-struktur yang bebas dan dihubungkan dengan pedestrian.
3. *Mixed use* podium dan menara, memiliki ciri khas terdiri dari podium dengan fungsi yang disesuaikan dan terdapat tower atau menara yang memiliki fungsi-fungsi lainnya yang terdapat di atas podium tersebut.

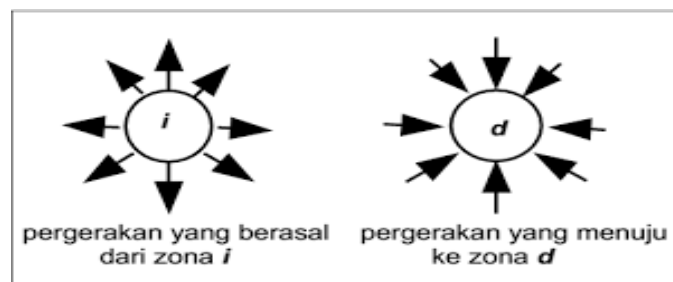
#### **Integrasi Fungsi pada *Mixed Use building***

Integrasi fungsi pada *mixed use building* dibagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu sebagai berikut:

1. Integrasi Fungsi Horizontal, biasanya *mixed use* terdiri dari struktur-struktur bangunan dengan fungsi tunggal atau majemuk. Integrasi jenis ini digolongkan kedalam tipologi *mixed use* fungsi yang terhubung dengan pedestrian.
2. Integrasi Fungsi Vertikal, digolongkan kedalam tipologi *mixed use* megastruktur dan *mixed use* podium dan menara. Untuk *mixed use* megastruktur dengan jumlah lantai lebih dari 1 lantai, sedangkan untuk *mixed use* podium dan menara memiliki jumlah menara 1 atau lebih dengan tinggi yang sama atau pun berbeda, yang terpenting adalah podium menjadi jalur yang mengintegrasikan fungsi-fungsi dari menara tersebut.

#### **Bangkitan dan Tarikan**

Menurut Naess (2003) menjelaskan bangkitan dan tarikan adalah densitas pemodelan yang perhitungkan jumlah pergerakan yang berasal dari suatu zona dan densitas pergerakan yang tertarik ke suatu zona. Pergerakan lalu lintas merupakan fungsi tata guna lahan yang menghasilkan arus lalu lintas. Hasil dari perhitungan tarikan lalu lintas berupa jumlah kendaraan, orang atau angkutan barang per satuan waktu.



**Gambar 1.** Bangkitan dan Tarikan

## **2. METODOLOGI PENELITIAN**

Pada penelitian ini dilakukan dua penganalisaan yaitu menggunakan Metode Furness untuk mencari pola pergerakan penumpang pada tahun mendatang dan Metode Analisis SWOT dengan sebagai pengolahan dari hasil kuesioner wawancara terstruktur.

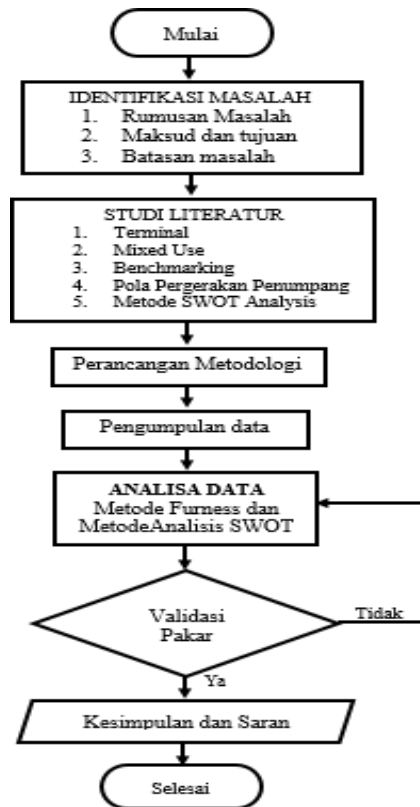
#### **Metode Furness**

Metode Furness banyak digunakan di negara maju yaitu Inggris dimana metode ini juga termasuk dari metode iterasi. Pengstimasian metode ini dilakukan berdasarkan factor pertumbuhan pada setiap zonanya. Metode furness ini dipastikan selalu memiliki solusi akhir dan juga sudah terbukti dalam efisiensinya lebih baik dibandingkan dengan metode analogi perhitungan Matriks Asal Tujuan lainnya.

#### **Metode Analisis SWOT**

Analisis SWOT (*strenght, weakness, opportunity, threat*) merupakan metode perencanaan strategis berdasarkan kondisi lapangan untuk identifikasi terhadap kelemahan, peluang, kekuatan, dan juga ancaman yang terhubung dengan perusahaan maupun perencanaan proyek. Dalam metode analisis SWOT menekankan pada kelebihan dan kelemahan dalam perusahaan atau perencanaan proyek untuk menghadapi ancaman dan peluang. Analisis SWOT digunakan untuk menganalisis strategi perusahaan atau perencanaan proyek. Ini dikarenakan dalam analisis SWOT menghasilkan informasi kondisi internal tentang perusahaan atau perencanaan proyek dan lingkungan eksternal yang akan dihadapi oleh perusahaan atau dalam perencanaan proyek, sehingga memiliki gambaran sebelum mengambil keputusan strategi.

Pada Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kualitatif dimana penelitian kualitatif memiliki pandangan terhadap segala sesuatu yang ada di tempat, atau bisa dikatakan masih memiliki sifat umum. Penelitian dengan metode kualitatif ini dapat mengenali dan merasakan apa yang dialami oleh subjek dari penelitian dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui berapa potensi demand perlu melakukan penumpulan data bangkitan dan tarikan dari pergerakan penumpang serta data pertumbuhan ekonomi pada masing masing wilayah. Dalam data pola pergerakan penumpang yang berdasarkan dengan data Asal Tujuan Transportasi Nasional (ATTN) tahun 2011 menjelaskan bahwa pembagian wilayah berdasarkan dengan Kabupaten/Kota.

Setelah didapatkan data dari Matriks Asal Tujuan, jumlah penduduk, PDRB ADHB, PDRB ADHK, PDRB ADHB perkapita, dan PDRB ADHK perkapita tahun 2011, dilakukan Analisa regresi dan korelasi sehingga didapatkan bahwa yang memenuhi persyaratan dari hasil korelasi dan regresi yaitu variabel jumlah penduduk. Maka dari itu proyeksi terhadap Pola Pergerakan Penumpang dilakukan terhadap variabel jumlah penduduk. Proyeksi pergerakan penumpang dilakukan pada 25 tahun mendatang dengan perhitungan per 5 tahun. Proyeksi dilakukan dengan menggunakan metode furness

Tabel 1. Pembagian Zona Wilayah Internal dan Eksternal

<b>Zona Internal</b>	<b>Kota Singkawang</b>
	Kab/Kota lain di Prov.Kalimantan Barat
	Prov. Kalimantan Tengah
	Prov. Kalimantan Timur
	Prov. Kalimantan Selatan
<b>Zona Eksternal</b>	Pulau Jawa (Meliputi seluruh provinsi yang ada di Pulau Jawa)
	Pulau Sumatera (Meliputi seluruh provinsi yang ada di Pulau Sumatera)

**Tabel 2.** Matriks Asal Tujuan Tahun 2011

Asal/ Tujuan	Kota Singkawang	Kab/Kota lain di KalBar	Kalimantan Tengah	Kalimantan Timur	Kalimantan Selatan	Pulau Jawa	Pulau Sumatra	Oi
Kota Singkawang		138.133	12.678,19	12.538,35	17.942,08	331.212	356.009	868.513
Kab/Kota lain di KalBar	129.647		335.123	295.556,90	440.209,62	8.259.088	743.2010	16.891.655
Kalimantan Tengah	12.214	344.076		120.140,51	366.472	4.939.735	2.643.422	8.426.060
Asal/ Tujuan	Kota Singkawang	Kab/Kota lain di KalBar	Kalimantan Tengah	Kalimantan Timur	Kalimantan Selatan	Pulau Jawa	Pulau Sumatra	Oi
Kalimantan Timur	11.264	281.356	113.509		1.815.076	4.955.188	2.751.831	9.928.224
Kalimantan Selatan	17.201	465.410	382.339	1.949.651		8.812.317	94.199	11.721.117
Pulau Jawa	1.029.302	27.019.219	16.005.450	14.238.736	27.890.044		435.254.304	521.437.055
Pulau Sumatra	551.589	12.106.177	4.272.718	4.688.608	6.881.625	386.377.454		414.878.172
Dd	1.751.218	40.354.371	21.121.817	21.305.231	37.411.370	413.674.994	448.531.775	984.150.775

**Tabel 3.** Data yang di butuhkan

Zona	Jumlah Penduduk (jiwa)	PDRB ADHB (Juta Rp.)	PDRB ADHK (Juta Rp.)	PDRB ADHB Perkapita (Rp.)	PDRB ADHK Perkapita (Rp.)
Kota Singkawang	191.264	2.835.254	1.309.553,90	15.095.349,34	6.972.276,54
Kab/Kota lain di Prov.KalBar	4.297.631	59.541.263	30.578.729	169.133.739	82.565.989
Prov. Kalimantan Tengah	2.249.146	63.525.467	22.999.676	26.634.579	9.644.687
Prov. Kalimantan Timur	3.123.369	391.761.380	115.489.853	41.647.178	12.076.846
Prov. Kalimantan Selatan	3.714.340	68.234.880	32.552.850	18.466.195	8.809.677
Pulau Jawa	137.033.300	4.716.410.421	4.371.943.140	34.417.988	31.904.239
Pulau Sumatra	50.860.300	1.789.777.800	1.631.726.700	35.190.076	32.082.522

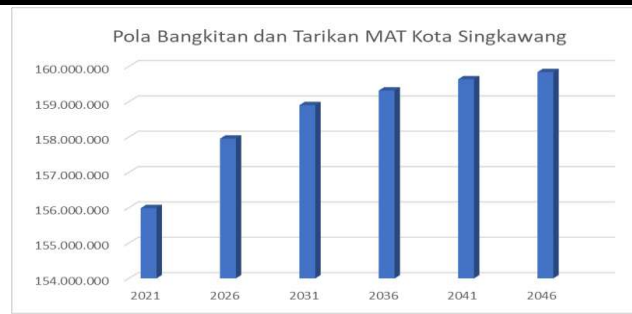
**Tabel 4.** Proyeksi Bangkitan dan Tarikan Tahun 2021

kota/provinsi	Kota Singkawang	Kalimantan Barat	Kalimantan Tengah	Kalimantan Timur	Kalimantan Selatan	Pulau Jawa	Pulau Sumatra	Oi
Kota Singkawang	-	13.065.560	2.207.735	2.042.362	1.593.171	32.780.669	6.288.371	57.977.868
Kab/Kota lain di Prov KalBar	14.866.723	-	3.255.052	2.685.328	2.180.284	45.594.018	7.322.300	75.903.706
Prov. Kalimantan Tengah	3.456.337	4.479.770	-	2.693.720	4.479.210	67.295.511	6.427.090	88.831.637
Prov. Kalimantan Timur	2.775.930	3.190.180	2.369.455	-	19.320.250	58.789.566	5.826.762	92.272.143
Prov. Kalimantan Selatan	2.494.675	3.105.554	4.696.899	22.403.813	-	61.528.269	117.380	94.346.590
Pulau Jawa	66.578.008	80.408.829	87.691.600	72.973.312	77.918.236	-	241.891.502	627.461.487
Pulau Sumatra	7.839.634	7.916.443	5.143.828	5.279.936	4.224.478	264.372.321	-	294.776.640
Dd	98.011.306	112.166.336	105.364.569	108.078.471	109.715.628	530.360.355	267.873.405	

**Tabel 5.** Proyeksi Bangkitan dan Tarikan Tahun 2046

kota/provinsi	Kota Singkawang	Kalimantan Barat	Kalimantan Tengah	Kalimantan Timur	Kalimantan Selatan	Pulau Jawa	Pulau Sumatra	Oi
Kota Singkawang	-	10.833.125	1.696.738	1.712.420	1.312.361	39.679.865	6.205.689	61.440.198
Kab/Kota lain di Prov KalBar	13.147.876	-	2.970.607	2.673.587	2.132.670	65.535.955	8.580.621	95.041.315
Prov. Kalimantan Tengah	1.786.504	2.577.796	-	1.567.462	2.560.705	56.533.458	4.401.830	69.427.755
Prov. Kalimantan Timur	1.532.507	1.960.713	1.349.862	-	11.797.146	52.750.401	4.262.381	73.653.011
Prov. Kalimantan Selatan	1.373.830	1.903.982	2.669.174	13.889.847	-	55.071.265	85.654	74.993.752
Pulau Jawa	76.091.137	102.308.511	103.420.847	93.890.989	98.494.617	-	366.315.024	840.521.125
Pulau Sumatra	7.059.248	7.935.923	4.779.647	5.352.391	4.207.322	386.910.048	-	416.244.580
Dd	98.400.465	123.643.233	112.485.183	115.658.156	116.664.992	691.540.977	372.928.729	

Didapatkan hasil pola bangkitan dan tarikan Matrik Asal Tujuan Kota Singkawang. Dapat disimpulkan bahwa Jumlah bangkitan dan tarikan dari dan ke Kota Singkawang meningkat dengan rata-rata per tahun sebesar **0,1%**.

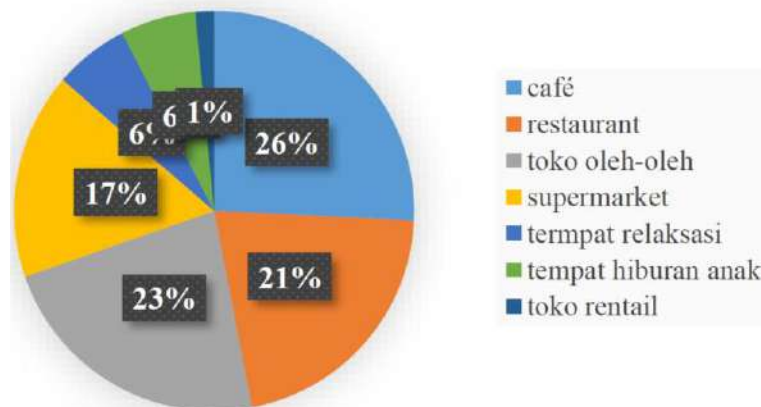


Gambar 3. Grafik bangkitan dan tarikan kota singkawang

### Hasil Analisis Data Willingness To Use

Pada bab ini merupakan penjelasan mengenai proses dari analisa kusioner yang sudah disebar. Proses pengambilan data yang dilakukan dengan memiliki tujuan untuk mendapatkan hasil dari identifikasi konsep pengembangan terminal dengan konsep *mixed use building*.. Berdasarkan dari penyusuna kuesioner maka diperoleh data sebagai berikut:

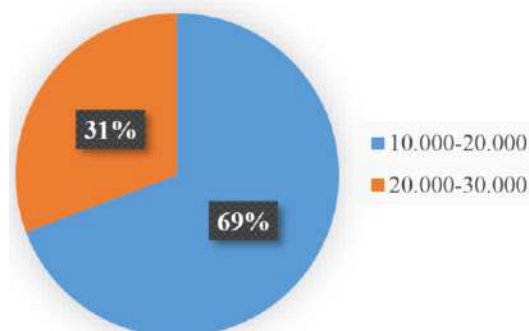
#### Fasilitas Hiburan



Gambar 4. Presentase Responden Berdasarkan Fasilitas Hiburan

Pada hasil dari penelitian ini dilihat dari segi *willingned to use* dari Fasilitas Hiburan yang nantinya akan digabungkan dengan Terminal Tipe A Singkawang yang mana masyarakat merekomendasikan café (26%), toko oleh-oleh (23%), dan restaurant (21%) sebagai fasilitas hiburan pada rencana pembangunan terminal tipe A Singkawang.

#### Harga makanan dan minuman di café per porsi

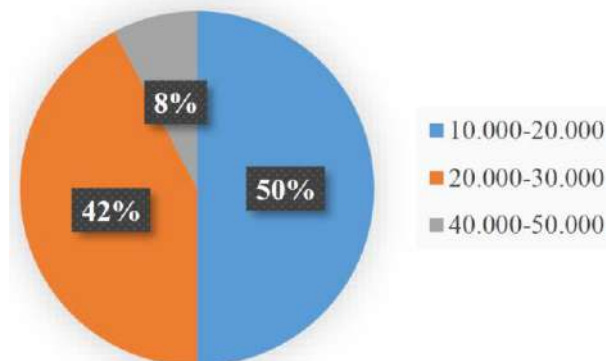


Gambar 5. Presentase Responden Berdasarkan Harga Makanan Dan Minuman Di Café Per Porsi

Pada hasil dari penelitian ini dilihat dari segi *willingned to use* dari Harga makanan dan minuman di café per porsi sebagian besar masyarakat memilih untuk estimasi biaya yang dikeluarkan sebesar Rp10.000-20.000 untuk harga makanan per porsi nya.



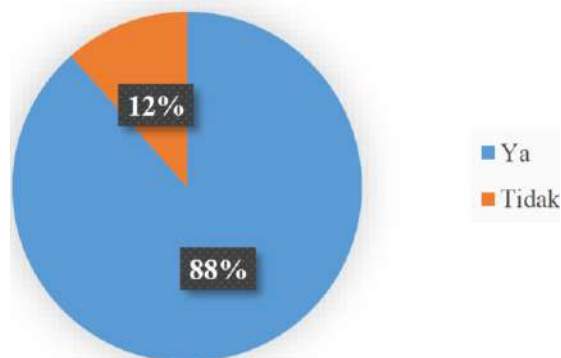
### Harga makanan dan minuman di restaurant per porsi



**Gambar 6.** Presentase Responden Berdasarkan Harga Makanan Dan Minuman Di Restaurant Per Porsi

Pada hasil dari penelitian ini dilihat dari segi *willingned to use* dari Harga makanan dan minuman di *restaurant* per porsi sebagian besar masyarakat memilih untuk estimasi biaya yang dikeluarkan sebesar Rp10.000-20.000 untuk harga makanan per porsi nya. Pada hasil dari penelitian ini dilihat dari segi *willingned to use* dari Willingness To Use Area Komersial, bahwa kesediaan masyarakat untuk menggunakan Area Komersial sebesar 88%.

### Willingness To Use Area Komersial



**Gambar 7.** Presentase Responden Berdasarkan Willingness to Use Area Komersial

### Analisis Potensi Pengembangan

Dalam peneliti mengidentifikasi potensi pengembangan konsep *mixed use building* pada terminal bus tipe A Singkawang, dengan memperhatikan beberapa isu dan potensi penting dalam perencanaanya. Peneliti menggunakan metode analisis SWOT dalam penelitian tersebut, sedangkan untuk pengumpulan data primer menggunakan metode wawancara terstruktur. Sehingga, didapatkan hasil penelitian yang dibagi menjadi 3 bagian, yaitu sebagai berikut.

#### 1. Faktor Internal

Terkait dengan potensi pengembangan terminal dengan konsep *mixed use building* pada rencana terminal bus tipe A Singkawang, maka dilakukannya analisis faktor internal dari lokasi perencanaan terminal bus yaitu kekuatan dan kelemahan. Faktor internal yang dimaksud adalah faktor-faktor dasar yang terkait langsung dengan potensi pengembangan terminal tersebut, baik faktor lingkungan dan sebagainya.

##### A. Kekuatan (*strength*)

Dalam potensi pengembangan konsep *mixed use building* pada rencana terminal bus tipe A Singkawang, dibutuhkannya elemen kekuatan yang terdapat didalam perencanaan terminal tersebut. Berdasarkan hasil identifikasi, terdapat beberapa faktor kekuatan, antara lain:

- Lokasi perencanaan pembangunan terminal tipe A Singkawang sangat strategis, karena berada di sekitar pusat Kota Singkawang dengan jarak 2,8 km.
- Kota singkawang merupakan pusat wisata di provinsi Kalimantan Barat.
- Lahan kosong yang rencananya akan dibangun terminal tipe A Singkawang memiliki luas sekitar 2 ha.

**B. Kelemahan (*weakness*)**

Pada potensi pengembangan konsep *mixed use building* pada rencana terminal bus tipe A Singkawang arah pemanfaatannya berkaitan dengan faktor kelemahan. Kelemahan ini dapat menghambat optimasi kekuatan yang dimiliki oleh terminal untuk potensi pengembangannya. Berdasarkan identifikasi, terdapat beberapa faktor kelemahan, antara lain:

- Belum memiliki bangunan eksisting dikarenakan belum dibangun.
- Belum terdapat trayek yang beroperasi.
- Akses jalan yang berada pada lokasi perencanaan pembangunan terminal bus tipe A Singkawang masih status jalan kota.
- Untuk naik dan turunnya penumpang hanya melalui pool bus atau di pinggir jalan.

**2. Faktor Eksternal**

Pada analisis faktor eksternal yang terkait dengan potensi pengembangan konsep *mixed use building* pada rencana terminal tipe A Singkawang, maka dilakukannya identifikasi faktor eksternal yang terbagi menjadi 2 (dua) elemen, yaitu peluang dan ancaman. Peluang sifatnya mendukung berlangsungnya pengembangan sedangkan ancaman sebaliknya. Berdasarkan hasil dari identifikasi faktor eksternal yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil sebagai berikut

**A. Peluang (*opportunity*)**

Peluang merupakan faktor eksternal yang dapat memberikan manfaat untuk potensi pengembangan konsep *mixed use building* pada rencana terminal tipe A Singkawang. Untuk singkatnya peluang yang dimiliki dalam potensi pengembangan konsep *mixed use building* pada rencana terminal tipe A Singkawang adalah sebagai berikut:

- Dapat dibuat trayek asal keberangkatan dan tujuan kedatangan dari dan ke Kota Singkawang
- Masyarakat Kota Singkawang sangat konsumtif.
- Kota Singkawang merupakan pusat tujuan perjalanan dari kota atau kabupaten sekitar.

**B. Ancaman (*threat*)**

Elemen ancaman merupakan faktor eksternal yang dapat merugikan terhadap potensi pengembangan konsep *mixed use building* pada rencana terminal tipe A Singkawang.

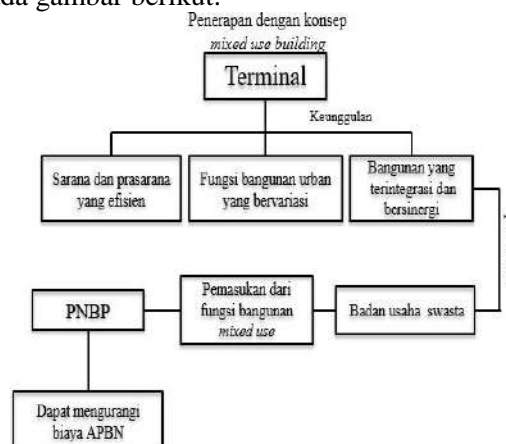
**Hasil Analisis Potensi Pengembangan**

Dari hasil identifikasi potensi pengembangan konsep *mixed use building* pada rencana terminal tipe A Singkawang, didapatkan konsep *mixed use building* yang cocok untuk diterapkan pada perencanaan terminal berdasarkan karakteristik dan kebutuhan dari masyarakat sekitar dengan menggunakan metode analisis SWOT. Berikut adalah bangunan yang cocok digabungkan dengan terminal tipe A Singkawang guna mendukung fungsi terminal, antara lain:

1. Terminal Singkawang ini dapat dikembangkan dengan konsep *mix used building* berupa bangunan penginapan (Hotel);
2. Pusat Wisata Kuliner dan Sentra oleh-oleh khas Singkawang

**Potensi Revenue Stream**

*Revenue stream* dapat diartikan sebagai aliran pendapatan, dimana kita dapat memprediksi pendapatan yang akan didapatkan ketika Terminal Tipe A Singkawang menggunakan konsep *Mixed Use Building* dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 8.** Diagram Potensi Revenue Stream

Pada diagram diatas dijelaskan pendanaan/sumber pendapatan yang didapatkan dari pengembangan kawasan Terminal Tipe A Poris Plawad menggunakan konsep TOD dan tanpa menggunakan konsep TOD. Pengembangan Kawasan TOD di Terminal Poris ini dapat membantu pemerintah dalam biaya operasional dan pemeliharaan terminal yang mana pendapatan yang dihasilkan dari investor serta pengembangan fungsi bangunan baru yang dibangun pada Kawasan TOD di Terminal Poris Plawad dan dapat menkan biaya APBN untuk digunakan pada terminal lainnya yang masih membutuhkan pengembangan Kawasan.

#### 4. KESIMPULAN

- A. Pada pengembangan konsep *mixed use* terminal bus tipe A Singkawang didapatkan isu dan potensi sebagai berikut:
- Belum memiliki terminal yang dapat mengakomodir bus AKAP dan ALBN
  - Kota Singkawang memilki potensi pariwisata yang besar
  - Terdapat kuliner yang khas dari Kota Singkawang
  - Jalan akses masih berupa jalan lingkungan
- B. Konsep *mixed use* yang memiliki potensi dalam perencanaan terminal bus tipe A Singkawang, yaitu:
- Pembangunan Hotel
  - Pusat Wisata Kuliner dan Sentra oleh-oleh khas Singkawang

#### 5. REFERENSI

- [1] UU No. 22 Tahun 2009, "UU no.22 tahun 2009.pdf." p. 203, 2009.
- [2] Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 31 Tahun, "Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 31 Tahun 1995 Tentang Terminal Transportasi Jalan," *Mentri Perhub. Republik Indones.*, pp. 1-18, 1995.
- [3] D.I. Wi, L. Perkotaan, D. Trayek, T. Dan, D. I. Rektorat, and J. E. Perhubungan, "PEDOMAN TEKNI S TERATUR."
- [4] K. Perhubungan, "PM\_132\_Tahun\_2015.pdf." pp. 3-25, (2015), [Online]. Available: [http://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/permen/2015/PM\\_132\\_Tahun\\_2015.pdf](http://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/permen/2015/PM_132_Tahun_2015.pdf).
- [5] S. WARPANI, *MERENCANAKAN SISTEM PERANGKUTAN*. ITB (2002).
- [6] M. Makassar, "Perencanaan Bangunan Perdagangan Makassar Mall Berbasis," vol. 20, no. 1, pp. 64-70 (2016).
- [7] M. Fadhillah, E. S. Sardiyarso, J. Iskandar, and M. Immaculata, "Komparasi Konsep Integrasi Fungsi Pada Bangunan Mixed-Use," *Semin. Nas. Cendekiawan ke 4 Tahun 2018*, pp. 515-520 (2018).
- [8] Dan, I. Dan, and I. Dan, "Kesesuain Kawasan Transit di Kota Surakarta Berdasarkan Konsep Transit Oriented Development."
- [9] D.K. JATI, "KESESUAIAN KAWASAN TRANSIT DI KOTA SURAKARTA BERDASARKAN KONSEP TRANSIT ORIENTED DEVELOPMENT," vol. 12, pp. 168-180 (2017).
- [10] H. M. Taki, M. M. H. Maatouk, E. M. Qurnfulah, and M. O. Aljoufie, "Planning TOD with land use and transport integration: a review," *J. Geosci. Eng. Environ. Technol.*, vol. 2, no. 1, p. 84 (2017), doi: 10.24273/jgeet.2017.2.1.17.
- [11] Data, M. Asal, and T. Kota, "Analisis Bangkitan Dan Tarikan Pergerakan Penduduk Berdasarkan Data Matriks Asal Tujuan Kota Manado," *Tekno*, vol. 11, no. 58, pp. 9-13 (2014).
- [12] T. Aprilliansyah and Herman, "Perkiraan Distribusi Pergerakan Penumpang di Provinsi Jawa Barat Berdasarkan Asal Tujuan Transportasi Nasional," *J. Online Inst. Teknol. Nas.*, vol. 1, no. 1, pp. 29-40(2015).
- [13] Sulistiani, "Analisis Swot Sebagai Strategi Perusahaan Dalam Memenangkan Persaingan Bisnis," *El-QUDWAH*, vol. 0, no. 0(2014).
- [14] Rukminingsih, G. Adnan, and M. A. Latief, *Metode Penelitian Pendidikan. Penelitian Kuantitatif, Penelitian Kualitatif, Penelitian Tindakan Kelas*, vol. 53, no. 9(2020).

# Analisis Pengembangan Transit Oriented Development Studi Kasus Terminal Tipe A Poris Plawad

Nur Kamala Zahwa<sup>1</sup>, Herawati Zetha Rahman ST<sup>2</sup>, Azaria Andreas<sup>1</sup>, Nina Kade Nirmala<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta

**Abstrak.** Terminal Tipe A di Indonesia sudah mulai melakukan revitalisasi dengan pengembangan fasilitas, tetapi sangat disayangkan dalam penggunaannya masih kurang diminati oleh Masyarakat. Pengembangan Kawasan TOD dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi serta dapat menarik kembali minat masyarakat dalam penggunaan terminal. Pentingnya pengembangan Kawasan TOD dapat ditandai dengan nilai dari pemanfaatan kawasan serta fungsi bangunan yang akan menguntungkan masyarakat dalam berbagai hal yang dapat menguntungkan. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pendapat dari masyarakat mengenai pengembangan Kawasan TOD dan penerapan fungsi bangunan mixed use seperti apa yang akan di bangun di Terminal Tipe A Poris Plawad. Terminal ini masih belum beroperasi dengan maksimal dikarenakan masih banyak kendaraan umum dan penumpang yang tidak mau masuk kedalam terminal yang menyebabkan kemungkinan hal ini terjadi karena belum optimalnya fungsi dari terminal Poris Plawad itu sendiri. Letak yang strategis dan sebagai simpul transportasi yang dapat menyatukan beberapa moda seperti moda angkutan berbasis jalan dan berbasis rel, Terminal Tipe A Poris Plawad berpotensi menjadi Kawasan *Transit Oriented Development* (TOD). Metode pengolahan data yang digunakan yaitu statistik deskriptif, dimana nantinya akan dihasilkan presentase keinginan dalam penggunaan moda transportasi umum. Perolehan data didapatkan melalui 102 responden yang telah menjawab kuesioner yang sudah disebar. Pada pengembangan Kawasan TOD di Terminal Poris Plawad ini masyarakat setuju dengan adanya pengembangan Kawasan TOD, berdasarkan dengan potensi perekonomian yang akan meningkat, pengintegrasian moda yang bertambah, serta fungsi bangunan dan fasilitas baru yang akan ditambahkan pada Kawasan Terminal Tipe A Poris Plawad yang juga dapat berpengaruh kepada peningkatan intensitas bagi pengunjung Terminal Tipe A Poris Plawad.

**Kata kunci**—*Transit Oriented Development, Pengembangan TOD, Kota Tangerang*

## 1. PENDAHULUAN

Kota Tangerang mengalami pertumbuhan penduduk yang tiap tahunnya mengalami peningkatan sebesar 3,7 %, maka dari itu perlu diimbangi dengan fasilitas yang memadai, jika tidak maka akan timbul permasalahan kota yang baru. Terminal Poris Plawad merupakan satu-satunya terminal tipe A dan menjadi terminal pusat Kota Tangerang dengan luas area sekitar 46.847 m<sup>2</sup>. Terminal ini masih belum beroperasi dengan maksimal dikarenakan masih banyak kendaraan umum dan penumpang yang tidak mau masuk kedalam terminal kemungkinan hal ini terjadi karena belum optimalnya fungsi dari terminal *Poris Plawad* itu sendiri.

Dengan letak yang strategis dan sebagai simpul transportasi yang dapat menyatukan beberapa moda seperti moda angkutan berbasis jalan dan berbasis rel, Terminal Tipe A Poris Plawad berpotensi menjadi Kawasan *Transit Oriented Development* (TOD). Secara gambaran umum penelitian ini bermaksud untuk mengidentifikasi konsep pengembangan *Transit Oriented Development* (TOD) pada Terminal Poris Plawad. Adapun tujuan yang dirumuskan oleh peneliti, sebagai berikut:

1. Untuk mengidentifikasi bagaimana pendapat masyarakat dengan adanya pengembangan Kawasan *Transit Oriented Development* (TOD) pada Terminal Poris Plawad.
2. Menetapkan konsep bangunan *mixed-use* yang tepat dalam pengembangan *Transit Oriented Development* (TOD) pada Terminal Poris Plawad berdasarkan studi literatur mengenai pengembangan *Transit Oriented Development* (TOD) yang diterapkan di kota-kota di dunia.

Kota Tangerang secara astronomis terletak pada 6°6' - 6°613' Lintang Selatan dan 106°36' - 106°42' Bujur Timur, wilayah Kota Tangerang juga merupakan kota yang berada di bagian Timur Provinsi DKI Jakarta. Menurut data Badan Pusat Statistik 2019 pertumbuhan penduduk di Kota Tangerang mengalami kenaikan dimana pada tahun 2018 penduduk Kota Tangerang berjumlah sekitar 1,742 Juta Jiwa, dan mengalami kenaikan di tahun berikutnya yaitu 2019 dengan jumlah penduduk sebesar 1,771 Juta Jiwa. Terminal Poris Plawad memiliki luas 4,6 ha, dengan pengelolaan dibagi menjadi dua yaitu BPTJ (1,9 ha) dan Pemkot Tangerang (2,6 ha).

### A. *Transit Oriented Development (TOD)*

*Transit Oriented Development (TOD)* merupakan suatu konsep pengembangan dengan kawasan yang memiliki berbagai macam fungsi dimana masyarakat dapat melakukan suatu kegiatan secara bersamaan atau biasa disebut dengan kawasan mixed use pada simpul transportasi dengan fasilitas transportasi yang saling terintegrasi serta dapat meningkatkan mobilitas masyarakat dalam penggunaan moda transportasi massal (umum).

Menurut Cervero dan Kockelman (2007) dalam pengembangan kawasan berbasis TOD menjelaskan bahwa karakteristik kawasan TOD memiliki prinsip 3D yaitu:

1. *Density*, kepadatan pada suatu kawasan yang dipengaruhi oleh kepadatan pekerjaan, kepadatan bangunan, dan aksesibilitas terhadap kegiatan disekitar kawasan tersebut.
2. *Diversity*, kawasan yang memiliki keberagaman yang dipengaruhi oleh proporsi pengguna lahan di kawasan dan jumlah presentasi lahan komersil dan jasa.
3. *Design*, suatu kawasan yang dipengaruhi oleh ketersediaan sarana dan prasarana dalam menunjang non- motorized vehicle (pedestrian dan jalu sepeda).

### B. *Tipologi Transit Oriented Development (TOD)*

Dalam pengembangannya TOD memiliki 8 kriteria yang harus dipenuhi, menurut *Institute for Transportation and Development Policy (ITDP)* adalah sebagai berikut:

#### 1. *Walk/ Berjalan Kaki*

Ruas jalan yang dipakai didalam kawasan transit dengan konsep TOD merupakan jalan yang mendukung untuk pejalan kaki memiliki keamanan serta kenyamanan dalam berjalan kaki, serta dapat terlindungi dari sinar matahari juga hujan. Pejalan kaki juga memiliki akses yang dapat mempermudah menuju setiap lokasi gedung yang ingin disinggahi.

#### 2. *Cycle/ Bersepeda*

Salah satu jaringan infrastruktur yang harus dikembangkan yaitu jalur bersepeda yang penyediaanya harus lengkap serta aman bagi pengguna sepeda dan terlindung dari bahaya kendaraan bermotor yang berlalu lalang. Akses untuk jalur bersepeda hingga parkir sepeda yang tersedia dalam jumlah cukup sehingga tidak dapat menimbulkan penumpukan ataupun kesulitan dalam menemukan tempat parkir.

#### 3. *Connect/ Terhubung*

Kawasan yang saling terhubung merupakan elemen yang penting mulai dari rute berjalan kaki dan rute untuk bersepeda (rute yang tersedia lebih pendek dari rute kendaraan bermotor), memiliki rute secara langsung dan bervariasi, termasuk dalam peniadaan pagar dan perimeter wall yang dapat membahayakan dan mempersulit pengguna.

#### 4. *Transit*

Area transit ini merupakan area pemberhentian transit yang tentunya akan dilakukan di pusat kawasan TOD yang letaknya berdekatan dengan core commercial area, dan memiliki fungsi komersial yang mudah untuk diakses dan menjadi area pemberhentian transit.

#### 5. *Mixed-use/ Pembauran*

Untuk penataan tata guna lahan dengan konsep mixed-use yang merupakan kawasan hunian yang dari masing-masing fungsi bangunan saling menyatu satu sama lainnya, baik digunakan sebagai pemukiman ataupun bangunan non-pemukiman yang dalam lingkungannya bersebelahan atau saling berdampingan. Dengan terciptanya bangunan dengan konsep mixed-use ini diharapkan untuk pejalan kaki dapat lebih nyaman dan lebih mudah dalam menjangkau area yang ingin dituju, dan dapat menunjang peruntukan ke ruang publik.

#### 6. *Densify/ Pematatan*

Fungsi dari kepadatan pemukiman dan area non-pemukiman yang cukup tinggi dapat mendukung mutu dari moda transportasi massal menjadi lebih tinggi dan banyak digunakan oleh masyarakat, pelayanan local, dan juga aktivitas untuk ruang publik. Kepadatan kawasan pemukiman dan non-pemukiman dapat dipastikan agar masyarakat memiliki akses yang mudah untuk menggunakan moda transportasi massal.

#### 7. *Compact/ Merapatkan*

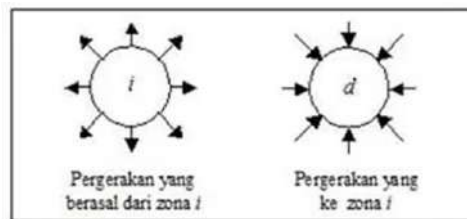
Pengembangan kawasan TOD ini memiliki fokus pembangunan yang terletak pada area yang sudah terbangun, tidak terletak di area pinggiran, sehingga lebih mudahnya akses dan rute pada moda transportasi massal yang melayani kawasan TOD. Masyarakat yang berada didalam maupun diluar kawasan dapat tinggal secara berdekatan dengan area kantor, sekolah, serta area pusat jasa yang sudah dipastikan akan mengurangi dampak kemacetan lalu lintas yang selama ini menjadi permasalahan umum di Indonesia.

8. *Shift/ Beralih*

Pengurangan pada area lahan yang biasa digunakan untuk kendaraan bermotor. Pada luas lahan ini disarankan untuk lahan parkir yang akan disediakan (sudah termasuk gedung parkir dan basement) tidak boleh melebihi 35% dari area luasan total hunian.

**C. Bangkitan Dan Tarikan**

Pembentukan pola pergerakan yang diakibatkan oleh manusia ataupun barang yang dilakukan untuk perpindahan dalam kegiatan sehari-harinya baik dalam skala lokal maupun antar wilayah. Bangkitan pergerakan (*Trip Generation*) merupakan suatu tahapan dalam pemodelan dalam memperkirakan jumlah pergerakan yang memiliki perjalanan asal dari suatu zona atau juga dari tata guna. Sedangkan tarikan pergerakan merupakan perkiraan jumlah dari total pergerakan yang tertarik kedalam suatu tata guna lahan ataupun suatu zona. Bangkitan dan tarikan pergerakan merupakan suatu metode yang digunakan untuk memberikan pernyataan pada suatu bangkitan pergerakan di masa sekarang, yang pada masa mendatang akan digunakan kembali untuk melakukan prediksi pada pergerakan penumpang di masa mendatang.



**Gambar 1.** Bangkitan dan Tarikan

**2. METODOLOGI PENELITIAN**

Pada penelitian ini dilakukan dua penganalisaan yaitu menggunakan Metode *Furness* untuk mencari pola pergerakan penumpang pada tahun mendatang dan Metode Statistik Deskriptif sebagai pengolahan dari hasil kuesioner yang sudah disebar.

A. Metode *Furness*

Metode *Furness* banyak digunakan di negara maju yaitu Inggris dimana metode ini juga termasuk dari metode iterasi. Pengestimasiannya dilakukan berdasarkan faktor pertumbuhan pada setiap zonanya. Metode *furness* ini dipastikan selalu memiliki solusi akhir dan juga sudah terbukti dalam efisiensinya lebih baik dibandingkan dengan metode analogi perhitungan Matriks Asal Tujuan lainnya.

B. Metode Statistik Deskriptif

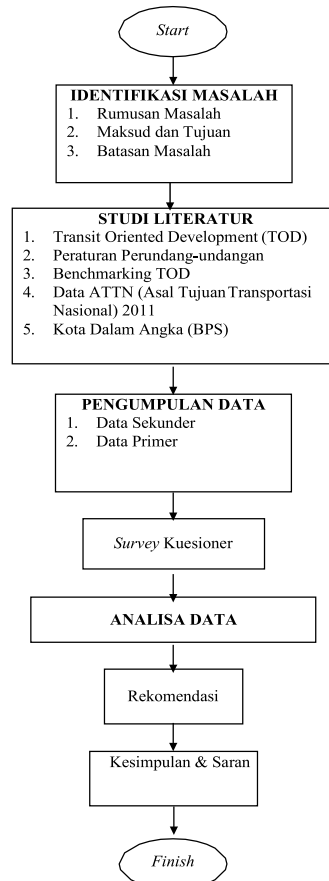
Statistik deskriptif adalah ilmu yang mempelajari cara-cara dalam melakukan pengumpulan data, penyusunan data, dan juga untuk penyajian data dari suatu penelitian. Metode ini merupakan bagian dari ilmu statistic yang dapat meringkas, menyajikan, dan juga mendeskripsikan data dalam bentuk yang dapat lebih mudah dimengerti dan mudah dibaca sehingga dapat menyalurkan informasi secara lengkap. Teknik analisa data ini memiliki hubungan dengan hal-hal yang berkenaan dengan menguraikan atau memberikan keterangan pada suatu data atau keadaan dan fenomena, dengan kata lain dapat disimpulkan bahwa teknik analisa data ini dapat melihat gambaran secara umum dari data yang didapatkan.



**Gambar 2.** Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kawasan Terminal Tipe A Poris Plawad Tangerang Banten. Dimana terdapat pintu tol Kunciran – Batuceper – Cengkayang dengan jarak dari terminal  $\pm$  1km, nantinya juga akan terdapat MRT Balaraja – Cikarang yang sudah di tertera dalam JUTPI 2 yang mana linatasan MRT ini akan melewati Stasiun Batu Ceper sebagai bagian yang terintegrasi dengan Terminal Tipe A Poris Plawad yang juga sebagai titik simpul dari TOD. Dari titik simpul TOD dengan jarak tempuh sekitar 20 menit terdapat Bandara Soekarno Hatta sebagai pintu masuk utama ke wilayah DKI Jakarta melalui transportasi udara. Pengembangan TOD pada Kawasan Terminal Tipe A Poris Plawad ini memiliki potensi dikarenakan wilayah sekitaran kawasan memiliki potensi dalam penaikan jumlah pengguna transportasi umum (massal).

Pada Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kualitatif dimana penelitian kualitatif memiliki pandangan terhadap segala sesuatu yang ada di tempat, atau bisa dikatakan masih memiliki sifat umum. Penelitian dengan metode kualitatif ini dapat mengenali dan merasakan apa yang dialami oleh subjek dari penelitian dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui berapa potensi demand perlu melakukann penumpulan data bangkitan dan tarikan dari pergerakan penumpang serta data pertumbuhan ekonomi pada masing masing wilayah. Dalam data pola pergerakan penumpang yang berdasarkan dengan data Asal Tujuan Transportasi Nasional (ATTN) tahun 2011 menjelaskan bahwa pembagian wilayah berdasarkan dengan Kabupaten/Kota.

Tabel 1. Pembagian Zona Wilayah Internal dan Eksternal

Zona Wilayah	Cakupan Area	Keterangan
Zona Internal	Kota Tangerang	Meliputi seluruh wilayah Kota Tangerang
	Jabodetabek	DKI Jakarta, Kota Bogor, Kab. Bogor, Kota Bekasi, Kab. Bekasi, Kota Depok, Kab. Tangerang, Kota. Tangerang Selatan
Zona Eksternal	Prov. Banten	Meliputi seluruh wilayah kecuali Kab. & Kota Tangerang, dan Kota Tangerang Selatan.
	Prov. Jawa Tengah	Meliputi seluruh wilayah Prov. Jawa Tengah
	Prov. Jawa Timur	Meliputi seluruh wilayah Prov. Jawa Timur
	Prov. Jawa Barat	Meliputi seluruh wilayah Prov. Jawa Barat kecuali Kota Depok, Kab. Dan Kota Bogor
	D.I. Yogyakarta	Meliputi seluruh wilayah D.I. Yogyakarta
	Pulau Sumatera	Meliputi seluruh wilayah Pulau Sumatera
	Pulau Bali	Meliputi seluruh wilayah Pulau Bali

**Tabel 2. Matriks Asal Tujuan Tahun 2011**

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Kota Tangerang	Jabodetabek	Prov. Banten	Prov. Jawa Tengah	Prov. Jawa Timur	Prov. Jawa Barat	D.I Yogyakarta	Pulau Sumatera	Pulau Bali	Oi
1	Kota Tangerang	35.675.827	13.421.727	9.271.827	4.058.582	13.176.998	801.530	19.407.324	114.004	95.928.219
2	Jabodetabek	5.138.565	27.299.027	29.382.595	13.626.400	130.035.509	2.669.524	114.690.294	325.285	322.165.299
3	Prov. Banten	753.756	28.593.351	22.007.801	9.430.696	25.479.389	1.808.149	21.515.792	449.097	110.038.091
4	Prov. Jawa Tengah	6.929.827	55.700.386	18.287.102	280.041.176	143.351.184	68.262.696	87.594.832	10.230.698	670.398.951
5	Prov. Jawa Timur	3.429.077	37.985.014	9.478.902	308.019.909	71.788.489	33.007.318	82.989.827	21.406.640	588.115.176
6	Prov. Jawa Barat	10.617.631	97.136.928	27.303.098	194.766.728	66.700.478	10.737.373	95.871.832	3.685.352	506.819.300
7	D.I Yogyakarta	1.755.003	14.840.578	4.689.975	191.531.053	83.978.882	30.175.198	22.414.564	3.099.482	352.484.733
8	Pulau Sumatera	16.251.540	104.707.921	21.165.504	86.365.385	80.737.848	96.329.136	8.436.775	5.845.850	419.837.959
9	Prov. Bali	43.322	740.670	202.227	3.011.728	8.689.009	1.430.681	301.501	3.658.967	18.078.105
	Dd	44.928.721	375.381.675	121.845.522	844.337.086	547.263.471	511.786.584	126.024.866	448.143.582	45.154.408

Pada tabel diatas dapat diketahui jumlah dari bangkitan (Oi) dan tarikan (Dd) penumpang pada tahun 2011 yang termasuk dalam zona internal dan eksternal. Dapat dilihat bahwa jumlah bangkitan dan tarikan penumpang wilayah Kota Tangerang mencapai 95.928.219 orang/tahun, dengan total tarikan penumpang pada wilayah Kota Tangerang mencapai 44.928721 orang/tahun.

**Tabel 3. Data yang di butuhkan**

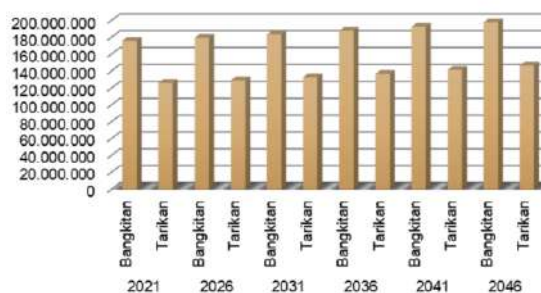
Zona	Jumlah Penduduk (jiwa)	PDRB ADHB (Rp.)	PDRB ADHK (Rp.)	PDRB ADHB Perkapita (Rp.)	PDRB ADHK Perkapita (Rp.)
Kota Tangerang	1.847.341	63.774.000.000	31.469.000.001	34.522.050.883	17.034.754.277
Jabodetabek	26.253.066	1.299.558.980	569.428.121	224.614.947	99.994.142
Prov. Banten	6.689.118	192.173.716.365	94.180.233.822	17.443.109.160	8.548.844.608
Pro. Jawa Tengah	32.643.612	498.614.636	198.226.349	15.376.171	6.112.861
Prov. Jawa Timur	37.687.622	884.143.575	366.984.301	23.459.787	9.737.529
Pro. Jawa Barat	31.494.438	597.271.047	221.611.871	18.964.334	7.036.540
D.I Yogyakarta	3.487.325	51.782.092	22.129.707	14.848.657	6.345.754
Pulau Sumatera	57.280.675	400.710.368.406	161.564.946.672	6.995.559.469	2.820.583.847
Prov. Bali	3.643.472	73.478.000.000	30.753.000.001	20.167.027.495	8.440.575.363

Setelah didapatkan data dari Matriks Asal Tujuan, jumlah penduduk, PDRB ADHB, PDRB ADHK, PDRB ADHB perkapita, dan PDRB ADHK perkapita tahun 2011 dilakuakn Analisa regresi dan korelasi sehingga didapatkan bahwa yang memenuhi persyaratan dari hasil korelasi dan regresi yaitu variabel jumlah penduduk. Maka proyeksi terhadap Pola Pergerakan Penumpang dilakukan terhadap variabel jumlah penduduk. Proyeksi pergerakan penumpang dilakukan pada 25 tahun mendatang dengan perhitungan per 5 tahun. Didapatkan hasil pola bangkitan & tarikan Matrik Asal Tujuan Kota Tangerang.

**Tabel 4. Proyeksi Bangkitan dan Tarikan Tahun 2021**

No.	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Oi 2021
		Kota Tangerang	Jabodetabek	Prov. Banten	Prov. Jawa Tengah	Prov. Jawa Timur	Prov. Jawa Barat	D.I Yogyakarta	Pulau Sumatera	Pulau Bali	
1	Kota Tangerang	57.610.264	26.591.999	9.621.925	6.999.793	19.339.401	1.840.606	53.087.438	700.556	175791974,7	
2	Jabodetabek	13.883.584	34.402.041	19.394.620	14.946.643	121.390.015	3.899.144	199.548.110	1.263.580	408727658,1	
3	Prov. Banten	3.328.876	48.005.664	23.745.215	16.908.825	38.879.186	4.316.948	61.190.649	2.869.225	199244583,6	
4	Pro. Jawa Tengah	10.541.256	32.210.429	12.974.546	172.939.686	75.341.198	56.134.408	85.804.396	22.512.969	468458819,2	
5	Prov. Jawa Timur	7.690.397	32.290.865	9.886.491	168.273.997	55.465.498	39.901.830	119.506.778	69.248.900	502246857,8	
6	Pro. Jawa Barat	22.816.278	79.352.766	27.365.649	102.249.998	58.190.074	12.473.575	132.668.868	11.456.545	446573784,5	
7	D.I Yogyakarta	2.742.684	8.816.765	3.418.580	73.125.437	53.280.806	16.293.309	22.557.400	7.007.201	187242206,9	
8	Pulau Sumatera	63.973.954	156.692.691	38.857.382	83.057.672	129.029.386	131.016.981	17.953.985	33.290.005	653872090,8	
9	Prov. Bali	1.088.266	7.073.133	2.369.425	18.483.052	88.613.442	12.417.399	4.094.407	59.189.665	193328759,5	
	Dd 2021	126065295,8	422052578,2	155866114,1	497951915,8	540908665,4	470142986,6	140614904,7	733553304,3	148348980,2	

**Kota Tangerang**



**Gambar 4. Grafik bangkitan dan tarikan kota singkawang**



**Tabel 5. Proyeksi Bangkitan dan Tarikan Tahun 2046**

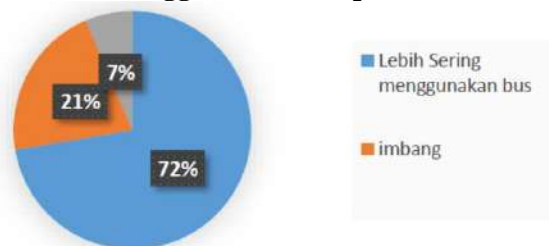
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
No.	Kota Tangerang	Jabodetabek	Prov. Banten	Prov. Jawa Tengah	Prov. Jawa Timur	Prov. Jawa Barat	D.I Yogyakarta	Pulau Sumatera	Pulau Bali	Oi 2046	
1	Kota Tangerang	77.756.925	21.130.483	12.683.710	8.164.999	22.324.835	1.813.377	53.021.024	831.137	197726491,9	
2	Jabodetabek	19.731.457		33.136.729	30.990.785	21.133.994	169.861.593	4.656.542	241.585.546	1.817.187	522913747,5
3	Prov. Banten	3.073.778	51.028.863		24.651.572	15.533.473	35.346.515	3.349.564	48.131.080	2.680.888	183795735,4
4	Pro. Jawa Tengah	14.242.110	50.098.778	11.880.699		232.464.688	100.223.409	63.730.570	98.754.590	30.778.964	602173587,2
5	Prov. Jawa Timur	9.250.312	44.713.220	8.059.678	227.571.774		65.687.877	40.330.827	122.452.018	84.286.838	602352797,6
6	Pro. Jawa Barat	27.712.189	110.952.411	22.526.808	139.631.402	70.316.184		12.730.740	137.265.322	14.080.528	535215675,3
7	D.I Yogyakarta	2.819.519	10.434.153	2.381.842	84.520.395	54.494.219	16.491.618		19.753.957	7.289.254	198184993,6
8	Pulau Sumatra	68.102.877	192.025.832	28.035.201	99.411.307	136.656.804	137.323.398	16.060.528		35.860.421	713476359,8
9	Prov. Bali	1.306.897	9.778.378	1.928.489	24.955.929	105.873.256	14.682.216	4.131.750	60.550.533		223207374,5
	Dd 2046	146239138,8	546788560,6	129079928,6	644416872,9	644637615,4	561941460,9	146803898,2	781514069,8	177625217,5	

Didapatkan hasil presentasi pola pergerakan bangkitan dan tarikan terhadap orang yang berangkat dari dan ke Wilayah Kota Tangerang pertiapa tahunnya sebesar 3%.

**A. Willingness To Use**

Pada bab ini merupakan penjelasan mengenai proses dari analisa kusioner yang sudah disebar. Proses pengambilan data yang dilakukan dengan memiliki tujuan untuk mendapatkan hasil yang hasil dari identifikasi konsep pengembangan Kawasan TOD. Pada kuesioner yang sudah di bagikan memiliki dua indikator yang dimana masing-masing indikator bertujuan untuk melihat keinginan dari masyarakat jika Kawasan Terminal Tipe A *Poris Plawad* di jadikan Kawasan TOD. Berdasarkan dari penyusunan kuesioner maka diperoleh data sebagai berikut:

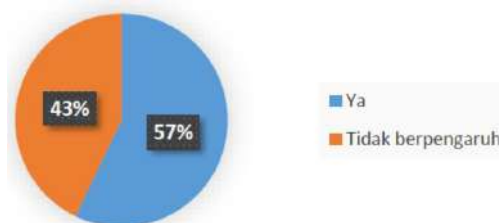
**Perbandingan Dalam Penggunaan Transportasi Umum dan Moda Lain**



**Gambar 5.** Presentase Penggunaan Transportasi Umum dan Moda Lain.

Pada hasil dari penelitian ini dilihat dari segi *willingned to use* dari Pengguna Terminal Tipe A *Poris Plawad* dan Pengguna Stasiun Batu Ceper yang mana masyarakat lebih sering menggunakan bus dengan presentase 72%, imbang ditunjukkan pada presentasi 21%, dan untuk penggunaan moda transportasi lain dengan presentasi 7%. Hal ini menenjukan bahwa Pengguna Terminal Tipe A *Poris Plawad* lebih sering menggunakan moda transportasi umum yaitu bus dibandingkan dengan moda transportasi lainnya.

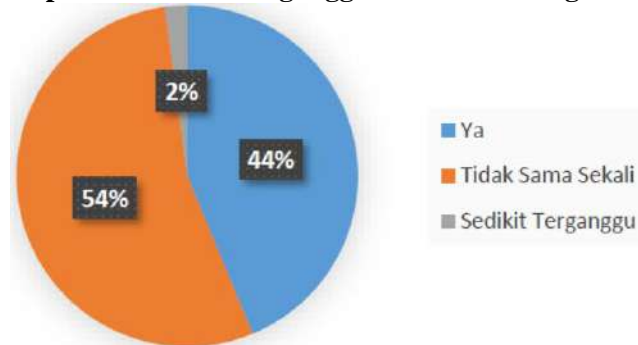
**Peningkatan Intensitas Penggunaan Bus/Kereta**



**Gambar 6** Presentase Peningkatan Intensitas Penggunaan Kendaraan Umum Jika Kawasan dikembangkan Menjadi Kawasan TOD

Dilihat dari hasil presentase yang didapatkan dari kuesioner yang sudah disebar bahwa para Pengguna Terminal Tipe A *Poris Plawad* dan Pengguna Stasiun Batu Ceper bersedia untuk meningkatkan intesitas dalam penggunaan bus maupun kereta apabila kawasa di sekitar Terminal Tipe A *Poris Plawad* ini akan dikembangkan menjadi Kawasan TOD ditunjukkan dengan jumlah presentase sebesar 57% dan yang merasa terpengaruh dengan adanya pengembangan Kawasan TOD ini ditunjukkan dengan presentasi 43%.

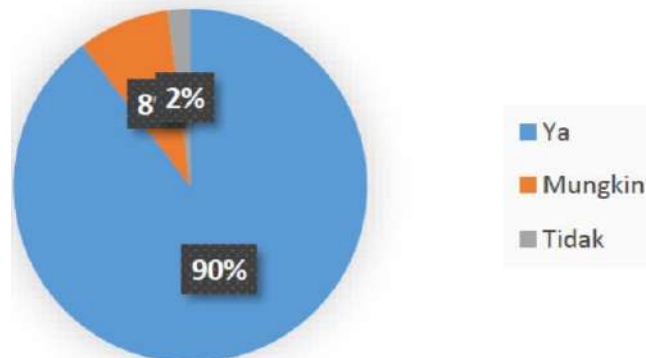
**Apakah Merasa Terganggu Jika dikembangkan**



**Gambar 7.** Presentase Kenyamanan Masyarakat

Penilaian diatas ditujukan kepada masyarakat sekitar Terminal Tipe A Poris Plawad. Masyarakat sekitar merasa perkembangan TOD ini sangat baik dan memiliki pengaruh yang cukup tinggi pada perkembangan ekonomi (Gambar 8). Dari hasil presentase diatas ditunjukkan dengan jumlah presentase sebesar 54% yang menyatakan bahwa perkembangan Kawasan TOD ini tidak akan merasa terganggu jika di terapkan di kawasan sekitar Terminal Tipe A Poris Plawad.

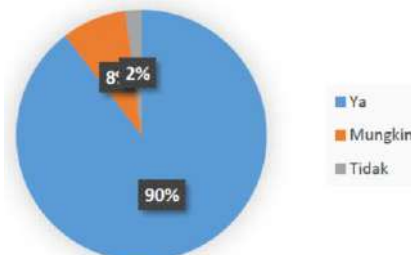
**Dapat Mempengaruhi Perkembangan Ekonomi**



**Gambar 8.** Presentase Pengaruh Perekonomian Masyarakat Sekitar.

Seperti yang sudah di jelaskan diatas bahwa masyarakat merasa diuntungkan jika Kawasan Terminal Tipe A Poris Plawad di kembangkan menjadi Kawasan TOD. Masyarakat yakin bahwa dengan adanya pengembangan kawasan ini maka akan bertumbuh juga perkembangan perekonomian area sekitar pengembangan kawasan yang di nyatakan dengan presentase sebesar 90%.

**Apakah Akan Menggunakan Transportasi Umum Pada Terminal/ Stasiun**

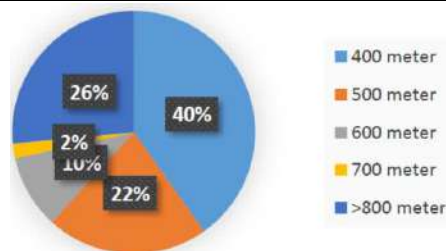


**Gambar 9.** Presentase Peralihan Penggunaan Transportasi Umum Pada Masyarakat Sekitar

Pada hasil presentase diatas yang menyatakan bahwa masyarakat sekitar bersedia untuk menggunakan moda transportasi umum di Terminal Tipe A Poris Plawad dan Stasiun Batu Ceper jika kawasan ini dikembangkan menjadi Kawasan TOD dan dinyatakan dengan presentase 90%.

**B. Karakteristik TOD dan Aplikasi Konsep *Mixed Use***

Dari hasil penyebaran kuesioner yang sudah di lakukan didapati bahwa masyarakat memiliki keinginan untuk melakukan pealihan moda dari kendaraan pribadi menjadi kendaraan umum. Dalam penerapan terkait dengan karakteristik TOD kelengkapan pada suatu jaringan insrastruktur dan juga nyaman pengguna jalan dalam berjalan kaki dalam pengusaannya harus semaksimal mungkin dalam penerpan di suatu kawasannya. Maka dari itu berikut merupakan hasil dari analisis kuesioner mengenai kesanggupan masyarakat dalam berjalan kaki.



**Gambar 10.** Presentasi Kemampuan Berjalan Kaki Masyarakat.

Pada presentase diatas di jelaskan bahwa kesanggupan masyarakat untuk berjalan kaki yitu 400 meter (40%), 500 meter (22%), 600 meter (10%), 700 meter 2%, dan >800 meter (26%). Dapat dilihat bahwa rata- rata masyarakat sanggup melakukan perjalanan dengan berjalan kaki dengan jarak 400 meter.

**Tabel 6.** Moda Transportasi yang Diharapkan di Integrasikan Pada TOD.

Moda Transportasi	Keterangan
Angkutan Kota	Prioritas 1
AKAP	Prioritas 2
Transtangerang	Prioritas 3
Trans Jabodetabek	Prioritas 4
AKDP	Prioritas 5

Tabel diatas menjelaskan bahwa masyarakat mengharapkan adanya pengintegrasian pada moda transportasi umum ketika kawasan terminal poris plawad dikembangkan menjadi kawasan TOD. Ketika kawasan ini berkembang menjadi kawasan TOD masyarkat bersedia untuk melakukan perpindahan moda transportasi yang mereka gunakan dari kendaraan pribadi dan beralih menggunakan transportasi umum. Dimana pada pengintegrasian nya masyarakat memprioritaskan Angkutan Kota sebagai prioritas utama jika kawasan terminal poris plawad dikembangkan menjadi Kawasan TOD.

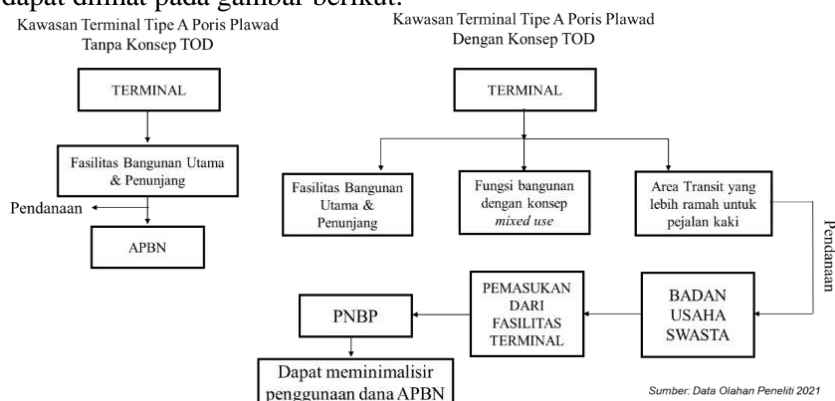
**Tabel 7.** Fungsi Bangunan Mixed Use yang Diharapkan Terbangun.

Fasilitas	Keterangan
Komersial & Bisnis	Prioritas 1
Kesehatan	Prioritas 2
Penginapan	Prioritas 3
Pendidikan	Prioritas 4
Pariwisata & Industri	Prioritas 5
Sosial	Prioritas 6

Pengembangan kawasan TOD ini juga tidak luput dengan penambahan fungsi bangunan yang sesuai dengan prinsip TOD. Hasil dari analisa kuesioner yang di dapat menyebutkan bahwa fungsi bangunan yang diharapkan untuk terbangun oleh masyarakat merupakan fungsi bangunan Komersial & Bisnis. Dengan terbangunnya fungsi bangunan tersebut masyarkatn berharap untuk perkembangan ekonomi masyarkat dapat juga berkembang.

C. Potensi Revenue Stream

Revenue stream dapat diartikan sebagai aliran pendapatan, dimana kita dapat memprediksi pendapatan yang akan didapatkan ketika Terminal Tipe A Poris Plawad dikembangkan menjadi Kawasan TOD dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 11.** Diagram Potensi Revenue Stream

Pada diagram diatas dijelaskan pendanaan/sumber pendapatan yang didapatkan dari pengembangan kawasan Terminal Tipe A *Poris Plawad* menggunakan konsep TOD dan tanpa menggunakan konsep TOD. Pengembangan Kawasan TOD di Terminal Poris ini dapat membantu pemerintah dalam biaya operasional dan pemeliharaan terminal yang mana pendapatan yang dihasilkan dari investor serta pengembangan fungsi bangunan baru yang dibangun pada Kawasan TOD di Terminal *Poris Plawad* dan dapat menkan biaya APBN untuk digunkan pada terminal lainnya yang masih membutuhkan pengembangan Kawasan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan dengan hasil dari analisa dan pembahasan, maka dapat diperoleh kesimpulan yang dapat diambil dari peneliti mengenai Analisa Pengembangan Kawasan *Transit Oriented Development* Studi Kasus Terminal Tipe A *Poris Plawad*.

1. Jika Teminal Tipe A Poris Plawad dikembangkan menjadi Kawasan TOD, masyarakat setuju dengan pengembangan Kawasan ini berdasarkan dengan:
  - Potensi kenaikan perekonomian yang akan meningkat;
  - Pengintegrasian moda yang beragam; dan
  - Fungsi bangunan *mixed use* dan fasilitas yang berpotensi untuk menaikkan intensitas pengunjung.
2. Dalam penerapan konsep mixed use sebagai salah satu prinsip dari pengembangan kawasan TOD masyarakat memiliki prioritas utama pada fungsi bangunan yang nantinya akan di bangun pada kawasan TOD yang dapat dilihat sebagai berikut:
  - Prioritas ke-1 = Komersial & Bisnis
  - Prioritas ke-2 = Kesehatan
  - Prioritas ke-3 = Penginapan

#### 5. REFERENSI

- [1] D. A. Harja et al., “Analisis Tingkat Kepuasan Pengguna Jasa Terhadap Pelayanan Terminal Poris Plawad Tangerang,” vol. 1, pp. 117–124, 2020.
- [2] M. Lestari and Suhadak, “Pengaruh Pembangunan Infrastruktur Terhadap Pertumbuhan Ekonomi dan Pemerataan Ekonomi Indonesia (Studi Pada Badan Pusat Statistik Tahun 2003-2017),” *J. Adm. Bisnis*, vol. 70, no. 1, pp. 98–105, 2019.
- [3] H. Z. Rahman, P. M. Sejatiguna, and R. F. Hany, “PENINGKATAN NILAI TAMBAH KELAYAKAN INFRASTRUKTUR SOSIAL BERBASIS REKAYASA NILAI ( Studi Kasus di Stadion Olahraga DKI Jakarta ) ( VALUE ADDED ENHANCEMENT APPROPRIATENESS IN SOCIAL INFRASTRUCTURE BASED ON VALUE ENGINEERING ( CASE STUDY AT DKI JAKARTA SPORT, ” pp. 1–13.
- [4] A. Fachmi, “Redesain Terminal Poris Plawad Kota Tangerang Provinsi Banten,” pp. 292–301.
- [5] A. P. Priadmaja, Anisa, and L. Prayogi, “Penerapan Konsep Transit Oriented Development (TOD) Pada Penataan Kawasan Di Kota Tangerang,” *PURWARUPA J. Arsit.*, vol. 1, no. 2, pp. 53–60, 2017.
- [6] H. Natanael and Y. Basuki, “Pengembangan Transit Oriented Development (TOD) pada Titik Transit Trase Light Rail Transit (LRT) Provinsi Sumatera Selatan,” *Ruang*, vol. 4, no. 1, pp. 75–84, 2018, doi: 10.14710/ruang.4.1.75-84.
- [7] U. Pembangunan, P. Budi, and T. Ismail, “Fakultas Teknik Perancangan Terminal dalam Kawasan Pembangunan Berorientasi Transit : Studi Kasus Terminal Pinang Baris Medan,” vol. 3, no. 5, pp. 15–23, 2016.
- [8] N. A. Kamila, M. N. Putri, E. Martini, U. E. Unggul, T. O. Development, and D. Kawasan, “ANALISIS KESESUAIAN KARAKTERISTIK KAWASAN BERDASARKAN KRITERIA TRANSIT ORIENTED DEVELOPMENT ( TOD ) ( STUDI KASUS : STASIUN JURANGMANGU ),” 2011.
- [9] A. Setiawan and Ikaputra, “Tipologi pengembangan kawasan berbasis transit di kawasan Stasiun Maguwo, Yogyakarta,” *ARTEKS J. Tek. Arsit.*, vol. 5, no. 2, pp. 255–264, 2020, doi: 10.30822/arteks.v5i2.402.
- [10] H. Dittmar and G. Ohland, *The New Transit Town*. Washington, DC: Island Press, 2004.
- [11] A. Widyakusuma, “... ORIENTED DEVELOPMENT) UNTUK BANDARA DENGAN

- 
- MENGAMBIL STUDI KASUS: TERMINAL 3 ULTIMATE BANDARA SOEKARNO HATTA (Transit ...," J. KaLIBRASI-Karya Lintas Ilmu ..., pp. 32-55, 2019.
- [12] "TOD Series #2: Praktik Penerapan Konsep TOD di Berbagai Kota di Dunia," 2019. .
- [13] D. Lestari and F. G. Mukti, "Menjajal Sistem Transportasi Singapura yang TerintegrasiNo Title," 2017.
- [14] A. R. Wahyuningsih, M. Ir. Agus Riyanto, and Ms. Prof.Dr.Ir. Ahmad Munawar, "ANALISIS BANGKITAN DAN TARIKAN PERJALANAN (Studi Kasus Pada Tata Guna Lahan Rumah Sakit Umum di Klaten)," 2013.
- [15] R. Safitri, "Analisis Pola Pergerakan Berdasarkan Estimasi Matriks Asal Tujuan Menggunakan Data Telepon Seluler ( Studi Kasus Provinsi Bali )," Fropil, vol. 3, no. 2 Juli-Desember 2015, p. 9, 2015.
- [16] T. Aprilliansyah and Herman, "Perkiraan Distribusi Pergerakan Penumpang di Provinsi Jawa Barat Berdasarkan Asal Tujuan Transportasi Nasional," J. Online Inst. Teknol. Nas., vol. 1, no. 1, pp. 29-40, 2015.
- [17] G. Fisher, J. E. Wisneski, and R. M. Bakker, "Business Model Canvas," Strateg. 3D, vol. 15, no. 1, pp. 174-184, 2020, doi: 10.1093/oso/9780190081478.003.0019.
- [18] Basrowi & Suwandi, dalam Penelitian Pendidikan Bahasa, vol. 1, no. 1. 2014.

## Pemanfaatan Metode Delphi untuk Membangun Konsensus Prioritasi Topik Riset: Kasus Teknologi Transportasi

Hary Soebagyo<sup>1\*</sup>, Djoko W. Karmiadi<sup>2</sup>, Ira N. Djarot<sup>3</sup>, Arif T.K<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

<sup>2</sup> Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN), Jakarta

\* Corresponding author: [harysoebagyo59@gmail.com](mailto:harysoebagyo59@gmail.com)

**Abstrak.** Untuk perencanaan jangka panjang, diperlukan topik penelitian yang strategis sebagai pedoman untuk mencapai tujuan tertentu. Saat ini, berbagai topik penelitian di bidang teknologi transportasi telah dibuat oleh masing-masing institusi dari banyak institusi. Hal inilah yang menyebabkan kurang fokus dan rendahnya efektifitas pencapaian hasil riset. Sedangkan untuk membangun sektor transportasi modern, perlu ada strategi dan prioritas riset teknologi yang akan dilakukan untuk jangka panjang. Oleh karena itu, perlu juga adanya kesepakatan bersama dari para pemangku kepentingan untuk perumusan prioritas topik penelitian. Topik prioritas yang terpilih akan diimplementasikan untuk perencanaan jangka panjang. Berkaitan dengan hal tersebut, telah dilakukan kegiatan studi berbasis penggunaan metode Delphi untuk membangun konsensus dari para pemangku kepentingan untuk perumusan prioritas topik penelitian jangka panjang. Dari kegiatan ini diperoleh konsensus tentang prioritas penelitian teknologi transportasi untuk dimasukkan dalam perencanaan jangka panjang. Makalah ini membahas bagaimana metode Delphi digunakan sebagai “alat” untuk membangun konsensus prioritas topik penelitian jangka panjang hingga 2030.

**Kata kunci**—Perencanaan jangka panjang, topik riset, prioritas, transportasi, metode Delphi.

### 1. PENDAHULUAN

Guna merealisasikan sebuah bentuk transportasi nasional yang efektif, efisien dan modern, perlu disusun sebuah skenario riset teknologi transportasi jangka panjang, dimana dalam skenario tersebut dipertimbangkan berbagai aspek penting seperti kondisi dan karakteristik geografis, budaya, ideologis, politis, ekonomi, dan kapasitas penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi nasional.

Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Kemendiknas) yang sekarang telah bermetamorfosis menjadi Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN) telah mengeluarkan sebuah kebijakan yang dikenal dengan nama Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) [6]. Didalam kebijakan BRIN tersebut dituliskan akan perlunya pengaplikasian teknologi yang modern pada alat transportasi dan adanya sarana dan prasarana fisik canggih dan mumpuni, serta SDM canggih yang mengembangkan dan mengoperasikannya sesuai dengan karakteristik kewilayahan khas Indonesia. Untuk itu ada persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi secara komprehensif mulai dari penguasaan pasar, perencanaan proses dan produk, pelaksanaan perkerjasama hingga masalah purna jualnya sedemikian rupa hingga industri transportasi nasional dapat berswasembada dan berjaya di negeri sendiri.

Kementerian Perindustrian (Kemendag) juga telah menyusun kebijakan untuk pengembangan industri nasional termasuk sektor otomotif atau sektor transportasi ini [9]. Melalui kebijakan yang dikenal dengan nama “Making Indonesia 4.0”, maka ada 5 sektor industri teratas yang menjadi prioritas untuk dikembangkan dan dikuasai dimasa mendatang. Ke 5 sektor industri tersebut adalah: Makanan & minuman; Textil & apparel; 3. Otomotif; 4. Elektronik; 5. Kimia. Otomotif menjadi ranking 3 sebagai prioritas kementerian perindustrian yang dimasukkan kedalam kategori industry 4.0. Data-data menyebutkan bahwa sektor industri transportasi kendaraan bermotor dan alat transportasi lainnya hingga saat ini masih menduduki posisi sebagai andalan investasi Indonesia. Jadi, sektor transportasi ini masih merupakan prioritas utama andalan Indonesia yang akan tetap dikembangkan di masa mendatang.

Sementara itu Kementerian Perhubungan (Kemendag) dalam kebijakannya juga mengutamakan sektor transportasi sebagai wahana utama pembangunan nasional [8]. Pada pembangunan dan pengembangan transportasi nasional sektor ini diutamakan untuk peningkatan konektivitas dan peningkatan sistem logistik yang harus bisa melayani seluruh wilayah Indonesia. Pengembangan konektivitas nasional tersebut adalah pembangunan dan pengembangan transportasi jalan untuk aksesibilitas dan daya saing wilayah, pembangunan dan pengembangan transportasi perkereta-apian, pembangunan dan pengembangan transportasi laut, serta pembangunan dan pengembangan bandara

pengumpul dan pengumpan.

Dengan memperhatikan berbagai kebijakan dari lembaga-lembaga yang sangat terkait bidang transportasi diatas, tidak diragukan lagi upaya untuk membangun dan mengembangkan sektor transportasi nasional sebagai sokoguru pembangunan nasional yang andal di masa mendatang. Hal ini juga selaras dengan kebijakan yang disampaikan oleh Kementerian Perencanaan Nasional/ Bappenas bahwa pilar utama pembangunan Indonesia di masa mendatang adalah adanya peran besar riset dan teknologi untuk mendukung keberlanjutan dan penguatan ekonomi, yaitu mendorong pertumbuhan yang merata dan inklusif dalam koridor negara-negara yang demokratis, aman, dan maju [7].

Meskipun demikian, permasalahannya juga masih ada, yaitu bagaimana membangun konsensus dan komitmen diantara lembaga-lembaga dan para stakeholder semuanya dalam berstrategi memilih dan memposisikan topik riset apa yang akan diutamakan untuk dikerjakan. Untuk itu sebuah study diperlukan guna membangun konsensus tersebut dan menjadikannya hasil study tersebut sebagai upaya strategis untuk bergerak dan membangun bersama, serta menjadikannya sebagai perencanaan nasional jangka panjang pembangunan riset teknologi transportasi nasional.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Teknik Delphi yang digunakan adalah merupakan metode yang lazim dipakai dan diterima untuk mengumpulkan data dari responden dalam domain keahlian mereka. Teknik ini dirancang sebagai proses komunikasi kelompok yang bertujuan untuk mencapai konvergensi pendapat tentang masalah dunia nyata tertentu. Delphi dapat dicirikan sebagai metode untuk menyusun suatu proses komunikasi kelompok sehingga prosesnya efektif dalam memungkinkan sekelompok individu, secara keseluruhan, untuk menangani masalah yang kompleks [2, 10]. Untuk mencapai “komunikasi terstruktur” ini, terdapat: feedback dari kontribusi individu atas informasi dan pengetahuan, beberapa feedback atas penilaian atau pandangan kelompok, beberapa kesempatan bagi individu untuk merevisi pandangannya, dan beberapa tingkat anonimitas untuk tanggapan individu [3,4]. Kenyataannya Delphi adalah kombinasi dari prosedur polling dan prosedur konferensi yang mencoba untuk menggeser sebagian besar upaya yang diperlukan bagi individu untuk berkomunikasi dari kelompok responden yang lebih besar ke hal yang relatif lebih kecil [12]. Metode ini memang umum digunakan dan banyak diterima untuk mengumpulkan data dari responden dalam domain keahliannya [1].

Peneliti Delphi menggunakan metode ini terutama dalam kasus di mana judgmental information sangat diperlukan, dan biasanya menggunakan serangkaian kuesioner diselingi dengan feedback opini yang terkontrol. Sementara itu, tujuan dari metode survey Delphi ini diantaranya adalah untuk : menentukan atau mengembangkan berbagai kemungkinan alternatif program, mengeksplorasi atau mengekspos asumsi yang mendasarinya, mencari informasi yang dapat menghasilkan konsensus pada bagian kelompok responden, dan sebagainya.

Teknik Delphi sangat cocok sebagai sarana dan metode guna membangun konsensus dengan menggunakan serangkaian kuesioner untuk mengumpulkan data dari panel subyek yang dipilih. Delphi, berbeda dengan teknik pengumpulan dan analisis data lainnya, menggunakan beberapa iterasi yang dirancang untuk mengembangkan konsensus tentang topik tertentu. Iterasinya mengacu pada proses feedback. Proses ini dipandang sebagai serangkaian putaran; dimana pada setiap putaran, peserta bekerja melalui kuesioner yang dikembalikan kepada peneliti yang mengumpulkan, mengedit, dan mengembalikannya kepada setiap peserta tentang pernyataan posisi seluruh kelompok dan posisi dari peserta sendiri. Akumulasi komentar membuat setiap peserta mengetahui range dari pendapat dan alasan yang mendasari pendapat tersebut. Lebih khusus lagi, proses feedback memungkinkan dan mendorong para peserta Delphi yang dipilih untuk menilai kembali penilaian awal mereka tentang informasi yang diberikan dalam iterasi sebelumnya. Dengan demikian, dalam penelitian Delphi, hasil iterasi sebelumnya mengenai pernyataan dan/ atau item tertentu dapat diubah atau dimodifikasi oleh masing-masing anggota panel dalam iterasi selanjutnya berdasarkan kemampuan mereka untuk meninjau dan menilai komentar dan feedback yang diberikan oleh panelis Delphi lainnya.

Karakteristik penting lainnya yang melekat dengan menggunakan teknik Delphi adalah kemampuan untuk memberikan anonimitas kepada responden, proses feedback yang terkontrol, dan kesesuaian berbagai teknik analisis statistik untuk menginterpretasi data. Salah satu karakteristik utama dan keuntungan dari proses Delphi adalah anonimitas subjek yang dapat mengurangi efek dari individu yang dominan yang sering menjadi perhatian ketika menggunakan proses berbasis kelompok yang digunakan untuk mengumpulkan dan menyintesis informasi. Secara teoritis, proses Delphi dapat terus diulang hingga tercapai sebuah konsensus. Namun, beberapa pakar menyampaikan bahwa dua iterasi

seringkali sudah cukup untuk mengumpulkan informasi yang dibutuhkan dan untuk mencapai konsensus dari banyak kasus [4].

Berdasarkan uraian di atas, dipilih metode survei Delphi untuk digunakan dalam perumusan kebijakan jangka panjang riset teknologi transportasi nasional. Metode ini menggunakan pendekatan penelitian kualitatif dan kuantitatif yang dikenal dengan metode gabungan baik metode kualitatif maupun kuantitatif [11,13]. Berikut diuraikan penggunaan metode Delphi yang lazim untuk mendapatkan dan mengumpulkan data-data, meski dalam prakteknya masih dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan dan kondisi yang terjadi pada saat pelaksanaan kegiatan ini.

Putaran 1: Pada putaran pertama, proses Delphi dimulai secara tradisional dengan kuesioner terbuka. Kuesioner terbuka berfungsi sebagai batu penjurus untuk mengumpulkan informasi spesifik tentang area konten dari subjek Delphi [4]. Setelah menerima respons subyek, peneliti perlu mengonversi informasi yang dikumpulkan menjadi kuesioner yang terstruktur dengan baik. Kuesioner ini digunakan sebagai instrumen survei untuk putaran kedua pengumpulan data.

Putaran 2: Pada putaran kedua, setiap peserta Delphi menerima kuesioner kedua dan diminta untuk meninjau kembali item-item yang diringkas oleh para tim peneliti berdasarkan informasi yang diberikan di putaran pertama. Dengan demikian, panelis Delphi mungkin diperlukan untuk menilai atau “mengurutkan peringkat item untuk menetapkan prioritas awal di antara item. Selanjutnya, bidang pertentangan dan kesepakatan diidentifikasi” dan setiap panelis Delphi ini diminta pula untuk merevisi penilaiannya atau “untuk menentukan alasan untuk tetap berada di luar konsensus” [4]. Pada putaran ini ada kesempatan panelis Delphi untuk membuat klarifikasi lebih lanjut dari informasi dan penilaian mereka tentang kepentingan relatif dari item sekaligus memberikan kesempatan terakhir bagi para peserta untuk merevisi hasil penilaian mereka.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Menentukan Isu Strategis Dan Prioritasi Topik Riset dengan Survey Delphi

Untuk mengumpulkan data primer, dilakukan survey tentang isu besar terkait teknologi transportasi Nasional menggunakan metode Delphi secara daring (online) berbasis website dan diskusi berbasis aplikasi whatsapp. Teknik Delphi yang digunakan ini adalah sebuah metode untuk penataan proses komunikasi kelompok pakar bidang transportasi agar dalam proses pengumpulan data primernya dapat berlangsung secara efektif dan efisien yang memungkinkan sekelompok individu, secara keseluruhan, untuk menangani masalah yang kompleks dalam bidang transportasi nasional. Teknik yang digunakan ini juga merupakan salah satu metode peramalan atau perkiraan tentang isu strategis yang harus dipecahkan ataupun yang harus dicapai di masa mendatang. Tujuan dari teknik ini adalah untuk mengembangkan suatu perkiraan konsensus masa depan dengan meminta pendapat para ahli, dan pada saat yang sama menghilangkan masalah yang sering terjadi, yaitu dengan melakukan komunikasi tatap muka [4,14]. Dalam pelaksanaan kegiatan ini, teknik Delphi digunakan untuk mencapai tujuan sebagai berikut:

- 1) Untuk menentukan atau mengembangkan berbagai alternatif program tentang teknologi transportasi nasional;
- 2) Untuk menjelajahi atau mengekspos asumsi yang mendasari atau informasi yang mengarah kepenilaian yang berbeda dari sebuah pemikiran terkait bidang transportasi nasional;
- 3) Untuk mencari dan menggali informasi yang dapat menghasilkan konsensus sebagai bagian dari kelompok responden yang ahli dalam bidang teknologi transportasi;
- 4) Untuk menghubungkan penilaian informasi pada topik yang mencakup berbagai disiplin keilmuan bidang teknologi transportasi, dan
- 5) Untuk mengajak diskusi kelompok responden atau para pakar transportasi tersebut mengenai aspek beragam dan saling terkait dari topik-topik yang ada.

Kegiatan riset ini adalah untuk melakukan pendekatan dengan pakar bidang teknologi transportasi guna mendapatkan informasi mengenai kondisi rekayasa sistem transportasi nasional dan kriteria, serta alternatif yang akan diajukan. Pendekatan dilakukan dengan menggunakan surat elektronik kemudian dilakukan perbandingan dan analisis terhadap tanggapan para pakar (anggota/panelis/stakeholder) lainnya atau ditambah dengan interview, dan kemudian dilaporkan kembali pada partisipan untuk mendapatkan tanggapan. Penggunaan metode Delphi dalam pengambilan keputusan dengan melakukan interview berulang kali ini adalah semacam “musyawarah untuk mufakat tertulis” memungkinkan responden untuk mengemukakan pendapat tanpa ada paksaan dari pihak lain [4,5]. Pada penelitian ini,

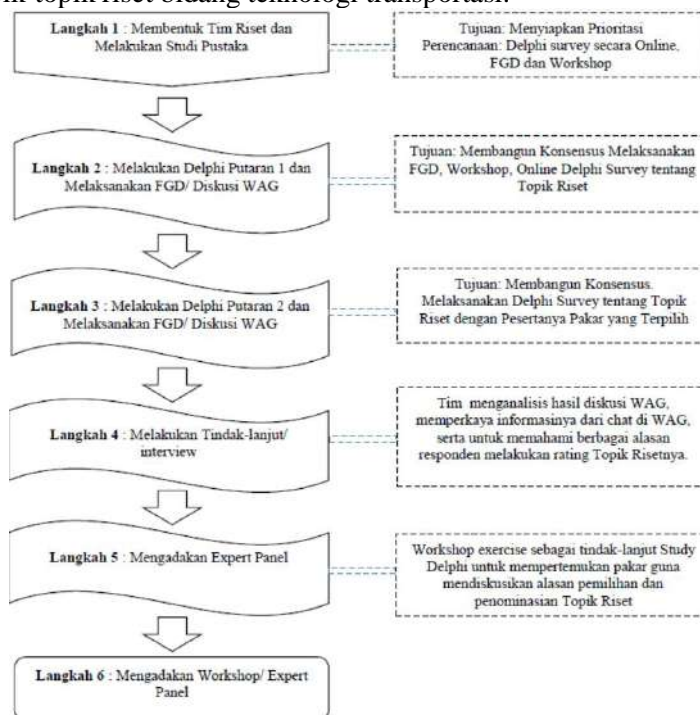


alasan dasar menggunakan metode Delphi adalah kemudahan dalam mendapatkan informasi dan kebebasan berpendapat dari para pakar, serta tidak mengganggu aktivitasnya.

Mengingat para pakar transportasi mempunyai kesibukan dan waktu luang yang berbeda, maka kuesioner disediakan pada satu website sehingga dapat diakses secara online, kapan pun dan dari mana pun. Selain itu, untuk saling berbagi informasi, pengalaman dan pengetahuan tentang transportasi nasional, dibentuk satu grup diskusi menggunakan aplikasi whatsapp, sehingga para peserta dapat saling berbagi dan berdiskusi secara langsung.

Tahapan yang dilakukan dalam study ini dapat dijelaskan pada gambar 1, dimana pada setiap langkah dari studi Delphi dijelaskan pada gambar tersebut. Dari gambar 1 ini dapat diperlihatkan kronologis langkah-langkah yang diambil. Langkah pertama adalah penyiapan tim riset yang sekaligus sebagai tim fasilitator kegiatan penelitian. Tim ini berfungsi sedemikian rupa dalam penyiapan berbagai hal dan disertai dengan kegiatan untuk melakukan study literatur. Tim bekerja guna menyiapkan upaya prioritasi dari berbagai topik riset bidang teknologi transportasi dengan melakukan penyiapan prasarana riset dengan membuat online Delphi survey, membuat WAG, menyelenggarakan FGD dan workshop.

Berikutnya, langkah kedua, yaitu melakukan survey Delphi putaran 1, tujuannya adalah untuk mendapatkan opini responden, mengelompokkannya, menganalisis data, serta merangkum dan mengerucutkan topik-topik riset hasil diskusi yang telah dilakukan. Langkah ketiga, melakukan survey Delphi putaran kedua dengan bahan dari hasil penyempurnaan yang telah dilakukan pada putaran pertama. Tujuannya adalah untuk membangun konsensus dari stakeholder dan pakar yang terpilih tentang prioritas topik-topik riset bidang teknologi transportasi.



**Gambar 1.** Diagram alir proses survey Delphi

Langkah keempat adalah merekap semua hasil diskusi, menganalisisnya, serta memahami alasan-alasan prioritas seperti apa yang telah disampaikan oleh responden, stakeholder dan para pakar. Apabila ada hal penting yang perlu ditinjau lebih dalam, maka dapat dilakukan *deep interview* terhadap pakar terpilih. Selanjutnya langkah kelima adalah mengadakan expert panel yang diikuti oleh pakar-pakar terpilih guna mengerucutkan hasil study, melakukan prioritas topik riset, mendiskusikan kembali alasan pemilihan dan penominasian topik riset. Terakhir adalah langkah keenam, yaitu membuat workshop guna memutuskan hasil study berupa prioritas topik riset bidang transportasi dan menetapkan konsensus prioritas topik riset yang dapat dilakukan hingga tahun 2030, serta memberikan saran dan masukan untuk perencanaan kebijakannya. Untuk menjamin kehandalan metode Delphi ini, maka survey dilakukan dalam 2 putaran dengan rincian sebagai berikut:

### 1. Survey Delphi Putaran Pertama

Survey ini dilakukan untuk mendapatkan respon dari para responden yang merupakan pakar transportasi dan praktisi pada bidang transportasi di Indonesia yang terdiri dari perwakilan dari sektor

Pemerintah, Bisnis, Akademisi dan Peneliti. Total isu yang diajukan sebanyak 20 buah. Kepada respondendiminta untuk memberikan penilaian, yaitu: skala 1 (sangat tidak tidak setuju), 2 (tidak setuju), 3 (Agak tidak setuju), 4 (Netral), 5 (agak setuju), 6 (Setuju) dan 7 (sangat setuju), serta juga diminta memberikan sebuah saran/ masukan serta prioritas isunya. Pada survey Delphi putaran pertama ini, responden yang merespon survey sebanyak 45 orang, hasilnya disajikan pada tabel di bawah ini.

**Tabel 1.** Tabel Isu Survey Delphi (Putaran 1)

ISU	URAIAN ISU	PENILAIAN (%)						
		7 (SS)	6 (S)	5 (AS)	4 (N)	3 (ATS)	2 (TS)	1 (STS)
1	Kebutuhan transportasi nasional semakin meningkat pesat ditahun-tahun mendatang	70.2	29.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Transportasi nasional yang baik akan berdampak padapenguatan ekonomi dan penguasaan pasar nasional	74.4	25.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Ketidaksiapan Indonesia pada penguasaan teknologi transportasi akan menghadapi Indonesia dalam berbagai kesulitan seperti ekonomi, sosial budaya dan kesejahteraan masyarakat	57.4	34.0	6.38	0.00	2.13	0.00	0.00
4	Indonesia adalah tempat yang cocok untuk investasi industri transportasi karena : letak geografisnya yang strategis dan populasi penduduknya yang besar, dimana halini dapat menyebabkan adanya market dan demand yang tinggi untuk bidang transportasi	65.9	27.6	6.38	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Di masa mendatang peningkatan otomatisasi, penggunaan teknologi robotika dan artificial intelligent (AI) akan berdampak signifikan pada pengurangan lapangan kerja di industri transportasi nasional	25.5	55.3	10.6	4.26	4.26	0.00	0.00
6	Perlu segera ada dorongan dan percepatan dalam kegiatan Riset dan Inovasi untuk teknologi transportasi	57.4	38.3	2.13	2.13	0.00	0.00	0.00
7	Perlu upaya penguatan kemampuan dan penguasaan Iptek Nasional melalui dukungan kebijakan dan program yang konsisten serta berkesinambungan	61.7	36.1	0.00	2.13	0.00	0.00	0.00
8	Dalam hal penguatan SDM, maka perlu segera upaya kebijakan untuk penciptaan SDM bernilai tinggi (highskilled) untuk menyongsong perkembangan teknologi transportasi di masa mendatang	61.7	36.1	0.00	0.00	2.13	0.00	0.00
9	Perlu kebijakan penguatan teknologi transportasi guna mendorong terjadinya multiflier effect termasuk untuk pengembangan infrastruktur industry transportasi yang lengkap dengan SDM yang terlibat	63.8	34.0	0.00	2.13	0.00	0.00	0.00
10	Perlu segera mempercepat peningkatan koordinasi dan sinkronisasi yang baik antar lembaga (segenap unsur ABG) serta menurunkan ego sectoral diantara lembaga-lembaga yang terkait bidang transportasi	70.2	29.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Secara teknis perlu segera membangun jalan raya seperti Toll Road di seluruh wilayah Indonesia demi kelancaran arus angkutan barang maupun penumpang	53.1	25.5	19.1	2.13	0.00	0.00	0.00
12	Pembangunan transportasi nasional harus mampu mengintegrasikan sarpras transportasi seperti terminal bus, bandara, dan pelabuhan	59.5	36.1	4.26	0.00	0.00	0.00	0.00
13	Perlu segera secara sistematis membangun kedaulatan transportasi Nasional dan secara konsisten membangun keberpihakan pada penggunaan produk nasional untuk alat transportasi	72.3	27.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	Dukungan yang diharapkan dari negara adalah: bantuan atau subsidi untuk kegiatan R&D di industry, tax credit, financial support, dukungan export (misalnya: export credit guarantee, credit insurance, financing), penggunaan produk alat transportasi DN oleh Pemerintah, menyiapkan ekosistem yang baik dan kondusif termasuk legal aspek bagi industritransportasi nasional	48.9	42.5	2.13	2.13	4.26	0.00	0.00
15	Kendaraan transportasi massal berbasis rel harus menjadiprioritas utama dalam pengembangan transportasi nasional	57.4	25.5	10.6	6.38	0.00	0.00	0.00
16	Jembatan udara melalui pesawat terbang harus segeradiprioritaskan pembangunannya mengingat wilayah Indonesia yang luas dan berupa kepulauan	44.6	42.5	12.7	0.00	0.00	0.00	0.00
17	Kapal laut dan pelabuhan harus dikembangkan sedemikian rupa agar kapasitas angkut baik barang maupun penumpang menjadi lancar dan memenuhi kebutuhan masyarakat tanpa ada hambatan yang signifikan	61.7	31.9	6.38	0.00	0.00	0.00	0.00
18	Kendaraan yang bersifat lebih pribadi seperti kendaraan roda empat (mobil) dan roda dua (speda motor) perlu diatur dan dibatasi penggunaannya	59.5	38.3	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00
19	Di masa mendatang transportasi berbasis energy fosil akan segera ditinggalkan dan diganti dengan kendaraan berbasis energy baru terbarukan (EBT) dan kendaraan berbasis listrik	53.1	40.4	2.13	4.26	0.00	0.00	0.00
20	Perlu ada arahan kebijakan dalam bentuk foresight dan roadmap bidang teknologi transportasi yang mengakomodasi pencapaian teknologi transportasi nasional untuk tahun 2045	63.8	36.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Terhadap 20 isu yang terdapat di dalam form survey, responden memberikan rerata penilaian yang setara dengan penilaian MENDEKATI SANGAT PENTING terhadap seluruh isu. Responden telah secara antusias memberikan pendapatnya terkait dengan teknologi transportasi nasional dan memandang isu-isu terkait dengan teknologi, politik dan ekonomi merupakan isu yang sangat penting yang perlu segera dilakukan dengan langkah nyata. Secara khusus, terpilih 2 isu penting yang menjadi topik riset

paling strategis dari putaran 1, yaitu:

“Perlu segera secara sistopiktis membangun kedaulatan transportasi Nasional dan secara konsisten membangun keberpihakan pada penggunaan produk nasional untuk alat transportasi” (isu 13).

dan isu:

“Perlu ada arahan kebijakan dalam bentuk foresight dan roadmap bidang teknologi transportasi yang mengakomodasi pencapaian kapasitas teknologi transportasi nasional untuk tahun 2045”. menduduki peringkat atas pada survey pertama ini dan sekaligus menunjukkan pentingnya isu ini untuk segera ditindaklanjuti” (isu 20).

### Survey Delphi Putaran Kedua

Survey ini dilakukan untuk mendapatkan respon dari para responden yang merupakan praktisi pada bidang transportasi di Indonesia yang terdiri dari perwakilan dari sektor Pemerintah, Bisnis, Akademisi dan Peneliti. Total isu yang diajukan juga sejumlah 20 buah yang merupakan pengembangan dan penyempurnaan dari isu yang disampaikan pada survey putaran pertama.

Tabel 2 : Tabel Isu Survey Delphi (Putaran 2)

ISU	URAIAN ISU	PENILAIAN (%)						
		7 (SS)	6 (S)	5 (AS)	4 (N)	3 (ATS)	2 (TS)	1 (STS)
1	Kebutuhan transportasi nasional semakin meningkat pesat di tahun-tahun mendatang	70.21	29.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Transportasi nasional yang baik akan berdampak pada penguatan ekonomi dan penguasaan pasar nasional	76.60	21.28	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Ketidaksiapan Indonesia pada penguasaan teknologi transportasi akan menghadapi Indonesia dalam berbagai kesulitan seperti ekonomi, sosial budaya dan kesejahteraan masyarakat	59.57	31.91	6.38	0.00	2.13	0.00	0.00
4	Indonesia adalah tempat yang cocok untuk investasi industri transportasi karena : letak geografisnya yang strategis dan populasi penduduknya yang besar, dimana hal ini dapat menyebabkan adanya market dan demand yang tinggi untuk bidang transportasi	68.09	23.40	8.51	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Guna mempercepat kemandirian dan kedaulatan transportasinya, Indonesia perlu segera mendorong pengembangan industry penunjang infrastruktur, sarana dan prasarana, serta peralatan transportasinya, utamanya untuk transportasi massal baik otomotif, kendaraan berbasis rel, kapal laut maupun pesawat terbang yang lengkap dengan standar yang baku	46.81	42.55	4.26	4.26	2.13	0.00	0.00
6	Perlu segera ada dorongan dan percepatan dalam kegiatan Riset dan Inovasi untuk teknologi transportasi	59.57	36.17	2.13	2.13	0.00	0.00	0.00
7	Perlu upaya penguatan kemampuan dan penguasaan Iptek Nasional melalui dukungan kebijakan dan program yang konsisten serta berkesinambungan	68.09	29.79	0.00	2.13	0.00	0.00	0.00
8	Dalam hal penguatan SDM, maka perlu segera upaya kebijakan untuk penciptaan SDM bernilai tinggi (high skilled) untuk menyongsong perkembangan teknologi transportasi di masa mendatang	68.09	27.66	2.13	0.00	2.13	0.00	0.00
9	Perlu kebijakan penguatan teknologi transportasi guna mendorong terjadinya multiplier effect termasuk untuk pengembangan infrastruktur industry transportasi yang lengkap dengan SDM yang terlibat	61.70	36.17	0.00	2.13	0.00	0.00	0.00
10	Perlu segera mempercepat peningkatan koordinasi dan sinkronisasi yang baik antar lembaga (segenap unsur ABG) serta menurunkan ego sektoral diantara lembaga-lembaga yang terkait bidang transportasi	74.47	25.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Perlu segera membangun ekosistem sistem transportasi dengan perencanaan yang matang dan memperhatikan aspek transportasi berkelanjutan interaksi transportasi dengan tata ruangnya yang efektif dan efisien baik untuk alat angkut penumpang maupun barang (logistic), serta dapat menjamin keseimbangan pertumbuhan antar hub dan sinergitas sistem transportasi dengan sistem transitnya	53.19	27.66	12.77	6.38	0.00	0.00	0.00
12	Pembangunan transportasi nasional harus mampu mengintegrasikan sarpras transportasi seperti terminal bus, bandara, dan pelabuhan	65.96	27.66	4.26	2.13	0.00	0.00	0.00
13	Perlu segera secara sistopiktis membangun kedaulatan transportasi Nasional dan secara konsisten membangun keberpihakan pada penggunaan produk nasional untuk alat transportasi	68.09	29.79	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00
14	Pengembangan transportasi Indonesia kedepan harus mengutamakan aspek transportasi modern yang meliputi: Connected, Automated, Shared, Electrified Transportation System dimana akan dilakukan otomatisasi pada semua moda alat transportasi baik otomotif, kendaraan berbasis rel, kapal laut maupun pesawat terbang	48.94	42.55	2.13	2.13	4.26	0.00	0.00
15	Kendaraan transportasi massal berbasis rel harus menjadi prioritas utama dalam pengembangan transportasi nasional	59.57	23.40	6.38	10.64	0.00	0.00	0.00
16	Indonesia perlu segera melakukan pengembangan dan penguasaan teknologi material maju (advanced material) serta teknologi manufakturnya guna mendukung industry transportasi yang modern	55.32	31.91	12.77	0.00	0.00	0.00	0.00
17	Kapal laut dan pelabuhan harus dikembangkan sedemikian rupa agar kapasitas angkut baik barang maupun penumpang menjadi lancar dan memenuhi kebutuhan masyarakat tanpa ada hambatan yang signifikan	70.21	23.40	6.38	0.00	0.00	0.00	0.00
18	Mengingat wilayah Indonesia yang sangat luas dan berupa kepulauan maka Indonesia perlu segera melakukan inovasi dan pengembangan berbagai alat transportasi modern yang sesuai karakteristik wilayahnya misalnya pesawat terbang yang dapat take off dan landing di air, kapal dan pesawat nir awak, kereta cepat, kapal cepat, hover craft, dll	57.45	40.43	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00
19	Di masa mendatang transportasi berbasis energy fosil akan segera ditinggalkan dan diganti dengan kendaraan berbasis energy baru terbarukan (EBT) dan kendaraan berbasis listrik	74.47	19.15	2.13	4.26	0.00	0.00	0.00
20	Perlu ada arahan kebijakan dalam bentuk foresight dan roadmap bidang teknologi transportasi yang mengakomodasi pencapaian kapasitas teknologi transportasi nasional untuk tahun 2045	65.96	31.91	0.00	2.13	0.00	0.00	0.00

Pada survey Delphi putaran kedua ini, responden yang merespon survey sejumlah 47 orang. Dari

survey ini terlihat responden telah memberikan pendapatnya terkait dengan teknologi transportasi nasional dan memandang isu-isu yang terkait dengan teknologi, politik dan anggaran merupakan isu yang sangat penting dan perlu segera dilakukan dengan langkah nyata. Secara khusus, diperoleh 2 isu strategis dari putaran kedua, yaitu:

“Guna mempercepat kemandirian dan kedaulatan transportasinya, Indonesia perlu segera mendorong pengembangan industri penunjang infrastruktur, sarana dan prasarana, serta peralatan transportasinya, utamanya untuk transportasi massal baik otomotif, kendaraan berbasis rel, kapal laut maupun pesawat terbang yang lengkap dengan standar yang baku.” (isu 5).

dan isu:

“Pengembangan transportasi Indonesia kedepan harus mengutamakan aspek transportasi modern yang meliputi: Connected, Automated, Shared, Electrified Transportation System dimana akan dilakukan otomatisasi pada semua moda alat transportasi baik otomotif, kendaraan berbasis rel, kapal laut maupun pesawat terbang.” (isu 14).

Kedua isu tersebut diatas telah menduduki peringkat atas pada survey ini yang memerlukan tindak lanjut. Kemudian setelah dilakukan proses diskusi yang panjang dari stakeholder dan para pakar yang terlibat, maka hasil Survey Delphi yang kedua ini telah dapat disepakati bahwa kedua isu tersebut diatas pada prinsipnya dapat dijadikan prioritas utama untuk pembangunan riset teknologi bidang transportasi.

#### **4. KESIMPULAN**

Dari hasil diskusi dapat disimpulkan perlu segera disusun kebijakan jangka panjang (hingga tahun 2030) untuk topik pengembangan riset dalam bidang teknologi transportasi kedepan, yaitu:

1. Mendorong pengembangan industri penunjang infrastruktur, sarana dan prasarana, serta peralatan transportasi untuk berbagai moda transportasi dengan basis penguasaan teknologi yang modern guna menegakkan kedaulatan bangsa dan negara”.
2. Pengembangan transportasi yang mengedepankan aspek transportasi modern yang meliputi: Connected, Automated, Shared, Electrified Transportation System dimana akan dilakukan otomatisasi pada semua moda alat transportasi.

#### **SARAN**

Selanjutnya dari kegiatan ini dapat diberikan saran atau rekomendasi kebijakan untuk merealisasikan riset teknologi transportasi nasional, yaitu:

1. Segera menyusun pokok-pokok kebijakan dan program pengembangan riset teknologi transportasi nasional jangka panjang sebagai pengarah dalam berbagai kegiatan riset dan pengembangan, serta inovasi teknologi produk dan proses terkait untuk semua multi moda transportasi.
2. Segera menyusun paket-paket kebijakan riset dan melakukan pengembangan riset teknologi transportasi yang komprehensif dan berjangka panjang. Paket-paket kebijakan tersebut harus selaras dengan program-program Nasional bidang lainnya seperti program pengembangan industri, program penguatan sumberdaya manusia, program pengembangan kawasan, serta program pengembangan perekonomian dan sosial budaya.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih kami sampaikan kepada pimpinan Kementerian Riset dan Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk melakukan kegiatan penelitian ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada rekan-rekan Kementerian Riset dan Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian yang telah dilakukan. Tak lupa juga kami sampaikan terima kasih kepada lembaga-lembaga dan para pakar yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu atas partisipasinya dalam penyusunan kuesioner dan FGD dan juga kerjasamanya yang baik hingga dapat dituliskannya makalah ini.

#### **5. REFERENSI**

- [1] BPPT, *Rekayasa Sistem Industri Satelit Penginderaan Jauh Nasional Indonesia (Inarssat): Laporan Akhir Insentif Riset Sinas 2016* (in Indonesian). Kemenristekdikti, Jakarta, 2016.
- [2] Bintoro, O. B at all, *Using a modified Delphi method to make a consensus on priority research*

- themes: Case study of Indonesia Foresight Disaster Research Topics In 2045, 2019 IEEE Asia-Pacific Conference on Geoscience, Electronics and Remote Sensing Technology (AGERS), Jakarta, 2019.
- [3] Bintoro, OB. at all, Combining Delphi Study and Scenario Planning for Indonesia Research Priorities in Maritime Sector, 2019 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES), Yogyakarta, 2019
- [4] Bintoro, O. B., Agustan., Sutrisno, D., & Sadly, M. (2018). Key Issues of the National Initiative for Indonesia Remote Sensing Satellite: Three rounds Delphi Study. In 2018 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES) (pp. 1-5). IEEE, 2019 IEEE Asia- Pacific Conference on Geoscience, Electronics and Remote Sensing Technology (AGERS) 119 978-1- 7281-5077-2/19/\$31.00 ©2019 IEEE.
- [5] Gene Rowea, George Wright, The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis, International Journal of Forecasting, 1999.
- [6] Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi, Rencana Induk Riset Nasional (RIRN), Perpres Nomor 38 Tahun 2018, Jakarta, 2018.
- [7] Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Kepala Bappenas, Sosialisasi Visi Indonesia, Jakarta, 2045
- [8] Kementerian Perhubungan, Kebijakan Transportasi Nasional Untuk Meningkatkan Konektivitas Dan Sistem Logistik, Inovasi Teknologi Untuk Daya Saing Dan Kemandirian Bangsa, 17 – 18 Juli 2017, Kongres Teknologi Nasional (TKN) 2017, Jakarta, 17 Juli 2017.
- [9] Kementerian Perindustrian, Making Indonesia 4.0, Menteri Perindustrian Republik Indonesia, Jakarta, 2018.
- [10] Murray Turoff and Harold A. Linstone, The Delphi Method Techniques and Applications, New Jersey Institute of Technology, Portland State University, USA, 2002.
- [11] Muri Yusuf. A, Metode Penelitian, Kuantitatif Kualitatif & Penelitian Gabungan, Prenada Media Grup, Jakarta, 2015 Robert R. Schaller, Technology Roadmap: Implications for Innovation, Strategy, and Policy, The Institute of Public Policy, George Mason University Fairfax, VA, 26 March 1999
- [12] Sherri L. Jackson, Research Methods A Modular Approach, Wadsworth/ Cengage Learning, Belmont, USA, 2010.
- [13] Shakila Thangaratinam, Charles WE Redman, The Delphi Technique, [www.rcog.org.uk/togonline](http://www.rcog.org.uk/togonline), 2005

# Pengaruh Kinerja Keuangan Build Operate & Transfer terhadap Kinerja Sistem Penyediaan Air Minum di Indonesia: Sebuah Kajian Komparatif

Nicco Plamonia<sup>1, 1, 2</sup>, M.A Heldeweg<sup>3</sup>, K.R.D Lulofs<sup>4</sup>, Akhmad Dhofir<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

<sup>2</sup> Centre for Studies in Technology and Sustainable Development, University of Twente, Netherlands

<sup>3</sup> Department of Governance & Technology for Sustainability (CSTM), University of Twente Netherlands

<sup>4</sup> Department Technology, Policy Society (TPS), University of Twente, Netherlands

\* Corresponding author: [n.plamonia@utwente.nl](mailto:n.plamonia@utwente.nl), [niccoplamonia@univpancasila.ac.id](mailto:niccoplamonia@univpancasila.ac.id)

**Abstrak.** Kemitraan Pemerintah-Swasta (KPS) dalam membiayai Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) adalah salah satu bentuk kelembagaan (*institusi*). Kelembagaan yang mengatur kerjasama antara aktor publik dan swasta dalam menangani kompleksitas sosio-teknis (keseimbangan) dari *input*, *throughput*, dan *output* dari SPAM. Tujuan dari artikel ilmiah ini adalah untuk memahami bagaimana kinerja keuangan sebuah institusi KPS yang berbentuk *Build, Operates, and Transfer* (BOT) mempengaruhi kinerja SPAM. Analisa empiris dilakukan dengan membandingkan tiga kasus BOT berbeda. Performa SPAM berperan sebagai variabel tak bebas (*dependent variable*) diperbandingkan dan dianalisa, kemudian dihubungkan dengan Performa Keuangan sebagai variabel bebas (*independent variable*). Analisa kemudian dibangun dengan memberikan nilai penilaian terhadap perbandingan kinerja tiga kasus BOT yang berbeda. Hipotesa dari artikel ini adalah terdapat hubungan yang bersifat positif ketika kinerja keuangan BOT lebih baik menyebabkan performa SPAM menjadi lebih baik, lebih jauh, performa SPAM yang baik berarti mampu menyediakan air perpipaan yang dapat diminum langsung.

**Kata kunci**— *Performa keuangan, Performa sistem, BOT, SPAM*

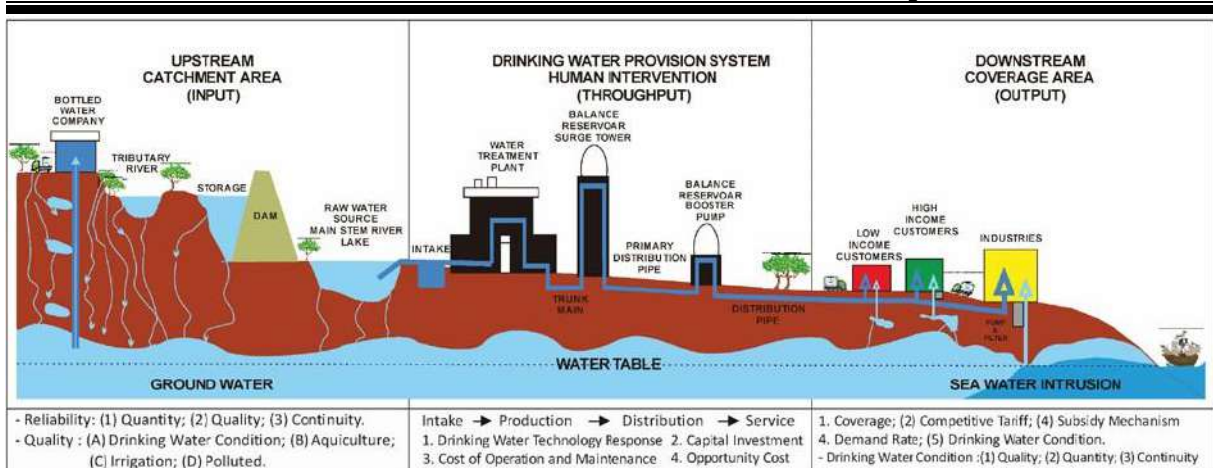
## 1. PENDAHULUAN

Sebagai bagian dari penelitian yang lebih besar, artikel ini bermaksud untuk mempelajari hubungan antara performa sistem dan keuangan dari sebuah kelembagaan BOT. Latar belakang artikel ini karena kami meyakini bahwa performa SPAM adalah produk langsung dari performa (alokasi) finansial. Selanjutnya performa finansial sebuah proyek BOT yang mempengaruhi fungsi-fungsi teknis SPAM. Pertanyaan penelitian yang akan dijawab adalah ‘bagaimana pengaruh kinerja keuangan proyek BOT terhadap kinerja sistem penyediaan air minum, khususnya jika terkait dengan tujuan pengembangan cakupan pelayanan?’. Tujuan penelitian adalah untuk memberikan pertimbangan kepada pengambil keputusan pada saat menyiapkan KPS-BOT dengan mempelajari hubungan kinerja keuangan dengan kinerja SPAM dalam mengembangkan cakupan pelayanan. Artikel ini dibagi menjadi lima bagian: (1) Pendahuluan; (2) Metodologi; (3) Hasil dan Pembahasan; (4) Kesimpulan; (5) Referensi.

## 2. METODOLOGI

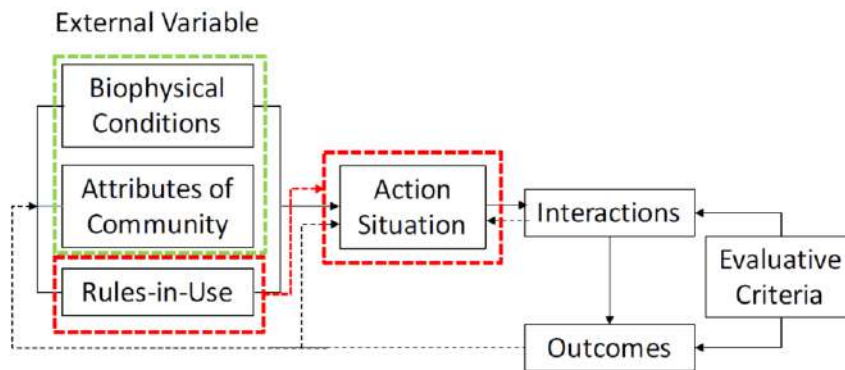
### Konseptual

Kompleksitas sosio-teknikal SPAM dan keterlibatan BOT sebagai sumber pembiayaan sangat kompleks. Penyederhanaan kompleksitas yang dimaksud dilakukan dengan membagi SPAM menjadi tiga komponen sebagai berikut: *input*, *throughput* and *output* (lihat Gambar 2-1) (Plamonia, 2020, p. 9; Sabar, 2008, p. 7). *Input* yang dimaksud adalah Air baku, dan air baku memiliki derajat ketersediaan (kualitas, kuantitas, dan kontinuitas) yang bervariasi dan stokastik (Nuraeni, 2011, p. 2). Sedangkan bagian *throughput* adalah proses yang terjadi di unit pengambilan air, unit produksi dan unit distribusi dan termasuk teknologi, layanan dan manajemen. (Government Regulation No. 16, 2005, p. 2; Carter, Tyrrel, & Howsam, 1999, p. 1; Rodriguez, Berg, & McMahon, 2012, p. 7). Respon teknikal untuk meningkatkan kualitas air baku yang buruk menjadi air minum menuntut kinerja keuangan, sehingga respon teknikal tidak random dan tidak stokastik. Pada bagian *output*, air minum yang diproduksi oleh SPAM adalah random dan stokastik. Disisi lain dengan keterlibatan BOT, mengharuskan aktor publik menyerahkan aset, termasuk ruang dan ‘konsumen’ dalam jangka waktu tertentu, kepada pelaku swasta. Aktor swasta menghabiskan uang mereka sebagai ‘respons’ terhadap kompleksitas *input-throughput-output* (Government Regulation No. 38, 2008, p. 3; Ozdoganm & Birgonul, 2000, p. 343)



Catatan: Air baku adalah input dikategorikan menjadi A, B, C, dan D dari kualitas tertinggi hingga terendah. Kualitas air baku mempengaruhi investasi modal dan teknologi yang dibutuhkan, biaya operasi dan pemeliharaan sebagai biaya dasar dalam fase throughput. Pada fase output, kualitas air yang tidak layak minum dapat menyebabkan konsumen mencari sumber alternatif seperti air kemasan dan air tanah. Sumber: (Plamonia, 2020, p. 9); Sabar (2008, p. 6)

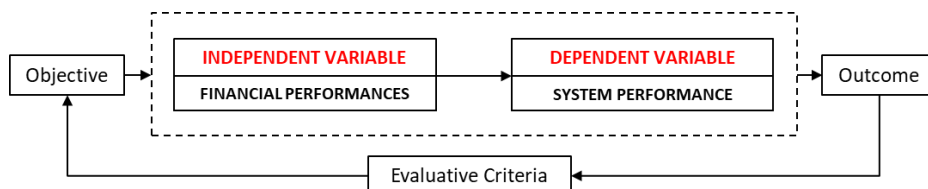
**Gambar 1.** Socio-Technical Complexity of Drinking Water Supply



Gambar 2 di atas menjelaskan tentang elemen dari IAD framework yang di gunakan dalam penelitian kami. Kotak merah dengan garis putus putus memvisualisasikan elemen yang diambil IAD framework dan Kotak hijau dengan garis putus putus memvisualisasikan data latar belakang saat BOT ber operasi. Sumber: (Ostrom, 2005, p. 15; Plamonia, 2020, p. 70)

**Gambar 2.** Institutional Analysis and Development framework

Terkait dengan BOT sebagai sebuah kelembagaan yang dikonstruksi, maka kami menggunakan *Institutional Analysis & Development Framework* (IAD) sebagai kacamata analisa (*theoretical framework*)(Gambar 2-2). Artikel ini hanya membahas bagaimana pengaturan keuangan mempengaruhi kinerja BOT saat beroperasi. Lebih spesifik lagi, BOT adalah produk pengambilan keputusan yang menghasilkan kontrak kemudian kontrak BOT yang mengatur operasional SPAM. Artinya, operasional SPAM adalah “implementasi hasil keputusan praktis (implementasi kontrak) oleh individu yang diberi wewenang oleh Kontrak untuk menjalankan operasional (McGinnis, 2011, p. 173; Ostrom, 2005, p. 59; Plamonia, 2020, p. 64). Model konseptual-nya adalah sebagai berikut “pengaruh kinerja keuangan (variabel X) (*cause/sebab*) terhadap kinerja sistem (variabel Y) (*effect/akibat*)” ( Lihat Gambar 2-3).



Catatan: Kinerja Keuangan (variabel X) (*cause/sebab*) terhadap Kinerja Sistem (variabel Y) (*effect/akibat*)

**Gambar 3.** Model Konseptual

Model yang disajikan dalam gambar 2-3 diatas mengasumsikan bahwa kinerja keuangan yang baik adalah satu-satunya yang berpengaruh terhadap kinerja SPAM secara keseluruhan dalam membangun jaringan air minum perpipaan layak. Dengan kata lain hanya kinerja keuangan yang mempengaruhi kinerja sistem jaringan air minum perpipaan. Hipotesis yang diajukan adalah terdapat hubungan positif

antara kinerja keuangan BOT dengan kinerja sistem. Dendandemikian, kinerja keuangan yang baik tersebut akan menghasilkan kinerja sistem yang lebih baik dan jugahasil yang lebih baik (cakupan air minum meningkat).Singkatnya, Performa Sistem pada saat kontrak BOTdijalankan di evaluasi dengan performa finansial. Indikator dari performa finansial dan indikator dari performa sistem (*output*) di sajikan Tabel 2-1.

**Tabel 1.** Implementasi BOT

Tabel 2-1 Implementasi BOT		
Evaluation	Outcome Indicator/Output	
System Performance	1. Coverage	%
	2. Unit Connection	Unit
	3. Volume Production	m <sup>3</sup> /year
	4. Volume Delivered	m <sup>3</sup> /year
	5. Volume Losses	m <sup>3</sup> /year
	6. Quality	Y/N
	7. Continuity	Y/N
Financial Performance	1. Capital	IDR
	2. Operational	IDR
	3. Basic Cost	IDR/m <sup>3</sup>
	4. Imaginary Tariff	IDR/m <sup>3</sup>
	5. Real Tariff	IDR/m <sup>3</sup>
	6. Margin	IDR/m <sup>3</sup>
	7. Water Charge	IDR/m <sup>3</sup>

Garis penalaran disampaikan dalam bentuk rantai kausal (urutan kondisi yang diperlukan) dalam Tabel 2- 1 sebagai berikut mulai dari kontrak yang mengatur alokasi finansial sampai ke hasil operasional yang tepat dan diharapkan. Kontrak ( $CC^{O-PPP}$ ) yang diimplementasi kan ( $O^{RiU^*}$ ) yang mampu mengatur interaksi aktor pada saat BOT operational ( $O^{Interactions}$ ) akan berpengaruh positif dalam pencapaian target kontraktual BOT ( $O^{O-Service}$ ). Realisasi pengembangan jaringan di evaluasi dengan membandingkan *outcome*, sekaligus memproyeksikan indikator performa sistem terhadap indikator kinerja finansial. Fokus penelitian adalah menjelaskan bagaimana kontrak BOT yang baik ( $CC^{O-PPP}$ ) yang kemudian diikuti dan dilaksanakan oleh aktor operasional ( $RiU^*$ ). Kontrak dilaksanakan oleh Aktor operasional dengan mempertimbang kondisi biofisik ( $O^{BpC}$ ) dan atribut komunitas ( $O^{AoC}$ ). Diharapkan interaksi pada saat BOT diimplementasikan ( $O^{Interactions}$ ) mengarah pada hasil yang diharapkan kontrak ( $O^{O-Service}$ ) (Lihat Tabel 3-1).

**Tabel 2.** Rantai Kausal Penalaran

$$O^{O-Service} \leftarrow O^{Interactions} \leftarrow O^{RiU^*} \leftarrow CC^{O-PPP}$$

Dimana,

- $O^{O-Service}$  : *Proper Outcome* (Performa Sistem Sesuai Kontrak)
- $O^{Interactions}$  : *Operational Interaction* (Interaksi Aktor pada Level Operasional)
- $O^{RiU^*}$  : *Operational Rules-in-Use* (kesesuaian interaksi dengan Kontrak)
- $CC^{O-PPP}$  : BOT Kontrak (i.e., the Contract)

### Metodologi

Proposisinya adalah bahwa 'kinerja keuangan yang lebih baik menyebabkan kinerja sistem lebih baik.' TigaKasus yang dipilih sebagai populasi:

1. Kasus pertama adalah PPP/BOT antara Tirta Benteng, Kota Tangerang dengan Moya Indonesia,Periode Operasional yang diteliti antara tahun 2013 hingga 2017.
2. Kasus kedua adalah Pemerintah Kabupaten Tangerang dan Aetra Air Tangerang, Periode Operasionalyang diteliti antara tahun 2008 hingga 2017.
3. Kasus ketiga adalah antara PAM JAYA dan PAM Lyonnaise Jaya. Periode Operasional yang ditelitiantara tahun 1998 hingga 2017.

Pengumpulan Data Lapangan dilakukan antara tanggal 16 Juli 2014 sampai dengan 6 Maret 2015 dan antara tanggal 21 Maret 2016 sampai dengan 23 Mei 2016. Data lapangan terdiri dari (1) lingkungan



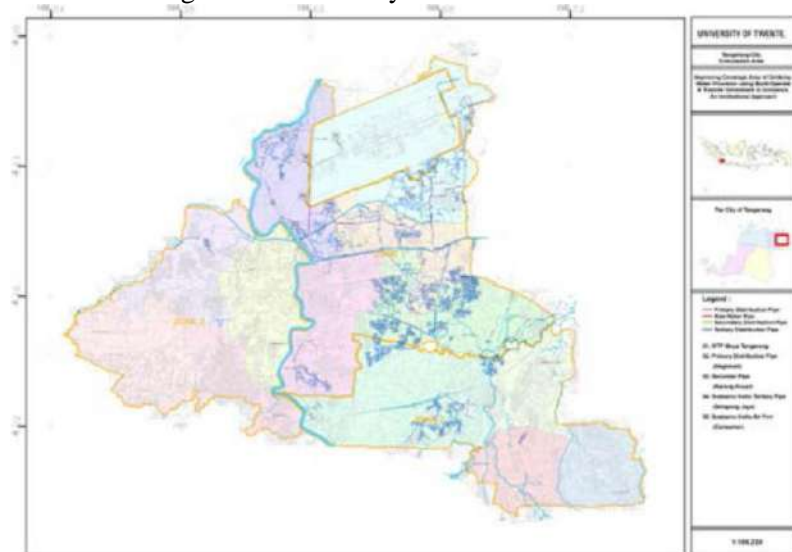
fisik; (2) Atribut masyarakat; (3) Sampel air minum yang akan diuji di laboratorium. Data tersebut meliputi (1) 11 aturan ketatanegaraan; (2) Delapan wawancara terbuka; (3) 171 Risalah Rapat; (4) Observasi kelembagaan, laporan, kebijakan, kuesioner sebelumnya, wawancara sebelumnya, dokumen proyek; (4) dokumen lokakarya; (6) *Focus group* baik dengan observasi partisipan maupun observasi langsung (non- partisipan)(Gillham, 2000, p. 21).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN STUDI KASUS

Perbandingan kasus dimulai dengan menggambarkan kondisi kondisi biofisik (BpC) dan atribut komunitas (selanjutnya, AoC), kedua nya adalah variabel eksternal. Kami mengasumsikan bahwa kondisi biofisik ( $O^{BpC}$ ) dan atribut masyarakat ( $O^{AoC}$ ) sebagai factor yang konstan. Factor konstan sebagai *background variable*. Asumsi diatas dimaksud agar focus penelitian hanya pada hubungan kinerja keuangan dengan kinerja sistem.

#### **BOT antara Tirta Benteng, Kota Tangerang dan Moya Indonesia**

Terkait BpCs ada empat aspek yang harusdiperhatikan: Pertama, Sungai Cisadane sebagai sumber air baku satu-satunya berkualitasnya buruk (Kategori C). Selain itu, sungai mengalami fluktuasicuaca yang ekstrem dan keandalan aliran sungai yangrendah. Kedua, Daerah tangkapan air di huluterganggu dengan kurangnya fasilitas penyimpanan yang memadai dan kemudian Sungai Cisadane digunakan juga untuk irigasi, dan sangat terkontaminasi oleh limbah cair. Ketiga, teknologi. Intake SPAM yang dibangun harus mampu menahanair selama beberapa jam, dan pengolahannya melibatkan membran dan intervensi kimia.Sedangkan sistem distribusi yang dibangun harusmenjamin air dapat diminum saat sampai di rumah pelanggan. Terakhir, terkait dengan wilayah suplai air, keadaan topografi memungkinkan untuk memanfaatkan gravitasi. *Density sprawl* menunjukkan bahwa pengembalian investasi cukup menjanjikanmeskipun pada awalnya diperlukan belanja modal yang besar. Namun, penggunaan sumber air lain mengancam kembalinya investasi.



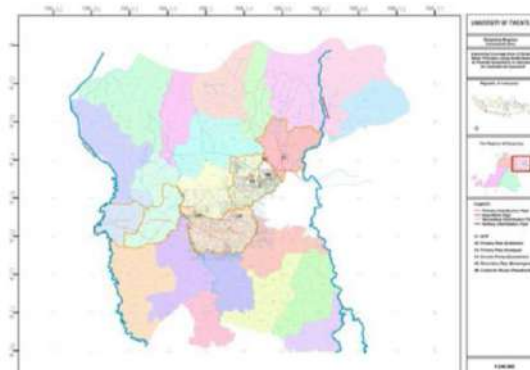
Catatan: Kota Tangerang terletak antara  $106^{\circ}36' - 106^{\circ}42'$  Bujur Timur dan  $06^{\circ}6' - 06^{\circ}13'$  Lintang Selatan. Kota ini berbatasan dengan DKI Jakarta, Kota Tangerang Selatan, dan Kabupaten Tangerang.

**Gambar 4.** Kota Tangerang

Sedangkan aspek AoC: Pertama, terkait struktur sosial-politik-ekonomi serta pola konsumsi air alternatif,maka pelanggan terbagi menjadi tiga segmen sebagai berikut: kelas satu sebesar 27,99% (segmen ini menggunakan air tanah lebih banyak dan air minum menggunakan air kemasan yang mahal); kelas kedua40,28% (menggabungkan penggunaan air dari PDAM dan air minum kemasan yang lebih murah dan menggunakan air tanah dengan pompa yang lebih kecil); dan, kelas ketiga sebesar 31,73% (menggakansumur yang gali dan pedagang air keliling). Terkait hak atas subsidi, 40% (31,73% ditambah sepertiga darikelas kedua) tidak berhak atas subsidi, sedangkan 60% lainnya berhak atas subsidi.

### **BOT antara Kabupaten Tangerang dan Aetra Tangerang**

Aspek BpCs yang perlu diperhatikan sebagai berikut: Pertama, Multiple Raw Water Resource ada padasaat ada rencana pemanfaatan Sungai Ciujung (Kategori A), meskipun sungai mengalami fluktuasi cuaca yang ekstrim, tetapi keandalannya cukup tinggi (Yusuf, 2014, p. 2). Kedua, dari sisi hulu, debitnya cukup(atau lebih besar dari Cisadane) tetapi fasilitas penyimpanannya kurang. Namun, Sungai Ciujung digunakan juga untuk irigasi, terkontaminasi oleh limbah cair (dengan level yang lebih rendah dibandingkan Sungai Cisadane) dan kurang. Ketiga, terkait dengan teknologi, persyaratan untuk *intake* yang dibangun ringan, membran mahal untuk diproses di bagian produksi tidak diperlukan. Investasi terbesar diperlukan untuk sistem distribusi. Terakhir,terkait dengan area suplai air, gedung Water Treatment Plant (WTP) yang seharusnya berada di bagian selatan yang lebih tinggi, bertujuan untuk memanfaatkan topografi untuk suplai ke utara yang lebih rendah. Daerah berpenduduk di utara lebih mudah disuplai melalui jaringan pipa dibandingkan dengan daerah yang tersebar di selatan. Sedangkan penggunaan air tanah merata.



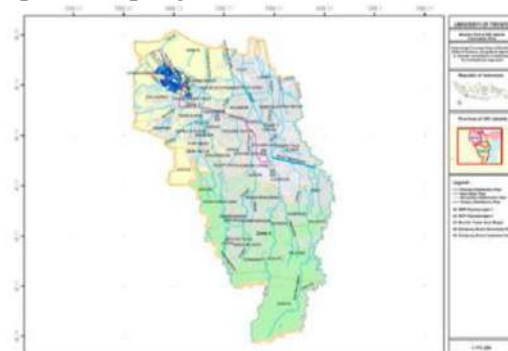
Catatan: Kabupaten Tangerang terletak antara 106°20' – 106°43' Bujur Timur dan 06°0' – 06°20' Lintang Selatan. Kota ini berbatasan dengan DKI Jakarta, Kota Tangerang.

**Gambar 5.** Kabupaten Tangerang

Sedangkan aspek AoC yang perlu diperhatikan sebagai berikut: Pertama, Pertama, terkait struktur sosial-politik-ekonomi serta pola konsumsi air alternatif, maka pelanggan terbagi menjadi tiga segmen sebagai berikut: kelas pertama adalah pelanggan berpenghasilan tinggi adalah 40% (menggabungkan air tanah yang berlebihan dan air minum kemasan yang mahal). ); kelas kedua 25% (menggabungkan utilitas air, air minum kemasan yang lebih murah, air tanah); kelas ketiga 35% atau tingkat ekonomi terendah (menggunakan sumur gali, pedagang air keliling). Kelas kedua dan ketiga (60%) berhak atas subsidi.

### **BOT antara PAM JAYA dan PAM Lyonnaise Jaya**

Ada empat aspek BpC yang perlu dipertimbangkan. Pertama, Ada empat sumber air baku: Kanal Tarum Barat (Kategori A), Sungai Cisadane (Kategori C), Sungai Krukut (Kategori C), dan Drainase Cengkareng (Kategori C). Fluktuasi cuaca tidak terlalu berpengaruh karena Kanal Tarum Barat sebagai sumber utama yang mampu menyuplai air baku pada musim kemarau yang ekstrim. Terkait keandalan, kelebihan air yang dibuang dapat ditampung di Waduk Jatiluhur.



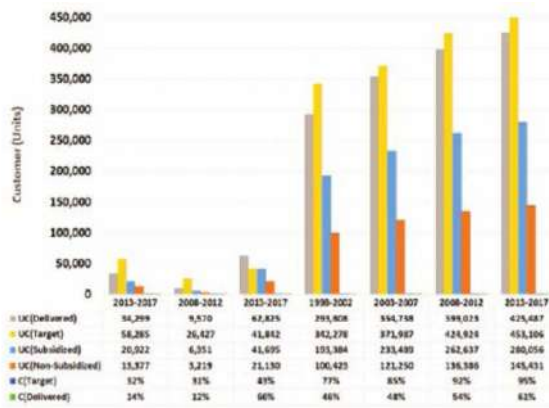
Daerah Khusus Ibukota Provinsi Jakarta (Selanjutnya, DKI Jakarta atau Jakarta) terletak pada 6°12' Lintang Selatan dan 106°48' Bujur Timur. Kota ini berbatasan dengan Kota Tangerang Selatan dan Kabupaten Tangerang.

**Gambar 6.** DKI Jakarta

Kedua, dari Perspektif Hulu, karena air baku diambil dari empat sumber berbeda dan dari beberapa DAS, maka gangguan terkait alih fungsi lahan dapat diantisipasi. Namun, Kanal Barat memiliki masalah dengan pengalihan aliran dan masalah pencemaran. Ketiga, terkait dengan teknologi respons, *intake* yang dibangun ringan, membran mahal tidak diperlukan. Investasi yang signifikan dalam teknologi distribusi diperlukan untuk menjaga kebocoran di bawah 5%. Terakhir, bangunan WTP seharusnya terletak di wilayah selatan karena bagian utara Wilayah lebih mudah disuplai oleh gaya gravitasi. Sedangkan bagian selatan dipasok melalui jaringan pipa yang dilengkapi dengan sistem pemompaan. Penggunaan air minum dalam kemasan dan air tanah merata.

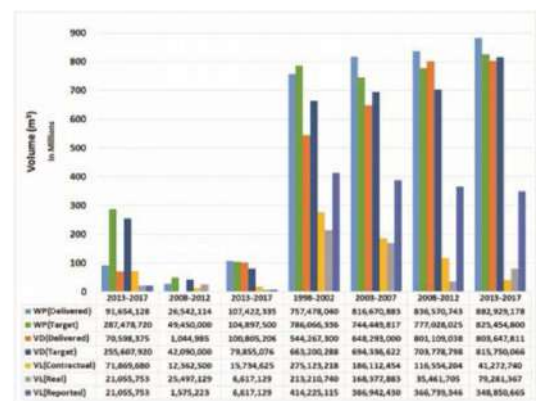
Terkait dengan AOC, terkait struktur sosial-politik-ekonomi serta pola konsumsi air alternatif, maka pelanggan terbagi menjadi tiga segmen sebagai berikut: Kelas pertama, Kelas kedua, dan Kelas ketiga. Pembagian paling sederhana menghasilkan 40% (Kelas pertama ditambah sepertiga kelas kedua) mampu membayar di atas biaya dasar (gabungan air minum dalam kemasan, air tanah dan air perpipaan yang tidak dapat diminum). Sisanya 60% (dua pertiga kelas menengah bawah 49,6% dan kelas ketiga 17,3%) tidak mampu membayar di atas biaya pokok (menggabungkan penggunaan air tanah dan air dari pedagang air keliling). Segmen ini memiliki Hak untuk Subsidi.

**PERBANDINGAN KASUS**



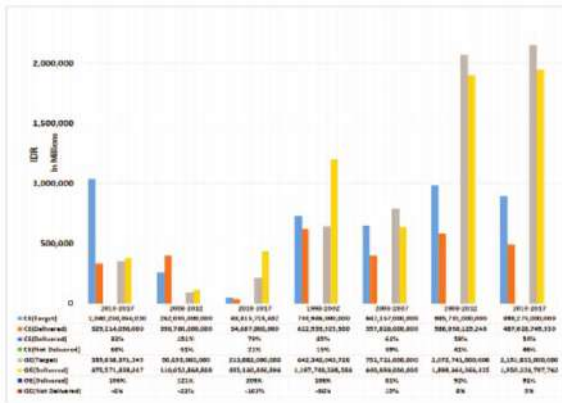
Keterangan: Sumbu horizontal (X) adalah tahun sedangkan sumbu vertikal (Y) adalah Jumlah Sambungan dalam Unit. UC = Unit Connection. C = Cakupan adalah jumlah unit sambungan yang diproyeksikan (dibagi) dengan total populasi wilayah konsesi dalam persentase (%).

**Gambar 7.** Sambungan Bersubsidi dan Tidak



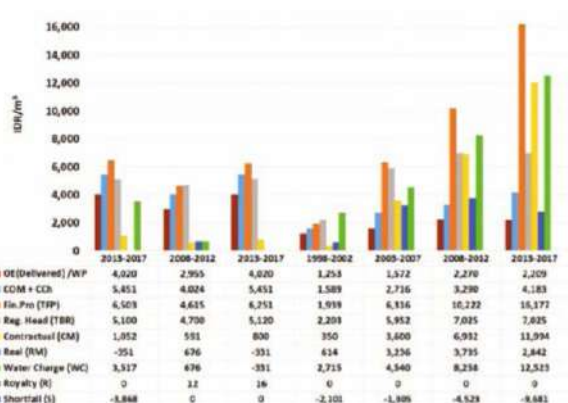
Keterangan: Sumbu horizontal (X) adalah tahun sedangkan sumbu vertikal (Y) adalah Volume dalam meter kubik (m³). WP = Produksi Air (m³/year); VD = Volume yang Disampaikan (m³/year); VL = Volume Rugi (m³/year).

**Gambar 8.** Volume Produksi, Terjual dan Kehilangan



Keterangan: Sumbu horizontal (X) adalah tahun sedangkan sumbu vertikal (Y) adalah Jumlah Pengeluaran dalam Rupiah. CE = Capital Expenditure/ Belanja Modal (IDR/year) (Rp/tahun); OE = Pengeluaran Operasional/ Operational Expenditure (IDR/year) (Rp/tahun).

**Gambar 9.** Belanja Modal dan Operasional



Catatan: Pengeluaran Operasional (OE) disampaikan per Produksi Air (WP) adalah Biaya Operasi & Pemeliharaan (COM) (IDR/m³). CCh adalah Capital Charge per produksi air (IDR/m³). TFP adalah Tarif Proyeksi Keuangan (kontraktual) (IDR/m³). TBR adalah Tarif Dasar Keputusan Kepala Daerah (in IDR/m³).

**Gambar 10.** Basic Cost, Tariff & Margin

**BOT antara Tirta Benteng, Kota Tangerang dan Moya Indonesia**

Kinerja Sistem (2013-2017) sebagai variabel terikat dapat dilihat dari indikator berikut:

1. Cakupan tidak tercapai karena jumlah sambungan 41% di bawah ekspektasi, pelanggan subsidi dan nonsubsidi tidak seimbang (Gambar 3.4).
2. Volume air terproduksi turun kurang, hanya mencapai 68% (dari target). Sementara volume air yang terjual juga kurang, hanya mencapai 72% (dari target) (Gambar 3.5).
3. Kehilangan air dilaporkan konsisten dengan kehilangan air yang sebenarnya, yaitu 23%. Kerugiannya di atas 5%, dan airnya tidak bisa diminum (Gambar 3.5).
4. Air yang disalurkan ke pelanggan terganggu kuantitas/kontinuitasnya terganggu ketika Sungai

Cisadane terganggu selama satu atau dua minggu setiap tahun (Tabel 3-1).

Rendahnya kinerja sistem diproyeksikan kepada Kinerja Keuangan sebagai variabel independen, sebagaiberikut:

1. Hanya 68% dari rencana belanja modal kontraktual yang terealisasi, sedangkan belanja operasional 6% lebih tinggi dari target. Belanja operasional yang tinggi tidak sejalan dengan rendahnya serapan belanja modal, modal yang tidak terserap menyebabkan investasi sangat lambat antara 2013-2015 (Gambar 3.6).
2. Basic cost (COM), margin dan tariff tidak seimbang. Margin riil jauh di bawah margin kontrak. Ketidakseimbangan basic cost, tarif dan margin membuat Tirta Benteng tidak mampu membayar watercharge (Gambar 3.7).
3. Water charge yang tidak terbayar mengakibatkan shortfall (Gambar 3.7).
4. Target kontraktual sebagai Variabel terikat tidak tercapai ketika variabel bebas tidak sesuai kontrak, artinya, kinerja sistem tidak tercapai karena kinerja keuangan rendah (tidak sesuai perencanaan). Kontrak tidak mampu mengatur Operasional BOT.

**Tabel 2. Kualitas dan Kuantitas Air**

Outcome Indicator	Unit	Case 1	Case 2		Case 3				
		2013-2017	2008-2012	2013-2017	1998-2002	2003-2007	2008-2012	2013-2017	
<b>5. Quality (Q)</b>									
Q (Target) = VL (Real) (25%)	Y/N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Production	Y/N	Y	Y*	Y*	Y	Y	Y	Y	Y
Distribution									
Primary	Y/N	Y	Y*	Y*	Y	Y	Y	Y	Y
Secondary	Y/N	N	Y*	Y*	N	N	N	N	N
Tertiary	Y/N	N	Y*	Y*	N	N	N	N	N
VL (12%) Non-Technical X 10 <sup>6</sup>	m <sup>3</sup> /year	11	n.d.a	n.d.a	91	98	52	85	
VL (12%) Non-Technical	%	12%	12%	12%	12%	12%	6%	10%	
VL (13%) Technical	m <sup>3</sup> /year	9,966,470	n.d.a	n.d.a	98,472,145	70,377,377	n.d.a	n.d.a	
VL (13%) Technical	%	11%	13%	13%	13%	9%	n.d.a	n.d.a	
U <sub>Accounted for Water</sub>	m <sup>3</sup> /year	n.d.a	265,421	1,074,223	23,841,230	n.d.a	n.d.a	n.d.a	
U <sub>Accounted for Water</sub>	%	n.d.a	1%	1%	3%	n.d.a	n.d.a	n.d.a	
VL <sub>(-5%) Technical X 10<sup>6</sup></sub>	m <sup>3</sup> /year	n.d.a	1	5	n.d.a	n.d.a	n.d.a	n.d.a	
VL <sub>(-5%) Technical</sub>	%	n.d.a	5%	5%	5%	5%	5%	5%	
<b>6. Quantity/Continuity (Q/C)</b>									
Q/C (Target)	Y/N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Q/C (Delivered)	Y/N	N	Y*	Y*	N	N	N	N	N
n.d.a = No Data Available									

### **BOT antara Kabupaten Tangerang dan Aetra Tangerang**

Pada Kasus 2, Kinerja Sistem sebagai variabel terikat diamati selama dua periode (2008-2012 dan 2013-2017). Kinerja Sistem sebagai variabel terikat dapat kita lihat dari indikator sebagai berikut:

1. Pada periode 2008-2012, jumlah sambungan hanya tercapai 64% dari ekspektasi kontrak. Capaian jumlah sambungan yang rendah disebabkan karena Sistem tidak beroperasi secara optimal keterlambatan bahkan gagal dalam mendapatkan izin penggunaan Sungai Ciujung. Ketika izin untuk menggunakan Sungai Ciujung gagal, maka penambahan kapasitas air baku yang berasal dari Cisadane harus dilakukan, namun persetujuan izin untuk menggunakan Sungai Cisadane memakan waktu dua tahun sehingga menyebabkan tertundanya pembangunan fasilitas IPA. SPAM berjalan antara 2011- 2012. Sedangkan pada periode 2013-2017, peningkatan jumlah sambungan melebihi target (150%). koneksi unit meningkat sangat cepat dan pelanggan bersubsidi dan non-subsidi seimbang (Gambar 3.4).
2. Pada tahun 2008-2012, volume air yang produksi hanya 24% dari rencana dan volume yang terjual hanya 2% dari target. Total kebocoran berada di level 6%. Sementara itu, pada 2013-2017, Volume produksi melebihi target (111%) dan volume yang terjual (102%), keduanya mencapai bahkan melebihi target dalam kontrak (Gambar 3.5).
3. Selama dua periode lima tahunan 2008-2012 dan 2013-2017, volume ehilangan air dilaporkan konsistenyaitu 6%. Air yang dikirim bisa diminum. Pasokan air minum hanya terganggu selama satu atau dua minggu setiap tahun (Tabel 3-1).

Rendahnya kinerja sistem diproyeksikan kepada kinerja keuangan sebagai variabel independen, hasil sebagai berikut:

1. Selama periode lima tahun pertama (2008-2012), penanaman modal mencapai 151% dari target, menandakan proses konstruksi menyerap modal yang banyak. Belanja operasional hanya mencapai 63% dari target dalam kontrak. Sebaliknya, pada periode lima tahun kedua (2013-2017), investasi modal berada 21% di bawah target. Pengeluaran operasional melebihi ekspektasi (114%) (Gambar 3.6).
2. Pada tahun 2008-2012, margin riil lebih besar dari margin kontrak (positif). Sedangkan pada tahun 2013-2017, margin riil berada di bawah margin kontrak (negative) (Gambar 3.7).

Kinerja Keuangan dapat dikatakan baik meskipun terdapat perbedaan yang signifikan antara periode pertama dan kedua. Pada periode pertama belanja modal melampaui target sehingga pada periode kedua belanja modal jauh lebih rendah. Ketidakseimbangan basic cost, tarif dan margin untuk periode pertama disebabkan karena buruknya kualitas sumber air baku dari sungai Cisadane. Terakhir ketika Basic Cost tinggi, margin tidak sebesar yang diharapkan Aetra. Target tercapai pada periode lima tahunan kedua 2013-2017 karena Kinerja Keuangan yang positif.

#### **BOT antara PAM JAYA dan PAM Lyonnaise Jaya**

Operational dibagi menjadi empat periode siklus lima tahun: 1998-2002, 2003-2007, 2008-2012 dan 2013-2017. Hampir sama selama 20 tahun, kinerja sistem jauh dari dari target kontrak. Sambungan unit meningkat sangat lambat dan pelanggan bersubsidi dan non-subsidi tidak seimbang :

4. Jumlah sambungan di bawah target di semua periode (masing-masing 14%, 5%, 6%, dan 6%) (Gambar 3.4).
5. Volume produksi di setiap periode lima tahunan masing-masing minus 4%, plus 10%, plus 8%, plus 7%. Sedangkan volume yang terjual masing-masing minus 18%, minus 7%, plus 14%, minus 1%. Sejak implementasi kontrak, ada tiga set data kehilangan air yang berbeda. Pertama, kehilangan air seharusnya (volume yang diproduksi dikurangi volume yang terjual) adalah sebesar 28%, 21%, 4%, dan 9%. Kedua, kerugian volume yang dilaporkan PALYJA kepada PAM JAYA masing-masing sebesar 55%, 47%, 44%, 40%. Ketiga, target kehilangan air yang harus dicapai dalam kontrak sebesar 35%, 25%, 15%, 5% (Gambar 3.5).
6. Ketika Volume produksi, Volume terjual dan kehilangan air di bawah target pada keempat periode tidak sesuai dengan target kontraktual. Kualitas air yang disalurkan tidak dapat diminum, Kuantitas/kontinuitas terganggu (Tabel 3-1).

Rendahnya kinerja sistem diproyeksikan kepada kinerja keuangan sebagai variabel independen, hasil sebagai berikut.

7. Belanja modal berada di bawah target (masing-masing 15%, 39%, 41%, dan 46%). Sebaliknya, pengeluaran operasional tidak stabil melebihi (134%) yang diperbolehkan dalam kontrak pada lima tahun pertama. Sedangkan pada periode kedua biaya operasional 40% di bawah target, periode ketiga 8% di bawah target dan periode keempat 9% di bawah target (Gambar 3.6).
8. Margin riil selalu positif, tetapi tidak sebesar margin kontrak (Gambar 3.7).
9. Mekanisme water charge yang solid selama 20 tahun, selalu menimbulkan shortfall padahal Margin riil sudah positif (berbeda dengan dua kasus sebelumnya) meskipun tidak sebesar margin kontrak yang diharapkan PALYJA.

Kinerja Keuangan sebagai variabel independen sangat buruk. Pertama, belanja modal dan belanja operasional tidak seimbang. Kedua, ketidakseimbangan basic cost (COM), tarif dan margin. Ketiga, watercharge digunakan untuk menutupi kekurangan capital expenditure. Kurangnya kinerja sistem antara Periode 1998 -2002 karena kinerja financial yang buruk, menyebabkan amandemen kontrak pada tahun 2001 (Harsono & Setiyono, 2005, p. 8). Amandement kontrak kerjasama tidak berdampak pada peningkatan Kinerja pada Periode 2003-2007, 2008-2012, dan 2013-2017. Disisi lain meskipun target kinerja dalam kontrak tidak tercapai, margin riil yang di peroleh PALYJA sangat besar.

#### **PEMBAHASAN**

Kinerja sistem pada kasus pertama sangat jauh dari target kontraktual. Target penambahan jumlah sambungan tidak tercapai, Moya Indonesia tidak menginvestasikan cukup modal. Hanya tingkat kebocoran yang berada di bawah 25%, Air yang sampai ke pelanggan masih tidak dapat diminum.

Sedangkan pada kasus kedua, pada periode lima tahun pertama kinerja sistem dibawah target kontraktual karena keterlambatan pada proses konstruksi. Sebaliknya pada periode lima tahun kedua jumlah sambungan meningkat pesat dan air yang disalurkan dapat diminum secara langsung. Pada kasus ketiga selama 20 tahun jumlah penambahan sambungan tidak pernah mencapai target kontraktual. Tingkat kebocoran air tidak konsisten antara kenyataan, kontrak dan laporan. Kualitas air tidak dapat diminum, penyebabnya adalah tidak sesuai investasi yang direncanakan dalam kontrak atau rendahnya kinerja keuangan, selain itu jumlah shortfall hutang yang ditimbulkan sangat besar.

Berdasarkan perbandingan dari ketiga kasus dalam artikel ini, Kinerja sistem yang buruk disebabkan oleh karena kinerja finansial yang buruk. lebih lanjut, kinerja finansial yang buruk disebabkan karena kontrak tidak mampu mengatur operasional BOT. Kami menempatkan kegagalan kontrak dalam mengatur kinerja keuangan menyebabkan kegagalan kinerja sistem.

#### 4. KESIMPULAN

Pertanyaan penelitian yang harus dijawab adalah ‘bagaimana pengaruh kinerja keuangan proyek BOT terhadap kinerja sistem penyediaan air minum, khususnya jika terkait dengan tujuan pengembangan cakupan pelayanan?’. Jawabannya adalah ‘pengaturan performa keuangan yang baik memiliki korelasi positif dengan performa sistem yang baik’. Performa sistem yang baik memiliki korelasi positif dengan penambahan jumlah sambungan air perpipaan atau cakupan pelayanan. Sebaliknya ‘pengaturan kinerja keuangan yang buruk’ berkorelasi dengan buruknya performa sistem. Kesimpulan ini sesuai dengan proposition dalam penelitian ini yaitu ‘performa keuangan yang baik menyebabkan performa sistem menjadi baik’. Dengan demikian hypothesis penelitian didukung secara empiris oleh studi perbandingan tiga kasus. Fakta empiris penelitian mengindikasikan performa keuangan yang baik menyebabkan performa SPAM yang baik.

#### 5. REFERENSI

- [1] 16, G. R. N. (2005). Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum [Developing The Drinking Water Supply Systems]. Jakarta: State Secretary.
- [2] 38, G. R. N. (2008). Pengelolaan Barang Milik Negara/Daerah [The State Asset Management]. Jakarta: State Secretary Retrieved from [http://bpkad.jakarta.go.id/file-lampiran/PP\\_38\\_2008.pdf](http://bpkad.jakarta.go.id/file-lampiran/PP_38_2008.pdf).
- [3] Carter, R. C., Tyrrel, S. F., & Howsam, P. (1999). The impact and sustainability of community watersupply and sanitation programmes in developing countries. *Water and Environment Journal*, 13(4), 292-296.
- [4] Gillham, B. (2000). *Case study research methods*. London, New York: Bloomsbury Publishing.
- [5] Harsono, A., & Setiyono, B. (2005). *Dari Thames ke Ciliwung [From Thames to Ciliwung River]*. Jakarta: Yayasan Pantau.
- [6] McGinnis, M. D. (2011). *An introduction to IAD and the language of the Ostrom workshop: a simpleguide to a complex framework (Vol. 39)*. Oxford: Wiley Periodicals, Inc.
- [7] Nuraeni, Y. (2011). *Metode Memperkirakan Debit Air yang Masuk ke Waduk dengan Metode Stokastik Chain Markov (Contoh Kasus: Pengoperasian Waduk Air Saguling) [Determining The water volume in the reservoir using Discret Chain Markov Model. Saguling Dam Reservoir Study Case] (Vol. 18)*. Jakarta: Universitas Paramadina.
- [8] Ostrom, E. (2005). *Understanding Institutional Diversity*. New Jersey: Princeton University Press.
- [9] Ozdoganm, I. D., & Birgonul, M. T. (2000). A Decision Support Framework for Project Sponsors in the Planning Stage of Build-Operate-Transfer (BOT) Projects. *Construction Management & Economics*, 18(3), 343-353.
- [10] Plamonia, N. (2020). *Improving the Coverage Area of Drinking Water Provision by Using Build Operate & Transfer Investments in Indonesia: An Institutional Analysis*. Netherlands: University of Twente.
- [11] Rodriguez, D. J., Berg, C. V. d., & McMahon, A. (2012). *Investing in water infrastructure: capital, operations and maintenance*.
- [12] Sabar, A. (2008). *Dampak Degradasi Rezim Hidrologi di Kawasan Andalan [Impact of Hydrological Regime Degradation in Urban Areas]*. In Bandung, Jakarta: Bandung Institut of Technology, BAPPENAS.
- [13] Yusuf, I. A. (2014). *Kajian kriteria mutu air irigasi [The Study to the Quality of the Water for Irrigation] (Vol. 9)*. Jakarta: Ministry of Public Work.

## Valuasi Hasil Riset Teknologi Transportasi Menggunakan Metode Pembobotan

Hary Soebagyo<sup>1</sup>, Nely Toding Bunga<sup>1</sup>, Arif Riyadi Tatak Kurniawan<sup>1</sup>, Evi Rosana Oktarini<sup>2</sup>, dan Entin Laelasari<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

<sup>2</sup> Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN), Jakarta

\* Corresponding author: [harysoebagyo59@gmail.com](mailto:harysoebagyo59@gmail.com)

**Abstrak.** Evaluasi adalah merupakan bagian dari siklus manajemen yang penting untuk dilakukan. Hal ini juga tak terkecuali untuk pelaksanaan program pendanaan riset yang diselenggarakan oleh sebuah lembaga yang menangani kegiatan riset. Evaluasi tersebut perlu dilakukan secara komprehensif dan lengkap meliputi banyak aspek penilaian agar dapat menjadi masukan kebijakan guna pengembangan program pendanaan riset dimasa mendatang. Sehubungan dengan hal itu perlu ada sebuah “tools” atau alat bantu berupa sebuah instrumen tertentu yang mudah dioperasikan oleh penyelenggara pendanaan riset. Instrumen tersebut berupa sebuah valuasi yang merupakan sebuah model berbasis metode pembobotan yang dapat dipakai untuk menilai, mengukur dan memposisikan tingkat hasil riset pada periode tertentu sehingga dengan mudah dapat untuk menyusun kebijakan. Model ini coba diterapkan untuk valuasi hasilriset bidang transportasi. Hasilnya dapat dipakai untuk mengambil kebijakan pengembangan riset teknologi transportasi di tahun-tahun berikutnya. Makalah ini mendiskusikan bagaimana membuat pemodelan berbasis metode pembobotan yang diimplementasikan untuk valuasi hasil riset teknologi transportasi.

**Kata kunci**— *valuasi, hasil riset, metode pembobotan, kriteria penilaian, teknologi transportasi*

### 1. PENDAHULUAN

Bagi sebuah manajemen baik dalam suatu organisasi, program ataupun kegiatan ada hal penting yang tidak boleh terlewatkan, yaitu proses evaluasi. Salah satu rantai siklus manajemen yang penting ini masih sering diabaikan padahal ini sangat menentukan kelangsungan dan kesuksesan organisasi, program atau kegiatan tersebut. Hal yang sama untuk sebuah program pendanaan riset yang diselenggarakan oleh lembaga pemberi dana riset, lembaga Pemerintah maupun swasta telah mengeluarkan tenaga sangat banyak untuk pengembangan riset melalui program pendanaan riset yang diberikan kepada lembaga-lembaga riset atau para peneliti yang tersebar di berbagai lembaga, universitas maupun industri. Program tersebut perlu dievaluasi secara lengkap dan menyeluruh tentang keefektifan dan kinerjanya, serta dampaknya. Upaya untkuevaluasi tersebut adalah dengan membuat valuasi untuk mengpraisal hal yang diperlukan untuk evaluasi program pendanaan riset. Sementara ini, metode yang relatif mudah untuk melakukan valuasi terhadap program dan produk riset ternyata juga masih belum tersedia dengan baik di lembaga-lembaga pengeloladana riset, dengan demikian masih perlu dibuat sebuah metode valuasi dan sekaligus menyempurnakan kegiatan evaluasi secara menyeluruh pada program pendanaan riset yang digulirkan.

Valuasi produk riset adalah merupakan sebuah kegiatan penilaian atau apraisal terhadap hasil riset dan atau apa saja yang telah dilakukan dalam pelaksanaan pemberian bantuan pendanaan riset. Dalam hal ini valuasi adalah merupakan proses untuk mengidentifikasi, mengukur dan menilai berbagai hal terkait kemanfaatan dan signifikansi dari program pendanaan riset. Untuk itu produk riset yang penting dan strategisdalam bidang teknologi transportasi perlu divalusi untuk membantu hasil riset ini menjadi prioritas andalan riset nasional. Perlu diketahui bahwa riset bidang teknologi bidang transportasi ini cakupannya sangat luas, yaitu meliputi riset transportasi untuk: otomotif, kapal, pesawat terbang, kereta api, sarpras/ infrastruktur transportasi. Namun sekali lagi hasil riset bidang transportasi ini perlu dinilai dan diketahui bagaimana upayapengembangan dan pemanfaatannya bagi pengguna baik Pemerintah (pengambil kebijakan), pelaku riset (lembaga riset ataupun universitas), serta industri (pengguna hasil riset). Disinilah letak pentingnya upaya valuasi terhadap produk-produk riset dari hasil pendanan riset yang telah dilakukan oleh berbagai lembaga tersebut.

### 2. METODOLOGI PENELITIAN

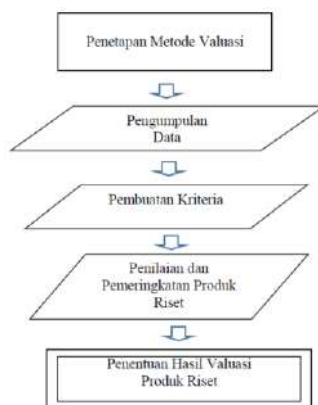
Valuasi yang merupakan intrumen atau alat bantu dalam mengevaluasi sebuah program pendanaan riset adalah merupakan sebuah bentuk riset tindakan (*action research*) [1,8] yang dilakukan dengan metodologi analisis deskriptif terhadap materi yang berupa data produk riset dari serial data program

pendanaan riset yang telah dilakukan. Pada prinsipnya, pokok-pokok dari model valuasi yang digunakan adalah dalam pembuatan kriteria yang sesuai dengan prinsip pemberian bobot (*weighting*), penggunaan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) [6,7], dan proses penilaian produk riset terpilih dengan pertimbangan kemanfaatan (*added value*), valuasi paten (*patent valuation*), metode penilaian tingkat kesiapan teknologi (*technology readiness level*) [3] dan dilakukan dengan membuat tabulasi menggunakan aplikasi *excel*. Kata kunci dari kesuksesan valuasi ini adalah penggunaan metode pembobotan dan peran besar dari pakar yang terlibat.

Upaya dan cara penting dalam penyusunan metode valuasi produk riset terletak pada penggunaan metode pembobotan (*weighting*) dan hal yang pokok adalah bagaimana menyusun kriteria-kriteria dengan baik dan tepat. Untuk melakukan pembobotan, hal utama yang dapat dilakukan adalah dengan memilih dan menentukan kriteria-kriteria utama. Maksud penetapan kriteria-kriteria dalam pembobotan ini adalah untuk menunjukkan urgensi dari setiap kriteria yang dipilih tersebut dibandingkan dengan alternatif kriteria yang lain. Pemberian bobot pada kriteria ini berdasarkan pada pertimbangan logis, obyektif, akurat, tingkat pemahaman atau kepakaran pembuat keputusan, dan hal lain yang dianggap punya dasar ilmiah dimana ini semua harus dilakukan oleh pakar berpengalaman beserta tim manajemen dari lembaga pemberi dana.

Dalam proses pembobotan, kriteria pembobotan merupakan pertimbangan yang harus dibuat dimuka [9]. Tujuan pembuatan kriteria untuk pembuatan pembobotan ini adalah untuk memastikan tingkat urgensi dari setiap kriteria yang diajukan yang relatif terhadap kriteria-kriteria lainnya. Dalam proses pembuatan kriteria pembobotan perlu dilakukan perkiraan-perkiraan yang wajar (*estimating weight*) karena tidak semua hal bisa dilakukan dengan pasti. Perkiraan nilai pembobotan tersebut adalah merupakan nilai yang ditentukan untuk melihat kriteria berdasarkan tingkat urgensinya relatif terhadap alternatif kriteria yang lainnya dengan berbasis pada pertimbangan kriteria yang dianggap punya bobot lebih besar dan dianggap merupakan hal yang paling penting. Penetapan bobot urgensi dari kriteria ini meliputi pergantian variasi rentang (*range variation*) dari kriteria yang diamati.

Selengkapnya metodologi penelitian dapat digambarkan dengan diagram alir seperti pada gambar 1. Produk riset yang divalusi adalah produk riset dalam bidang teknologi transportasi sebagai sebuah studi kasusnya. Evaluasi dengan dukungan valuasi akan menambah keakuratan evaluasi yang dilakukan terutama yang dimaksudkan untuk pengambilan kebijakan dari lembaga penyelenggara program pendanaan riset. Selanjutnya, pengumpulan data dan informasi, serta proses pengolahannya adalah dengan cara memilah dan memilih, serta mengkategorikan sedemikian rupa sesuai tahun penyelenggaraannya. Kriteria dibuat berdasarkan tujuannya, yaitu yang pertama adalah kriteria untuk memilih dan menominasikan produk riset yang akan dijadikan sample penilaian dan berikutnya adalah kriteria yang dibuat untuk pemberian bobot dalam rangka penilaian dan pemeringkatan produk riset tersebut.



**Gambar 1.** Bagan Metode Valuasi Produk Riset

Kemudian, setelah itu dilakukan penilaian menggunakan perangkat *excel* yang dibuat sedemikian rupa sehingga bisa diketahui besaran nilai dan urutan peringkatnya. Berdasarkan data tersebut dilakukan analisis dan penentuan produk riset mana yang akan dikedepankan untuk dipertimbangkan lebih lanjut dalam proses kebijakan oleh pengelola program. Selanjutnya, berdasarkan apa yang telah dilakukan tersebut, maka dapat disimpulkan tentang hasil valuasi yang berupa pemeringkatan atas produk riset hasil program pendanaan riset yang layak dipertimbangkan untuk dikembangkan lebih lanjut melalui program pendanaan riset.



### Kriteria Pemilihan Sampel

Untuk kasus valuasi bidang teknologi transportasi ini digunakan data dari program Insinas oleh Kementerian Riset dan Teknologi yang diambil dari direktori dan prosiding seminar yang mereka terbitkan pada tahun 2012, 2013 dan 2014 [4,5]. Data ini digunakan sebagai *exercise* untuk valuasi hasil riset yang dianggap relevan mewakili cakupan semua metoda transportasi. Jumlah data produk riset dalam bidang teknologi transportasi yang dihasilkan dari program ini sangat banyak, namun demikian perlu dipilih dan ditetapkan setidaknya 5 – 10 produk riset dalam bidang teknologi transportasi yang akan didalami dan dicermati, utamanya untuk menyesuaikan dengan model penilaian yang akan digunakan nantinya.

Kriteria pemilihan sampel ini dimaksudkan untuk menapis sampel yang sedemikian banyak itu menjadi beberapa sampel saja agar lebih efektif dan efisien untuk penilaian dengan model pembobotannya. Jadi, penapisan sampel ini merupakan sebuah penapisan tahap awal. Selengkapnya kriteria-kriteria pemilihan sampel berikut yang mendasarinya dapat diberikan pada tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1.** Kriteria Pemilihan Sampel

No.	Kriteria Pemilihan Sampel	Signifikansi
1	Produk riset bidang transportasi.	Produk riset bidang transportasi dapat mencerminkan tataran kemampuan atau level penguasaan teknologi produk manufaktur dalam negeri.
2	Produk riset yang berprospek tinggi untuk dapat diindustrikan.	Dapat menggambarkan dan sekaligus mewakili produk riset terapan yang punya prospek dapat diindustrikan.
3	Mempunyai added value yang tinggi.	Dapat menggambarkan kreatifitas dan inovasi yang mempunyai nilai tambah tinggi.
4	Mempunyai patent dan atau publikasi yang bereputasi.	Dapat diasumsikan sebagai produk riset yang unggul dan berkualitas.
5	Berbobot ilmiah yang tinggi.	Sampel ini untuk mewakili produk riset yang didasari latar belakang nilai-nilai keilmuan dan bukan produk asal-asalan.
6	Bersifat strategis atau sangat dibutuhkan masyarakat.	Pemilihan sampel pada produk ini didasarkan pada urgensi dan pemenuhan kebutuhan masyarakat pengguna (Pemerintah, Industri, masyarakat umum).
7	Menggunakan komponen dalam negeri (TKDN tinggi atau sebagai substitusi impor).	Produk riset yang seperti ini dapat mendukung pengembangan industri komponen dalam negeri.

Perlu diketahui bahwa sampel yang akan dipilih dan ditetapkan setidaknya memenuhi 4 dari 7 kriteria tersebut diatas. Sampel yang terpilih ini selanjutnya akan dicermati dan dipertajam lagi proses pemilihannya melalui saringan dengan kriteria substansi untuk pembobotan.

### Kriteria Substansi Pembobotan

Sebagaimana disebutkan didepan, model pembobotan akan digunakan dalam kegiatan valuasi ini. Dalam model pembobotan ini akan ditentukan kriteria-kriteria yang dianggap paling penting. Kriteria-kriteria untuk menilai tersebut diantaranya adalah Level Teknologi (Tingkat Kesiapan Teknologi/ TKT) [3], Kemanfaatan Produk Riset, Nilai Tambah (*Added Value*) [2], dsb. Kriteria untuk penilaian tersebut sudah melekat pada kemampuan para pakar yang terlibat dalam kegiatan valuasi ini. Kemudian kriteria-kriteria tersebut diberi bobot sesuai urgensinya masing-masing dengan berbagai alasan yang mendukungnya. Kriteria substansi pembobotan inilah yang akan digunakan untuk mengappraisal dengan memanfaatkan matriks excel dan memberikan skor, dari sini akan terlihat peringkat dari sampel-sampel yang dinilai. Untuk pemberian skor ini harus dilakukan oleh para pakar bidang teknologi transportasi melalui sebuah *expert judgment*, hal ini disebabkan merekalah yang lebih tahu dan lebih memahami persoalan riset dalam bidang teknologi transportasi berikut kebijakan-kebijakan yang dibuat oleh lembaga pengelola pendanaan riset. Selanjutnya kriteria-kriteria substansi untuk pembobotan dapat disampaikan seperti pada tabel 2 berikut,

### Perumusan Model Valuasi

Perumusan dari model valuasi dapat dilakukan dengan memasukkan kriteria-kriteria yang dianggap penting. Berikutnya dilakukan pemilihan atau appraisal dengan melakukan *expert judgment* terhadap masing- masing produk riset yang sudah tersusun dalam matriks valuasi. Pemberian appraisal ini dilakukan dengan membuat matriks atau tabel excel sedemikian rupa untuk mempermudah skoring dan pembuatan peringkatnya. Kemudian bila dipandang sudah valid, maka dapat ditetapkan model valuasi yang diyakini cocok untuk keperluan valuasi dalam rangka pengambilan kebijakan dalam proses evaluasi program pendanaan riset.

**Tabel 2. Kriteria Substansi Pembobotan**

No.	Kriteria Substansi Pembobotan	Signifikansi
1	Level Teknologi (Tingkat Kesiapan Teknologi/ TKT),	Perlu penilaian terhadap posisi TKT/ <i>Technology Readiness Level</i> dari produk riset adalah penting dan menjadi kunci dalam valuasi.
2	Urgensi Judul Riset, yaitu relevansi dan korelasi judul riset yang dilakukan dengan situasi dan kondisi isu yang kekinian.	Terdapat relevansi dan korelasi judul riset yang dilakukan dengan situasi dan kondisi isu yang berkembang saat ini, apakah masih relevan atau sudah tidak sesuai lagi atau mungkin perlu penyesuaian dan updating terhadap judul riset tersebut. Hal ini menjadi penekanan terhadap kesesuaian produk riset terhadap trend dan tuntutan zaman.
3	Kemanfaatan Produk Riset,	Perlu ditinjau dari aspek-aspek kemanfaatan seperti penguatan bidang keilmuan, kestrategisan, industri dan masyarakat. Penekanan kriteria ini lebih kepada manfaat produk riset tersebut.
4	Nilai Tambah ( <i>Added Value</i> ),	Ada atau tidaknya nilai tambah yang dihasilkan dari hasil riset yang telah dilakukan. Kriteria ini didasarkan pada kemanfaatan tekno-ekonomi produk riset tersebut.
5	Prospek keekonomian	Perlu penilaian terhadap nilai ekonomi produk riset agar menguntungkan bila discale-up dalam skala industri. Kriteria ini khusus mempertimbangkan nilai ekonominya.
6	Kesesuaian dengan kebutuhan Pengguna (Pemerintah, industri, masyarakat umum pengguna teknologi)	Kebutuhan pengguna merupakan dasar dalam pembuatan riset terutama dalam pengembangan riset yang mengedepankan demand driven. Bobot riset tergantung juga pada kesesuaiannya dengan apa yang dibutuhkan penggunanya, bukan tergantung keinginan peneliti.
7	Keamanan dan Keselamatan	Harus memenuhi kriteria keamanan produk dan memenuhi aspek keselamatan penggunanya. Kriteria ini mengedepankan sebuah syarat bahwa produk riset tidak menyebabkan bencana bagi penggunanya.
8	Usia pakai teknologi	Harus robust dan mempunyai usia pakai yang panjang baik secara ekonomi maupun umur teknisnya. Kriteria ini mengisyaratkan desain produk yang berumur panjang.
9	Adanya KI (Patent)	Kekayaan Intelektual (KI) yang umum adalah patent. Oleh karenanya patent layak digunakan sebagai salahsatu bukti keberhasilan dari produk riset. Adanya patent dari produk riset memberikan indikasi kesuksesan riset yang dilakukan.
10	Adanya Publikasi di Jurnal Terakreditasi	Perlunya reputasi dari paper yang terbit di jurnal ilmiah akan meyakinkan kepada semua pihak akan kualitas hasil riset. Kriteria ini penting sebagai awareness periset terhadap adanya tingkat kepercayaan publik terhadap produk riset yang dihasilkan.

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pemilihan sampel produk riset terpilih ditabelkan sedemikian rupa hingga dapat dilakukan penilaian. Pemilihan produk riset tersebut mempertimbangkan berbagai hal seperti: adanya nilai tambah, kesesuaian dengan kebijakan pemberi dana, tingkat kebutuhan atau urgensinya, sifat kestrategisan riset yang dilaksanakan, hasil atau *deliverable output* yang berupa paten ataupun publikasi Internasional, dsb. Kemudian dari berbagai hasil riset tersebut telah dapat dipilih sejumlah 24 produk riset yang dapat dinominasikan dan dipilih serta dapat dianggap layak untuk dilakukan proses lebih lanjut dengan proses pembobotan. Dari tabel 3 terlihat 6 sampel produk riset (sampel dari tahun 2012) yang terpilih dari 24 produk riset yang telah dinominasikan. Sejumlah 6 produk riset ini dianggap layak untuk dianalisis pada proses berikutnya.

**Tabel 3. Sampel Produk Riset (dipilih dari 24 Produk Riset)**

No	Judul Produk Riset Terpilih	Alasan Pemilihan/ Signifikansi Memenuhi Kriteria Nmr.:
1	Filler dari nano.....	2, 3, 4, 5, 6,7
2	Propulsi untuk.....	2, 6, 7
3	Kontrol sistem untuk propulsi....	2, 3, 5, 6,7
4	Rekayasa Konverter.....	2, 3, 5, 6,7
5	Konstruksi Sarang .....	2, 3, 5, 6,7
6	Mesin Sinkron.....	5, 4, 6, 8, 9

Sementara itu, hal penting dari pembuatan model valuasi adalah menentukan kriteria pemberian nilai atau prosentase bobot nilai dari sampel produk riset yang telah terpilih sebelumnya. Melihat letak kepentingannya, maka pembuatan kriteria ini lebih baik dilakukan oleh para pakar anggota *Team Reviewer* yang telah berpengalaman dan mempunyai jam terbang cukup banyak dalam kegiatan penilaian atau monev dalam kegiatan pendanaan riset. Ini sangat penting karena disamping keilmuan sesuai bidang masing-masing pakar, tetapi juga perlu intuisi dalam menyusun kriteria, memberikan penilaian ataupun saat pembobotannya. Kriteria kesesuaian dengan kebutuhan Pengguna baik Pemerintah, industri, atau masyarakat umum juga dapat diberi nilai atau bobot cukup tinggi karena dapat memunculkan inovasi. Riset yang dilakukan harus sesuai dengan kebutuhan pengguna, selain dapat mengurangi resiko gagal tujuan juga mengurangi resiko mubazir dalam memberikan pendanaan riset kepada lembaga dan para penelitiannya. Hal yang sama dengan kriteria kemanfaatan produk riset yang perlu mendapat bobot tinggi karena memang diharapkan hasil riset yang dilakukan harus bermanfaat pada pengguna sebagai dukungan Pemerintah melalui program yang diberikan. Di, lain hal, Nilai Tambah (*added value*) juga perlu mendapat bobot nilai yang relatif tinggi karena bila produk riset tersebut tidak punya nilai tambah itu berarti nilai kandungan teknologinya juga rendah, riset yang dilakukan kurang bisa mendongkrak apa yang seharusnya dihasilkan oleh kegiatan riset. Penekanan pada nilai tambah (*added value*) yang tinggi itu juga dimaksudkan agar nantinya produk riset mempunyai nilai jual tinggi, terutama bila untuk massal. Kemudian, kriteria-kriteria yang lain dapat diberi bobot nilai yang relatif lebih rendah. Selanjutnya, kriteria-kriteria valuasi tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4: Tabel Pemberian Bobot Item Kriteria Valuasi**

No.	Item Kriteria Valuasi	Bobot (%)	Alasan Yang Mendasari
1	Level Teknologi (Tingkat Kesiapan Teknologi).	30	Level TKT yang tinggi lebih siap dan dapat dikembangkan menjadi sebuah inovasi dan berprospek dapat diindustrikan. Oleh karenanya harus diberi bobot yang tinggi.
2	Urgensi Judul Riset, yaitu relevansi dan korelasi judul riset yang dilakukan dengan situasi dan kondisi isu yang berkembang saat ini.	5	Tidak terlalu penting judulnya sesuai situasi saat ini. Yang penting riset itu ada banyak manfaat dan digunakan oleh penggunanya dengan baik sesuai kebutuhan mereka.
3	Kemanfaatan Produk Riset	15	Produk riset yang kurang bermanfaat sebaiknya tidak didanai.
4	Nilai Tambah ( <i>Added Value</i> )	10	Produk riset harus mempunyai nilai tambah ( <i>added value</i> ) agar mempunyai nilai jual bila akan diproduksi massal.
5	Prospek keekonomian	5	Nilai ekonomi saat ini masih belum perlu menjadi pertimbangan utama.
6	Kesesuaian dengan kebutuhan Pengguna (Pemerintah, industri, masyarakat umum pengguna teknologi)	15	Riset harus sesuai dengan kebutuhan agar tidak mubazir.
7	Keamanan dan Keselamatan	5	Keamanan dan keselamatan memang penting, namun untuk saat ini masih dapat dinomor duakan.
8	Usia pakai teknologi	5	Masih belum sangat perlu umur teknis maupun umur ekonomis yang panjang. Yang penting produk riset tersebut harus memenuhi fungsinya dengan baik.
9	Adanya KI (Patent)	5	Patent memang diperlukan bila akan diindustrikan, namun bukan hal yang harus dikejar.
10	Adanya Publikasi di Jurnal Terakreditasi	5	Publikasi ilmiah memang penting, namun meski sudah ada publikasi tapi belum menjamin produk riset tersebut dapat diterapkan.

Untuk proses pemberian bobot, penilaian dan pemeringkatan produk riset ini diperlukan kecermatan dan pengalaman dalam membaca (*reveal*) data atau laporan hasil produk riset. Valuasi produk riset tahun 2012 yang menggunakan matriks excel ditunjukkan pada tabel 5. Sementara itu proses penilaian yang menggunakan tabulasi aplikasi *spreadsheet excel* dapat ditunjukkan pada tabel 6.

**Tabel 5. Matriks Hasil Penilaian**

No	Judul Produk Riset	Skor Dan Prosen Bobot (%)									
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
		30 %	5 %	15 %	10 %	5 %	15 %	5 %	5 %	5 %	5 %
1	Filler dari nano .....	5	6		7	8				8	
2	Propulsi untuk.....	5			8		7				
3	Kontrol Sistem untuk.....	6			4				9		
4	Rekayasa Konver-ter.....	7		5	7		8		4	3	
5	Konstruksi Sarang .....	2	3		5	3				3	
6	Mesin Sinkron .....	5		4		6		8	9		

Masing-masing tahun program sampel dapat dibuat peringkatnya dan kemudian dilihat peringkat 1 dan 2 teratas.

**Tabel 6.** Hasil Valuasi Produk Riset

No.	Judul Produk Riset Terpilih	Nilai	Rank
1	Rekayasa konverter untuk .....	5,1	1
2	Propulsi untuk .....	3,35	2
3	Filler dari nano .....	3,3	3
4	Mesin Sinkron .....	3,25	4
5	Kontrol sistem untuk .....	2,65	5
6	Konstruksi sarang .....	1,55	6

Kemudian dari tabel 6 ini terlihat peringkat 1 dan 2 dari sampel produk riset, yaitu produk riset yang berjudul “Rekayasa konverter untuk .....” sebagai peringkat 1 dan produk riset dengan judul “Propulsi untuk ” sebagai peringkat ke 2. Selanjutnya dengan cara yang sama dilakukan berturut-turut untuk sampel produk riset yang tahun 2013 dan tahun 2014.

Bila dilihat dari hasil-hasil tersebut maka dapat terlihat gambaran tentang peringkat hasil valuasi dari produk riset yang telah dilakukan. Terlihat bahwa pada peringkat yang tinggi dari produk riset tersebut adalah merupakan produk yang relatif lebih unggul dan punya potensi untuk pengembangan lebih lanjut untuk menjadi sebuah produk inovasi. Sementara itu, pengambilan kebijakan tergantung dari para pembuat kebijakan untuk memilih dan menyesuaikan dengan kriteria lainnya seperti kebijakan umum lembaga, adanya anggaran, kebijakan skala prioritas riset, dan lain-lain.

Jadi, dari kegiatan diatas dimana telah diketahui beberapa produk riset yang menempati peringkat teratas per tahun dari program pendanaan riset, maka bagi pengelola program pendanaan riset dapat menindaklanjuti dengan menyusun kebijakan guna pengembangan produk riset tersebut. Selanjutnya dengan menggunakan prinsip “*picking the winner*” dapat diambil beberapa alternatif kebijakan, yaitu:

- 1) Menambah dana penelitian dan menaikkan kelas ke jenjang yang lebih tinggi;
- 2) Membantu mempromosikan kepada industri;
- 3) Mengkerjasamakan dengan lembaga riset Internasional;
- 4) Menscale-up menjadi konsorsium riset yang lebih besar, Dan sebagainya.

#### 4. KESIMPULAN

Dari diskusi ini dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

- 1) Model valuasi memerlukan kriteria-kriteria yang tepat, baik dalam proses pemilihan sampel dan pembobotan maupun saat proses pembuatan matriks dan penilaiannya;
- 2) Pentingnya menyusun kriteria yang baik dan tepat baik kriteria umum maupun kriteria khusus atau yang lebih fokus.
- 3) Model valuasi berbasis metode pembobotan ini dapat diterapkan dengan baik untuk valuasi bidang teknologi transportasi.

#### 5. REFERENSI

- [1] A. Muri Yusuf, Metode Penelitian, Kuantitatif Kualitatif & Penelitian Gabungan, Prenada Media Grup, Jakarta, 2015;
- [2] BPPT, Standarisasi Pelaksanaan Audit Teknologi Di BPPT, Bahan Paparan BPPT, 3 Mei 2018;
- [3] Kementerian Ristekdikti, Pengukuran Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT), Simlitabmas, 2016;
- [4] Kementerian Ristek, Direktori Produk Riset Hasil Program Insinas Tahun 2012,2013,2014,*e-Book*,<http://www.ristek.go.id>;
- [5] Kementerian Ristek, Prosiding Seminar: Membangun Sinergi Riset Nasional Untuk Kemandirian Teknologi, Tahun 2012, 2013,2014,*e-Book*, <http://www.ristek.go.id>;
- [6] Nachiappan Subramanian at all, *A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management*, *Int. J. Production Economics*, journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ijpe](http://www.elsevier.com/locate/ijpe), 2012;
- [7] Shahrokh Nikou n, Jo´ zsef Mezei, *Evaluation of mobile services and substantial adoption factors with Analytic Hierarchy Process (AHP)*, *Telecommunications Policy*, URL: [www.elsevier.com/locate/telpol](http://www.elsevier.com/locate/telpol), 2013;
- [8] Sherri L. Jackson, *Research Methods A Modular Approach*, Wadsworth/ Cengage Learning, Belmont, USA, 2010;
- [9] Walsh, C.A. Sullivan, S. Waldrenb, J.A. Finna, *Development of a scoring method to identify important areas of plant diversity in Ireland*, *Journal for Nature Conservation*, journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jnc](http://www.elsevier.com/locate/jnc), 2019.

# Analisis Penggantian Bandase Roda Kereta LRT Jakarta Seri 1100

Ahmad Sahlul Khuluq<sup>1\*</sup>, Erlanda Augupta Pane<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

**Abstrak.** Perkeretaapian adalah satu kesatuan dari sistem yang terdiri atas prasarana, sarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan dan prosedur untuk menyelenggarakan transportasi kereta api. Kereta rel ringan di masa sekarang ini sangat diminati beberapa negara karena memiliki teknologi terbaru dan minim lahan untuk jalan relnya. LRT Jakarta menggunakan kereta yang di produksi dari Hyundai Rotem dengan lahan yang minim kereta dari Hyundai Rotem seri 1100 dapat berbelok dilengkung R40 yang berada di Depo/Bengkel kereta LRT Jakarta. Lengkung yang tajam akan menimbulkan keausan roda yang signifikan pada kereta, LRT Jakarta menggunakan model roda terbaru yang dapat diganti bandasenya. Bandase merupakan komponen paling luar bagian keping roda kereta, pada bagian ini berfungsi untuk menapakkan roda dengan rel dan terdapat flens yang berfungsi untuk membantu kereta berbelok di rel. Pentingnya melakukan analisis dan estimasi penggantian bandase roda kereta LRT Jakarta yang bertujuan untuk mengetahui lifetime-nya.

**Kata kunci**— *perkeretaapian, kereta ringan, bandase roda kereta, keausan roda*

## 1. PENDAHULUAN

Kereta Api Ringan di masa sekarang ini sangat diminati beberapa negara karena memiliki teknologi yang canggih dan lintas yang tidak memerlukan banyak lahan seperti kereta konvensional biasanya. Perencanaan pembangunan dilakukan untuk mengetahui apakah jika dilakukan perubahan rute LRT melewati dalam kota akan lebih efisien dikarenakan akses menuju stasiun akan lebih mudah[1]. Jakarta merupakan kota percontohan dari salah satu proyek pembangunan rel kereta api ringan seperti LRT, ada dua jenis LRT di Jakarta yaitu LRT Jabodebek adalah sebuah sistem Mass Transit dengan kereta api ringan (LRT) yang direncanakan akan dibangun di Jakarta[2], kereta LRT Jabodebek produksi dari PT. INKA. LRT Jakarta menggunakan kereta seri 1100 produksi dari Hyundai Rotem yang dapat melewati lengkung R40 yang berada di Depo/Bengkel kereta.

Kereta seri 1100 ini sudah beroperasi selama 2 tahun, dalam kondisi ini memerlukan ketelitian dalam melakukan perawatan seperti hasil dari pemeriksaan yang menjadi salah satu dasar kereta dapat Siap Operasi (SO) atau Tidak Siap Operasi (TSO). Kereta Siap Operasi apabila semua komponen berfungsi dalam keadaan normal seperti diameter atau flens roda kereta di ukuran toleransi (661 mm – 659 mm). Dalam melaksanakan perawatan kereta, dimungkinkan adanya ketidaksesuaian antara program dengan realisasi kereta yang masuk dan keluar. Kereta dinyatakan Tidak Siap Operasi[3], salah satu komponen kereta dalam keadaan tidak normal dalam hal ini pengukuran diameter atau flens roda tidak dalam ukuran toleransi (600 mm) untuk meminimalkan gesekan roda dengan rel pada daerah lengkungan diperlukan perhitungan pada roda dan poros roda, apabila terdapat keausan yang melebihi batas toleransi pada bandase maka akan ada pembubutan untuk menyesuaikan ukuran[4]. Bandase merupakan material bagian paling luar pada roda kereta yang menapak pada rel, pada bandase terdapat flens dan diameter luar roda kereta.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun beberapa metode yang digunakan untuk pengumpulan data analisis penggantian bandase roda kereta LRT Jakarta seri 1100 sebagai berikut:

### Studi Literatur

Studi Literatur adalah metode pengumpulan data dengan cara mempelajari literatur – literatur yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Penelitian dengan studi literatur sebuah penelitian yang persiapannya sama dengan penelitian lainnya akan tetapi sumber dan metode pengumpulan data dengan mengambil data di pustaka, membaca, mencatat, dan mengolah bahan penelitian[4]. Metode ini digunakan untuk memperoleh rumus dan teori yang akan digunakan untuk menunjang dalam melakukan studi lapangan dan metode perhitungan pada laporan Tugas Akhir ini.

### Studi Lapangan

Studi Lapangan adalah penelitian yang dilakukan dengan cara melakukan pengamatan langsung pada objek yang diteliti untuk memperoleh data primer. Pengambilan data hasil pengukuran pada roda

kereta yang berada pada mesin bubut roda yang berada di Depo LRT Jakarta. Alat yang digunakan untuk melakukan studi lapangan sebagai bahan penelitian antara lain :

Alat Pelindung Diri (APD): Helm, Sarung Tangan, Kacamata, Baju Kerja Lengan Panjang, Sepatu Safety.

Mesin Bubut Roda Kereta: Mesin bubut yang digunakan adalah jenis mesin bubut Underfloor yaitu mesin bubut roda kereta yang berada dibawah jalur perawatan kereta sehingga roda kereta tidak perlu di lepas.

Dokumentasi: Dokumentasi merupakan hasil pengukuran roda kereta sebelum dan setelah melakukan proses pembubutan

**Metode Perhitungan**

Metode ini adalah usaha untuk menemukan, mengembangkan dan menguji kebenaran suatu pengetahuan agar penelitian ini berdasar pada suatu teori maupun rumus yang ada.

**Lifetime Bandase Kereta LRT Jakarta seri 1100**

Perawatan kereta LRT Jakarta berpacu pada MI (Manual Instruction) dari pabrikan Hyundai Rotem. Dalam tabel di sebutkan pada perawatan 3 tahunan atau 360.000 km dilakukan C1 (Car Overhaul 1) dan 6 tahunan atau 720.000 km dilakukan C2 (Car Overhaul 2) yang dalam pelaksanaan perawatan tersebut terdapat pembongkaran dan pengukuran, sehingga didapatkan kondisi komponen pada roda kereta.

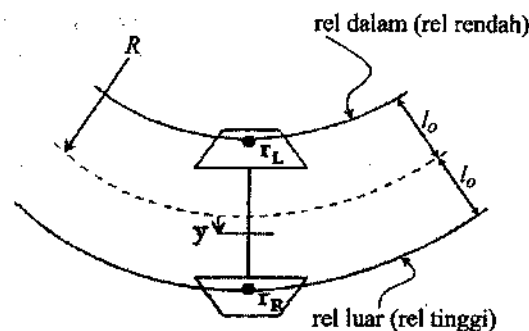
**Tabel 1** Jadwal Perawatan Roda Kereta

Title	inspection interval	Identification
Normal Maintenance Examination	15±2 days Or 5 000 km	NME
Limited Inspection	60±7 days Or 20 000 km	LI
General Inspection 1	360±7 days or 120 000 km	GI1
General Inspection 2	540±7 days Or 180 000 km	GI2
Car Overhaul 1	3 years or 360 000 km	C1

**Pengaruh Roda Terhadap Lengkung**

Peristiwa kontak gelinding roda baja diatas jalan rel adalah sebuah fenomena khas pada kendaraan rel dan menjadi dasar guna memahami perilaku sistem kendaraan rel, baik di jalan lurus maupun ditikungan. Seluruh gaya untuk menghentikan, memberangkatkan, menyangga, dan memandu kendaraan rel diteruskan melalui kontak roda dengan rel[5]. Hal ini menyebabkan rel mudah mengalami kerusakan seperti bergelombang, aus, retak, hingga patah.

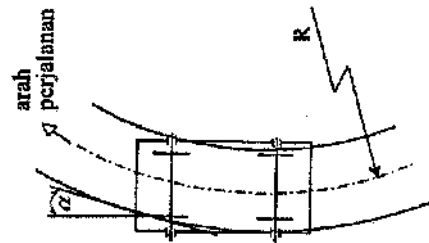
Pada saat perangkat roda melalui tikungan, roda kiri dan roda kanan menempuh jarak yang berbeda[15]. Lintasan rel luar lebih panjang dari pada lintasan rel dalam. Perangkat roda cenderung bergeser kearah rel luar, sehingga timbul perbedaan radius gelinding antara roda kiri dengan roda kanan. Jika perbedaan panjang lintasan akibat perbedaan radius gelinding roda persis sama dengan perbedaan panjang rel, maka perangkat roda akan menjalani tikungan dengan menggelinding sempurna. Posisi lateral perangkat roda yang terjadi dinamakan lintasan gelinding kesetimbangan.



**Gambar 1.** Posisi Roda Saat Melewati Rel Lengkung

Jalan mepet terjadi bila roda depan menempel pada sisi dalam jalan rel luar dan roda belakang menyentuh sisi dalam kepala rel dalam. Jika timbul gaya sentrifugal yang sangat besar, roda depan maupun roda belakang akan menyentuh sisi dalam kepala rel. peristiwa ini disebut jalan tali busur luar.

Pada tikungan dengan radius yang besar perangkat roda membelok karena gaya *creep* yang bekerja pada tapak roda. Pada tikungan yang tajam perangkat roda dapat berbelok karena dipaksa oleh rel. Gaya yang memaksa roda membelok dinamakan gaya pengarah (*directive force*), yaitu gaya reaksi rel pada arah horizontal atau lateral terhadap flens roda yang menekan sisi dalam kepala rel.



**Gambar 2.** Sudut Serang dalam Posisi Jalan Bebas Perangkat Roda di Tikungan

Gerak rotasi flens roda terhadap sumbu gandar (*axle*) perangkat roda menyebabkan flens roda memiliki kecepatan luncur  $v$  di titik A. gaya normal  $N$  menimbulkan gaya gesek  $F$  pada flens roda yang arahnya berlawanan dengan arah kecepatan luncur  $v$ .

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengukuran diambil menggunakan alat ukur sebelum dan melakukan pebubutan pada roda kereta. Sampel yang akan dipakai adalah LRV 1. Tujuan melakukan pembubutan adalah untuk menyamakan diameter roda satu dengan roda yang lain. Pembubutan ini merupakan salah satu faktor yang berperan penting dalam perawatan kereta api, dalam pembubutan sering ditemukannya perbedaan ukuran diameter dan flens pada roda kereta, sehingga diharuskan untuk menyamakan ukurannya dengan melakukan pembubutan. Hal ini akan mengakibatkan roda kereta lebih cepat mengalami keausan.

Roda pada kereta yang baru akan mengalami keausan lebih banyak dikarenakan roda yang baru belum terbentuk menyesuaikan jalan rel yang belum terpakai. Setelah roda dan rel kereta saling menyesuaikan strukturnya maka akan mengalami keausan yang berbeda pada saat kondisi yang sama yang artinya keausan tetap terjadi hanya saja tingkat keausan lebih rendah.

**Tabel 2.** Rata – rata keausan roda kereta dalam 4 bulan

Rata - rata Keausan Roda Setiap 4 Bulan		
Parameter	Roda Kiri	Roda Kanan
Diameter (mm)	1,27	0,99
Tebal Flens (mm)	2,11	0,33
Tinggi Flens (mm)	1,16	1,32

Tabel diatas menunjukkan bahwa keausan roda dalam 4 bulan sebagai bahan perhitungan untuk menemukan keausan roda kereta dalam melewati lengkungan. Selama 1 minggu kereta berdinis sebanyak 4 kali dan 1 kali dilakukan perawatan yang artinya akan melewati lengkung sebanyak 486 kali.

**Tabel 3.** Rata – rata keausan roda kereta ketika melewati satu lengkungan

Rata - rata Keausan Roda Melewati 1 kali lengkung		
Parameter	Roda Kiri	Roda Kanan
Diameter (mm)	0,0001537	0,00012
Tebal Flens (mm)	0,0002559	0
Tinggi Flens (mm)	0,0001404	0,00016

Jadi, pada perhitungan diatas merupakan hasil dari keausan roda dalam melewati sekali lengkungan. Dalam spesifikasi teknis (Spektek) roda kereta pada 6 tahun atau 720000 km akan dilakukan perawatan roda kereta meliputi *reprofiling* atau pun penggantian. Jika dalam 4 bulan roda kereta mengalami keausan sebesar tabel 4.4 maka sebagai berikut.

Jarak Tempuh Awal : 9 September 2019

Jarak Tempuh Akhir : 10 Januari 2020

Waktu : Jumlah perawatan 4 bulanan

$$\begin{aligned} \text{Jarak Tempuh dalam 6 Tahun} &= (\text{Jarak Tempuh Akhir} - \text{Jarak Tempuh Awal}) \times \text{waktu} \\ &= (38805 - 29157) \times 18 \text{ bulan} = 173664 \text{ km} \end{aligned}$$

Dari tabel 4.4 didapatkan hasil perhitungan keausan roda kereta berdasarkan pada hasil perhitungan perawatan 4 bulanan. Berdasarkan batas maksimum antara diameter, tebal flens, dan tinggi flens roda kereta didapat tebal flens sudah mencapai batas maksimum. Berikut perhitungan yang digunakan untuk menentukan waktu penggantian roda :

$$\begin{aligned} \frac{\text{Tebal Flens Maksimum}}{\text{Tebal Flens saat 3 Tahun}} &= \frac{x}{3 \text{ Tahun}} \\ x &= \frac{\text{Tebal Flens saat 3 Tahun}}{\text{Tebal Flens Maksimum} \times 3 \text{ Tahun}} \\ x &= \frac{27,5 \text{ mm} \times 3 \text{ Tahun}}{18,99 \text{ mm}} \\ x &= 4 \text{ Tahun 3 Bulan} \end{aligned}$$

#### 4. KESIMPULAN

Analisis ini menunjukkan bahwa spesifikasi teknis pada kereta LRT Jakarta kilometerbase dan timebase yang terjadwal belum sepenuhnya bisa dipakai karena hasil perhitungan diatas menunjukkan ketidakcocokan. Namun, hal ini berkemungkinan diakibatkan oleh beberapa faktor yaitu trayek LRT Jakarta hanya berjarak 5,8 km. Ada kemungkinan spesifikasi teknis akan bisa dipakai apabila trayek LRT Jakarta sudah menempuh jarak yang cukup jauh.

Syarat kereta berjalan bebas pada lengkung R 40 dan R 60

Wheelbase  $< a < \sqrt{2R(fwc + e)}$  artinya Kereta berjalan bebas

Wheelbase  $> a < \sqrt{2R(fwc + e)}$  artinya Kereta berjalan mepet (Spieszgang).

Hasil perhitungan diatas pada R40 dan R60 menunjukkan bahwa :

R40 : 2310 mm  $<$  894,43 mm

R60 : 2310 mm  $<$  1095,45 mm pada R60

Sehingga kereta berjalan mepet/spieszgang karena tidak ada peninggian dan pelebaran pada lengkungan tersebut.

Roda kereta LRT Jakarta akan tetap digunakan sebelum melewati batas toleransi yang diperbolehkan oleh pabrikan dan dari hasil perhitungan estimasi didapatkan roda kereta akan diganti pada tahun ke 4 tahun mengacu pada standar tebal flens yaitu sudah mencapai tebal maksimal 27,5 mm.

#### 5. Referensi

- [1] M. Adnan, D. T. Sipil, F. T. Sipil, and L. Kebumian, "Perencanaan Ulang LRT JABODEBEK Lintas Pelayanan 3 (Cawang-Bekasi Timur) dengan Modifikasi Alinyemen Ditinjau dari Segi Kelayakan Ekonomi dan Finansial," vol. 7, no. 2, pp. 3-8, 2018.
- [2] D. M. Teknologi, B. Keahlian, M. Proyek, F. Bisnis, and D. A. N. Manajemen, "WAKTU PELAKSANAAN PROYEK PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR LRT ( LIGHT RAIL TRANSIT )," 2017.
- [3] K. Perawatan, D. I. Balai, and Y. Manggarai, "No Title," vol. III, pp. 70-75, 2019.
- [4] Melfianora, "Penulisan Karya Tulis Ilmiah Dengan Studi Literature,," pp. 1-3, 2017.
- [5] S. Sarjana, S. Strata, T. Sipil, and U. Jayabaya, "ANALISIS BATAS KECEPATAN KRITIS KELUAR REL DI LENGKUNGAN R60 DENGAN KONDISI TIDAK ADA PELEBARAN Diajukan oleh : Ikhsan Rahmat Fadillah," 2020.



# Konsep Desain Mesin Pencetak Block Briket Refuse Derived Fuel (RDF) Sampah Organik

Arfan Megi<sup>1</sup> dan Agri Suwandi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

**Abstrak.** Pengelolaan sampah telah diatur pemerintah melalui Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 mengenai pengelolaan sampah. Pasal 3 UU Nomor 18 Tahun 2008 menyebutkan bahwa pengelolaan sampah dilandasi atas nilai ekonomi masyarakat. Asas nilai ekonomi tersebut adalah bahwa sampah merupakan sumber daya yang mempunyai nilai ekonomi yang dapat dimanfaatkan sehingga memberi nilai tambah. Salah satu cara pengolahan sampah agar memiliki nilai ekonomis adalah dengan mengubahnya menjadi suatu produk baru. Produk yang dapat menjadi solusi adalah dengan mengubah sampah organik menjadi bahan bakar alternatif, yaitu *Refuse Derived Fuel*. Untuk dapat membuat produk *Refuse Derived Fuel* dari sampah organik, maka diperlukan mesin pencetak untuk dapat membuatnya. Tulisan ini bertujuan untuk membahas tahapan pemilihan konsep desain dari mesin pencetak *Refuse Derived Fuel* dengan hasil cetakan berbentuk dengan bahan bakunya adalah sampah organik sisa hasil makanan. Metode perancangan yang digunakan adalah metode Pahl & Beitz. Konsep mesin pencetak *Refuse Derived Fuel* yang di desain memiliki prinsip kerja dengan sumber penggerak berupa motor listrik yang menggerakkan reduser untuk direduksi putarannya, setelah direduksi putarannya lalu diteruskan dengan menggunakan rantai dan sproket. Pada poros utama terdapat engkol dengan mekanisme *sliding* seperti pada piston motor sehingga bahan sampah organik tersebut akan ditekan oleh *tools*. Dari tiga konsep varian yang dibuat, terpilihlah varian 1 dengan poin sebesar 2,608.

**Kata kunci**— konsep; pencetak; block; RDF; Pahl & Beitz.

## 1. Pendahuluan

Sampah merupakan masalah klasik yang dihadapi oleh negara-negara maju maupun berkembang dan hingga saat ini penanganan serta pengelolaan sampah masih terus dikembangkan. Khususnya di Indonesia sebagai negara berkembang, permasalahan sampah menjadi masalah yang harus mendapat perhatian lebih seiring laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat. Beberapa permasalahan yang ditimbulkan akibat keberadaan sampah adalah sebagai berikut; masalah keindahan dan kenyamanan yang merupakan gangguan bagi pandangan mata dan pemandangan yang tidak disukai oleh sebagian besar masyarakat, sampah yang telah terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar, merupakan sarang atau tempat berkumpulnya berbagai binatang yang dapat menjadi sumber penyakit, sampah yang berbentuk debu atau bahan membusuk dapat mencemari udara akan mengganggu saluran pernafasan, serta penyakit lainnya [1]. Sampah yang dibuang sembarangan dapat menyumbat saluran-saluran air buangan atau *drainase* dapat menimbulkan bahaya banjir akibat terhambatnya pengaliran air buangan dan air hujan.

Limbah padat atau yang lebih dikenal dengan sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia atau juga bisa berasal dari alam yang berbentuk padat. Limbah padat telah digunakan untuk menghasilkan uap dan listrik sejak awal 1900-an. Mayoritas limbah padat memiliki nilai kalor antara seperempat dan satu-setengah dari batubara [2]. Nilai kalor yang tepat dari limbah padat adalah fungsi dari kandungan karbon yang terdapat dalam sampah. Limbah padat memiliki kandungan abu yang umumnya rendah, antara 20-40%. Kadar air padat limbah sangat bervariasi dan dapat berubah secara signifikan akibat proses pengolahan, penanganan dan penyimpanan [3]. Berbagai macam komposisi MSW (*Municipal Solid Waste*) dapat dibakar tanpa bahan bakar tambahan. Namun, karena air dan material tidak dapat terbakar tidak memberikan kenaikan terhadap nilai kalor limbah, pengolahan limbah untuk meminimalkan kadar air mereka dan mengurangi kadar abu dapat secara signifikan meningkatkan kualitas bahan bakar dan meningkatkan efisiensi pembakaran. *Refuse Derived Fuel* (RDF) adalah sampah yang mudah terbakar dan terpisahkan dari bagian yang sulit terbakar melalui proses pencacahan, dan pengayakan. RDF merupakan salah satu teknik penanganan sampah dengan mengubah sampah menjadi sesuatu alternatif yang bermanfaat yaitu bahan. RDF dihasilkan dari pemisahan fraksi yang mudah terbakar (*combustible fraction*) dan fraksi sampah yang sulit dibakar (*non combustible fraction*) dari sampah [4].

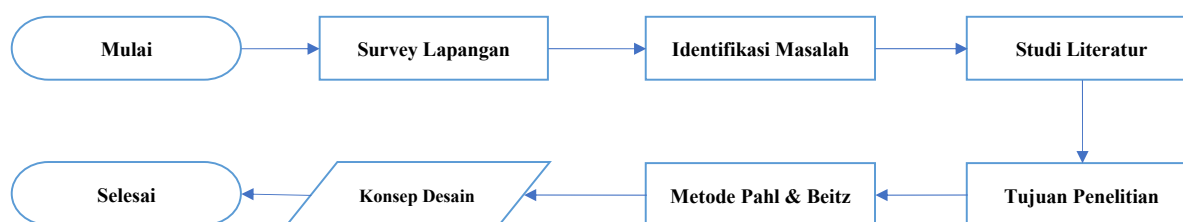
Penggunaan RDF sebagai bahan bakar memberikan keuntungan seperti nilai kalor yang tinggi, homogenitas komposisi fisik-kimia, kemudahan disimpan, ditangani dan ditransportasikan, semakin

sedikit emisi polutan yang dihasilkan dan berkurangnya udara yang dibutuhkan untuk proses pembakaran [5]. Namun, produksi nilai kalor RDF yang tinggi mengharuskan proses produksi yang kompleks yang mengarah kepada efisiensi massa yang kecil (sehingga efisiensi bahan baku RDF menjadi kecil). Menurut Caputo dan Pelagagge [6], keunggulan lain dari penggunaan RDF sebagai bahan bakar adalah (1). RDF memiliki nilai yang lebih tinggi kalori daripada MSW, sehingga pemulihan energi yang lebih tinggi; (2). RDF mengandung sedikit *non-combustible* material dibandingkan MSW, sehingga abu yang dihasilkan lebih sedikit; dan (3). Pembakaran karakteristik RDF yang lebih konsisten dari MSW, sehingga pembakaran bisa lebih terkontrol. Disamping keuntungan penggunaan RDF, yaitu tidak bisa mengurangi 100% sampah dan akan menimbulkan permasalahan yaitu produksi yang dihasilkan zat-zat polutan yang dapat mencemari lingkungan yaitu gas-gas hasil pembakaran seperti  $CO_2$ ,  $NO_x$ ,  $SO_2$ , dan lain-lain [7].

Penelitian yang dilakukan oleh Maulana, dkk [8] memperlihatkan bahwa rancangan mesin pencetak briket RDF dengan menggunakan sistem *screw* dapat menghasilkan briket RDF yang padat. Namun masih memiliki kekurangan yaitu proses yang lama. Tulisan ini akan membahas tentang pengembangan konsep desain mesin pencetak *block* briket RDF dengan menggunakan metode Pahl & Beitz. Mesin cetak briket RDF yang di rancang menggunakan gerak engkol dalam menekan material RDF sehingga dapat lebih cepat dalam memproduksinya dengan hasil akhir berupa *block* briket. Hasil dari konsep desain ini diharapkan dapat menjadi acuan desain mesin pencetak *block* briket RDF.

## 2. Metodologi

Proses untuk mendapatkan konsep desain dari mesin pencetak *block* briket RDF, mengikuti tahapan – tahapan seperti terlihat pada Gambar 1. Memulai awal proses penelitian merupakan tahap persiapan dari seluruh kegiatan yang dilanjutkan dengan *Survey* Lapangan. *Survey* dilakukan dengan cara melihat dan mengamati mesin pencetak RDF yang sudah ada dipasaran. Selanjutnya adalah melakukan identifikasi masalah itu merupakan suatu cara bagaimana kita melihat, menduga, memperkirakan, dan menguraikan serta menjelaskan apa yang menjadi masalah.



Gambar 1. Diagram alir metodologi

Mengidentifikasi masalah dapat dilakukan dengan membuat dan menyebarkan kuesioner, kegunaan kuesioner adalah untuk memperoleh informasi akurat dari responden. Tujuan utamanya untuk memperoleh gambaran paling dekat tentang keadaan pasar. Informasi yang akurat diperoleh dengan mengajukan pertanyaan yang tepat kepada responden yang berkecimpung dibidang pengolahan sampah. Kuesioner memberikan struktur pada saat wawancara sehingga wawancara dapat berjalan lancar dan terunut. Selain melakukan obsevasi pasar dan wawancara, studi literatur sangat diperlukan, yaitu dengan mengumpulkan berbagai sumber pembahasan tentang mesin pencetak RDF dari sampah organik dan penerapannya melalui browsing internet dan dari sumber buku yang membahasnya. Kemudian dapat ditentukan tujuan penelitian atau tujuan desain yang dilakukan, khususnya tentang mesin pencetak RDF.

Metode yang digunakan dalam melakukan desain adalah dengan metode Pahl & Beitz. Tahap pertama yang dilakukan dalam metode Pahl & Beitz adalah dengan daftar persyaratan, struktur fungsi, prinsip solusi sub fungsi, *selection chart*, pembobotan nilai, hingga terpilihnya konsep yang akan dikembangkan [9].

## 3. Hasil dan Pembahasan

Tahap perancangan Mesin pencetak bahan bakar RDF dari sampah organik diawali pada pengumpulan data (contoh kuesioner dapat dilihat pada gambar 2) dan semua informasi yang berhubungan langsung dengan perancangan dan diharapkan dapat memberikan solusi akhir. Data dan semua informasi yang diperoleh dapat dikembangkan menjadi suatu dasar perancangan, karena dari data dan informasi tersebut yang menjadi acuan dalam penyusunan spesifikasi, tahap perancangan serta optimalisasi solusi proses perancangan mesin pencetak bahan bakar RDF dari sampah organik.

**KUESIONER**  
**PERANCANGAN MESIN PENCETAK BAHAN BAKAR RDF**

Saya mahasiswa Diploma III Teknik Mesin Universitas Pamaala sedang melakukan penelitian mengenai Perancangan mesin pencetak bahan bakar RDF. Mesin pencetak bahan bakar RDF merupakan mesin yang berfungsi untuk mencetak sampah sisa hasil biodegrator. Biodegrator merupakan suatu sistem yang memproses pembusukan bahan organik, kemudian sampah hasil biodegrator itu dijadikan bahan bakar RDF (*Refuse derived fuel*) atau adalah hasil proses pemisahan limbah padat antara fraksi sampah mudah terurai dan tidak mudah terurai seperti reruntuhan dan kasko berbetuk bricket. Oleh karena itu kami memerlukan masukan dari Bapak/Ibu/Sdr/i.

NAMA : Adi Hendy  
UMUR : 23

**PELUKUK PENGISIAN**  
Berilah tanda checklist (✓) pada kolom yang telah disediakan

1. Apakah anda pernah menengar proses biodegrator sebelumnya? <input checked="" type="checkbox"/> Sudah pernah <input type="checkbox"/> Belum pernah	4. Seringkah Anda menggunakan keahlian dalam mengoperasikan bahan atau biodegrator untuk dijadikan bahan bakar RDF? <input checked="" type="checkbox"/> Ya <input type="checkbox"/> Tidak
2. Apakah anda pernah menggunakan bahan bakar RDF sebelumnya? <input type="checkbox"/> Sudah pernah <input checked="" type="checkbox"/> Belum pernah	5. Kualitas apa yang sering Anda gunakan? (Tidak pilih lebih dari satu) <input checked="" type="checkbox"/> Sifat diproses (Tidak atau cara mengoperasinya untuk dijadikan bahan bakar) <input type="checkbox"/> Mengopi bahan-bahan yang tidak berguna jika tidak diproses lanjut <input type="checkbox"/> sulit dalam pengoperasiannya <input type="checkbox"/> Sulit dipisahkan.
3. Apakah bisa bahan sisa biodegrator dapat dijadikan bahan bakar RDF? <input type="checkbox"/> Bisa <input checked="" type="checkbox"/> Mungkin <input type="checkbox"/> Tidak bisa	

Nota : Jika Ya, lanjut ke pertanyaan selanjutnya. Jika Tidak, berhenti sampai disini.

Gambar 2. Contoh kuesioner yang digunakan

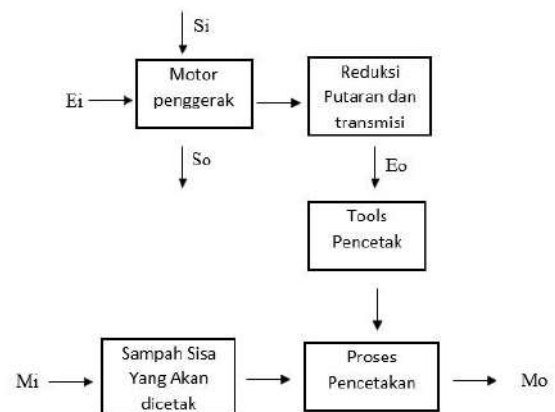
Agar mudah dalam mengidentifikasi kendala yang mungkin dihadapi untuk mencapai solusi optimal, spesifikasi desain disusun dengan membedakan apakah sebuah persyaratan desain yang diutarakan (diperoleh dari analisa pasar) itu merupakan keharusan yang wajib dipenuhi (*demand*), atau keinginan (*wishes*) yang apabila memungkinkan bisa diterapkan melalui pertimbangan tertentu. Berikut pada Tabel 1 disajikan daftar D/*demand* (keharusan) dan W/*wishes* (keinginan) untuk persyaratan mesin pencetak RDF yang akan dirancang.

Tabel 1. Demand & Wishes

No.	D/W	Aspek
1.		Geometri
	D	Bentuk dan konstruksi yang kokoh
	W	Ukuran reduksi putaran yang berbeda
2.		Gaya-Gaya
	W	Getaran yang dihasilkan tidak terlalu besar
3.		Energi
	D	Daya yang didapat berasal dari motor listrik, motor bensin atau tenaga manusia
	W	Daya yang digunakan relatif kecil
4.		Material
	D	Material rangka yang tahan karat
	D	Konstruksi rangka terbuat dari profil besi siku
	W	Material yang ringan
	W	Mudah didapatkan di pasaran
5.		Kecamatan
	D	Memperhitungkan berat mesin, kecepatan dan transmisi
	W	Tidak menimbulkan polusi
6.		Sinyal
	D	Penggunaan saklar pemutus arus
	D	Penggunaan tombol untuk menjalankan atau mematikan mesin
7.		Ekonomi
	D	Mudah dalam pengoperasian
	W	Tidak menimbulkan suara bising
8.		Produksi
	W	Bentuk komponen yang sederhana dan tidak membutuhkan produksi yang rumit
	W	Penggunaan komponen yang sederhana dan komponen standar
9.		Kontrol Kualitas
	D	Penggunaan komponen ada dipasaran
10.		Perakitan
	D	Waktu pemasangan dan pembongkaran harus cepat
	W	Pemasangan dan pembongkaran mesin harus mudah dan sederhana.
11.		Transportasi
	W	Mudah untuk dipindahkan
	W	Tidak memerlukan alat angkutan yang khusus
12.		Perawatan
	D	Penggunaan komponen yang dapat diperbaiki atau diganti
	W	Mudah dibersihkan untuk setiap komponen
	W	Biaya perawatan murah



Gambar 3. Diagram fungsi keseluruhan mesin pencetak RDF



Gambar 4. Diagram sub fungsi mesin pencetak RDF

Tahap selanjutnya adalah membuat diagram fungsi keseluruhan mesin pencetak RDF dari bahan baku sampah organik sisa makanan. Dimana tujuannya adalah untuk mengetahui fungsi produk yang terdiri atas tiga bagian yaitu: *input*, proses dan *output*. Fungsi dikatakan sama dengan sebuah proses, dan dapat merubah sebuah masukan menjadi sebuah luaran. Adapun Ei adalah energi yang dibutuhkan (listrik), Mi adalah material utama (sampah sisa makanan), Si adalah sinyal masuk (*on*), Eo adalah Energi yang dikeluarkan (mekanik), Mo adalah keluaran material (RDF) serta So adalah sinyal keluar (*off*) seperti terlihat pada Gambar 3. Selanjutnya untuk dapat melihat detail proses kerja mesin pencetak RDF yang ingin dirancang, maka dibuat suatu diagram sub fungsi, seperti Gambar 4. Dimana diperlihatkan alur kerja dari input-proses-output mesin yang dirancang dipengaruhi oleh komponen pendukung penggerak *tools* cetakan.

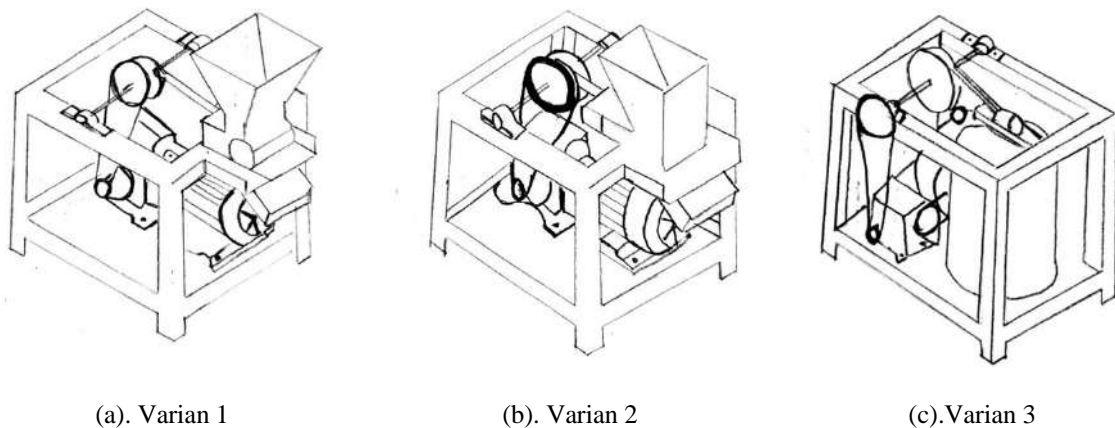
Langkah berikutnya setelah didapatkan diagram sub-fungsi mesin pencetak RDF, adalah membuat tabel solusi fungsi (lihat Tabel 2) yang nantinya akan menghasilkan konsep-konsep varian yang akan dirancang dan kemudian akan dihasilkan varian konsep terpilih.

**Tabel 2. Solusi Fungsi**

No	Fungsi	Solusi		
		1	2	3
1	Sumber Penggerak	1.1 Motor Listrik 	1.2 Motor Bensin 	1.3 Manual/Manusia 
2	Pereduksi Putaran	2.3 Roda Gigi Lurus 	2.2 Roda Gigi Cacing 	2.3 Roda Gigi Payung 
3	Transmisi	3.1 Puli & Sabut 	3.2 Sproket & Rantai 	
4	Bentuk Tools	4.1 Bulat 	4.2 Persegi Panjang 	
5	Bentuk Cetakan	5.1 Balok 	5.2 Bricket 	5.3 Kubus 
6	Corong	6.1 Segitiga 	6.2 Profil U 	6.3 Prisma 
7	Rangka	7.1 Profil Hollow 	7.2 Profil Siku 	7.3 Profil Pipa 

V1                      V2                      V3

Dari Tabel 2 didapatkan variasi konsep dari komponen terpilih untuk dibuatkan sketsa konsep desain mesin sesuai tabel solusi fungsi tersebut. Adapun hasil dari varian kombinasi solusi tersebut adalah: Varian 1 → 1.1 , 2.2 , 3.2 , 4.1 , 5.2 , 6.3 , 7.1 ; Varian 2 → 1.2 , 2.3 , 3.2 , 4.2 , 5.1 , 6.1 , 7.2 ; Varian 3 → 1.1 , 2.1 , 3.2 , 4.1 , 5.3 , 6.2 , 7.3. Dalam pembuatan konsep varian harus memperhatikan dari segi teknik dan ekonominya. Berikut Gambar 5 dari desain konsep mesin pencetak RDF berdasarkan hasil tabel Solusi Fungsi yang telah dibuat sebelumnya.



(a). Varian 1

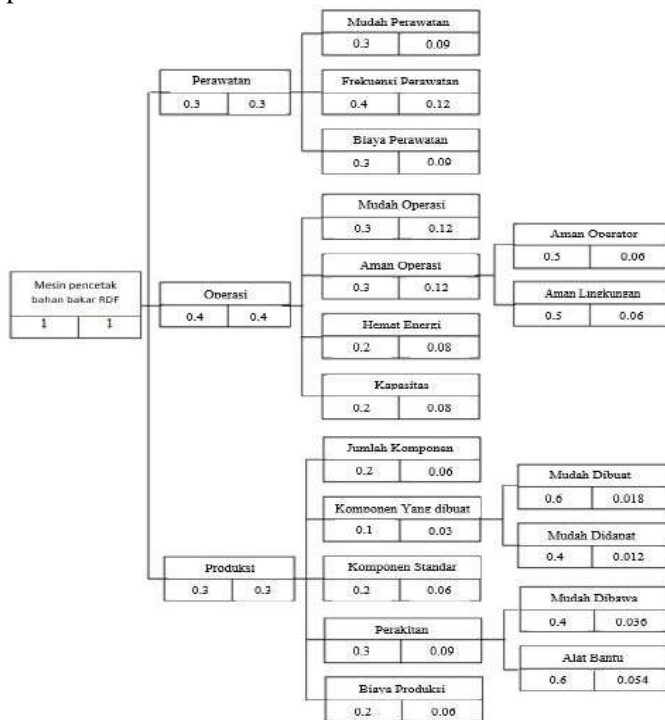
(b). Varian 2

(c). Varian 3

**Gambar 5.** Konsep Varian Mesin Pencetak RDF

Pada varian 1 ini, komponen yang digunakan adalah dengan menggunakan motor listrik sebagai penggerak, untuk reduksi putaran menggunakan roda gigi jenis cacing kemudian ditransmisikan dengan rantai, tools berbentuk bulat dan cetakan berbentuk seperti tabung tanpa tutup yang akan menghasilkan bentuk cetakan berbentuk briket, dengan bentuk corong prisma sedangkan untuk rangka menggunakan profil besi *hollow*. Untuk varian 2 ini, komponen yang digunakan adalah dengan menggunakan motor bensin sebagai sumber penggerak, untuk reduksi putaran menggunakan roda gigi jenis payung kemudian ditransmisikan dengan rantai, tools berbentuk persegi panjang yang akan menghasilkan bentuk cetakan berbentuk briket berbentuk balok dengan bentuk corong segitiga dan rangka menggunakan profil besi siku. Sedangkan varian 3, komponen yang digunakan adalah dengan menggunakan motor listrik sebagai sumber penggerak, untuk reduksi putaran menggunakan roda gigi jenis lurus kemudian ditransmisikan dengan rantai, *tools* berbentuk bulat yang akan menghasilkan briket berbentuk kubus, dan corong berbentuk profil U, serta rangka yang menggunakan profil besi pipa.

Untuk mendapatkan varian terpilih digunakanlah bobot dari pohon kriteria (lihat Gambar 6) kemudian membandingkan point-point kriteria evaluasi setiap variannya menggunakan kuesioner penilaian varian seperti Gambar 7.



Gambar 6. Pohon Kriteria

No	Kriteria	Perawatan	Operasi	Produksi
1	Mudah Perawatan	Perawatan		
2	Frekuensi Perawatan	Waktu		
3	Biaya Perawatan	Jumlah Harga		
4	Mudah Operasi	Prinsip kerja		
5	Aman Operator	Keamanan		
6	Aman Lingkungan	Polusi		
7	Hemat Energi	Pemakaian Daya		
8	Kapasitas	kg/jam		
9	Jumlah Komponen	Jumlah Komponen		
10	Mudah Dibuat	Bentuk		
11	Mudah Didapat	Banyak Dipasaran		
12	Komponen Standar	Komponen Tetap		
13	Mudah Dibawa	Ukuran		
14	Alat Bantu	Komponen Tambahan		
15	Biaya Produksi	Jumlah Harga		

Gambar 7. Contoh Kuesioner Penilaian Varian

Selanjutnya, penilaian varian konsep yang diambil berdasarkan *demand & wishes* (Tabel 1) yang dibuatkan ke dalam kuisisioner untuk pemilihan sketsa dengan menggunakan skala Likert empat tingkat. Adapun skala Likert yang digunakan adalah sebagai berikut: Skor 1 = Kurang ; Skor 2 = Cukup ; Skor 3 = Baik ; Skor 4 : Penting. Tabel 3 adalah tabel kriteria evaluasi varian dimana dilakukan penilaian pada tiap varian untuk mengeliminasi beberapa varian dan menghasilkan satu varian terpilih.

Tabel 3. Pembobotan Varian

No.	Kriteria Evaluasi	Bobot Kriteria	Parameter	Satuan	Varian 1			Varian 2			Varian 3		
					Besaran	Nilai	Bobot Nilai	Besaran	Nilai	Bobot Nilai	Besaran	Nilai	Bobot Nilai
1	Mudah Perawatan	0,090	Perawatan	-	Baik	3	0,270	Baik Sekali	4	0,360	Cukup	2	0,180
2	Frekuensi Perawatan	0,120	Waktu	detik	Cukup	2	0,240	Cukup	2	0,240	Cukup	2	0,240
3	Biaya Perawatan	0,090	Jumlah Harga	Rp	Cukup	2	0,180	Baik	3	0,270	Baik	3	0,270
4	Mudah Operasi	0,120	Prinsip kerja	-	Baik Sekali	4	0,480	Baik Sekali	4	0,480	Baik	3	0,360
5	Aman Operator	0,060	Keamanan	-	Baik	3	0,180	Kurang	1	0,060	Kurang	1	0,060
6	Aman Lingkungan	0,060	Polusi	-	Cukup	2	0,120	Cukup	2	0,120	Cukup	2	0,120
7	Hemat Energi	0,080	Pemakaian Daya	Watt	Cukup	2	0,160	Cukup	2	0,160	Cukup	2	0,160
8	Kapasitas	0,080	Jumlah Kapasitas	kg/jam	Baik	3	0,240	Cukup	2	0,160	Baik	3	0,240
9	Jumlah Komponen	0,060	Jumlah Komponen	pcs	Baik	3	0,180	Baik	3	0,180	Baik	3	0,180
10	Mudah Dibuat	0,018	Bentuk	-	Baik	3	0,054	Baik	3	0,054	Baik	3	0,054
11	Mudah Didapat	0,012	Banyak Dipasaran	-	Cukup	2	0,024	Cukup	2	0,024	Baik	3	0,036
12	Komponen Standar	0,060	Komponen Tetap	-	Baik	3	0,180	Cukup	2	0,120	Cukup	2	0,120
13	Mudah Dibawa	0,036	Ukuran	m	Cukup	2	0,072	Cukup	2	0,072	Baik	3	0,108
14	Alat Bantu	0,054	Komponen Tambahan	pcs	Cukup	2	0,108	Cukup	2	0,108	Cukup	2	0,108
15	Biaya Produksi	0,060	Jumlah Harga	Rp	Cukup	2	0,120	Cukup	2	0,120	Cukup	2	0,120
<b>Total</b>		<b>1,000</b>					<b>2,608</b>			<b>2,528</b>			<b>2,356</b>

Dari Tabel 3, pembobotan varian dari 3 varian yang sudah di akumulatif nilainya dijadikan satu mulai dari kriteria evaluasi, parameter hingga hasil setiap varian dari mesin pencetak RDF ini. Berdasarkan hasil pembobotan dipilihlah **rancangan konsep varian 1** yang memiliki **nilai tertinggi, yaitu: 2,608**.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah didapat, bahwa dalam membuat rancangan konsep diperlukan beberapa tahapan. Dengan menggunakan metode perancangan Pahl dan Beitz dapat dihasilkan suatu konsep varian mesin pencetak RDF. Dari rancangan konsep terpilih diharapkan dapat menghasilkan bentuk RDF yang baik dengan jumlah produksi yang banyak dan cepat. Untuk dapat membuktikan apakah mesin pencetak RDF benar-benar dapat menjadi solusi yang tepat, maka perlu adanya tahap simulasi rancangan hingga kepada tahap manufaktur dan pengujian mesin.

#### 5. Referensi

- [1] Y. Hendra, "Perbandingan Sistem Pengelolaan Sampah di Indonesia dan Korea Selatan: Kajian 5 Aspek Pengelolaan Sampah," *Aspir. J. Masal. Sos.*, vol. 7, no. 1, pp. 77–91, 2016.
- [2] B. B. Puspa, B. H. Pirngadi, F. S. Nurwulandari, J. D. S. No, and K. Bandung, "Life Cycle Inventory Untuk Pengelolaan Sampah Yang Berkelanjutan Di Kota Pekanbaru," *J Planol Unpas*, vol. 4, no. 3, pp. 819–826, 2017.
- [3] B. Annisa, "Asesmen Potensi Recovery Energi dari Sampah Perkotaan di TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) Sampah untuk Infrastruktur Persampahan Berkelanjutan," in *Proceedings ACES (Annual Civil Engineering Seminar)*, 2016, vol. 1, pp. 235–242.
- [4] I. N. Hutabarat *et al.*, "Potensi Material Sampah Combustible pada Zona Pasif TPA Jatibarang Semarang sebagai Bahan Baku RDF (Refuse Derived Fuel)," *J. Tek. Mesin Mercu Buana*, vol. 7, no. 1, pp. 24–28, 2018.
- [5] E. Maulana, A. Suwandi, D. Rahmalina, B. M. Suyitno, and D. Mahandika, "Analisis Kinerja Refuse Derived Fuel (RDF) Dari Sampah Organik Dan Non Organik Dengan Pendekatan Simulasi Software," *J. Teknol.*, vol. 13, no. 1, pp. 109–114, 2021.
- [6] A. C. Caputo and P. M. Pelagagge, "RDF production plants: I Design and costs," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 22, no. 4, pp. 423–437, 2002.
- [7] D. A. Himawanto, H. Saptoadi, T. A. Rohmat, and I. Indarto, "Pengolahan Sampah Kota Terseleksi Menjadi Refused Derived Fuel Sebagai Bahan Bakar Padat Alternatif," *J. Tek. Ind.*, vol. 11, no. 2, pp. 127–133, 2010.
- [8] E. Maulana, D. Mahandika, and A. H. Bahrudin, "Design of refuse derived fuel (RDF) printing machine with a capacity of 50 kg/h," *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 17, no. 1, pp. 58–66, 2021.
- [9] G. Pahl and W. Beitz, *Engineering design: a systematic approach*. Springer Science & Business Media, 2013.