

Rancang Bangun Mesin Pelet Serbuk Kayu Kapasitas 50 kg/jam

Farhan Ali Rabbani^{1*}, Tono Sukarnoto¹, Ir Jamal M Afiff¹, dan Ihram Maulana¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti Jakarta

Abstrak. Indonesia merupakan salah satu negara dengan ketergantungan terhadap energi fosil (minyak bumi, gas bumi, dan batubara) dalam memenuhi kebutuhan energi di dalam negeri yang cukup tinggi. Untuk menangani masalah ketergantungan tersebut, pemerintah berupaya keras untuk mencari energi alternatif yang dapat diperbaharui, seperti energi biomassa. Energi biomassa merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang berasal dari organisme yang ada di bumi seperti tumbuhan, hewan, dan juga manusia. Salah satu sumber energi biomassa yang dapat dikembangkan, yaitu pelet kayu atau wood biomass energy. Pelet serbuk kayu merupakan salah satu jenis bahan bakar alternatif terbarukan yang lebih ramah lingkungan, bentuknya hampir mirip dengan briket kayu, namun ukuran dan bahan perekatnya berbeda. Wood pelet atau pelet kayu ini memiliki banyak sekali manfaat antara lain memenuhi berbagai macam kebutuhan, baik kebutuhan rumah tangga maupun kebutuhan industri dan perusahaan. Pada penelitian ini dilakukan rancang bangun alat pembuat pelet dari serbuk kayu. Perancangan ini dilakukan dengan metode VDI 2221. Mesin pelet serbuk kayu ini didesain dengan dimensi 560 x 360 x 130 cm. Mesin penggerak yang dirancang menggunakan motor listrik 1 fasa dengan daya sebesar 1 HP sehingga mampu memproduksi pelet kayu sebanyak 50 kg/ jam dengan dimensi panjang pelet 30 mm.

Kata Kunci: Biomassa, VDI 2221, pelet, serbuk kayu.

1. PENDAHULUAN

Biomassa merupakan energi terbarukan dalam bentuk energi padat yang berasal dari bagian tumbuhan ber lignoselulosa. Biomassa tidak dapat langsung digunakan sebagai bahan bakar yang disebabkan karena sifat fisiknya yang rendah seperti kerapatan energi yang kecil dan permasalahan penanganan, penyimpanan dan transportasi sehingga perlu diversifikasi di antaranya dengan dibuat produk pelet.[1] Salah satu sumber energi biomassa yang dapat dikembangkan, yaitu ditemukan dari limbah serbuk kayu. Serbuk kayu merupakan limbah industri penggergajian kayu.[2] Sampai saat ini limbah serbuk kayu banyak menimbulkan masalah dalam penanganannya seperti dibiarkan membusuk, ditumpuk dan dibakar yang berdampak negatif terhadap lingkungan. Banyaknya limbah yang tidak termanfaatkan dengan baik maka diperlukan adanya teknologi baru dengan memanfaatkan limbah serbuk kayu. Salah satunya yaitu pelet kayu (wood pelet) atau wood biomass energy. Bahan baku pembuatan pelet kayu (wood pelet) berasal dari limbah industri penggergajian, limbah tebang pohon, dan limbah industri kayu lainnya. Pelet kayu (wood pelet) memiliki bentuk berupa silinder dengan panjang 6 ~ 25 mm dan diameter 3 ~ 12 mm. [3]

Mesin pelet serbuk kayu yang dirancang pada rancang bangun ini dibuat agar dapat memberikan panduan mengenai proses pembuatan mesin pelet serbuk kayu. Perancangan mesin pelet serbuk kayu dibuat dengan kapasitas 50 kg/jam. Dalam memenuhi tahapan perancangan, maka diperlukan banyak pertimbangan yang meliputi; mekanisme kerja mesin pelet serbuk kayu. Komponen serta perkiraan biaya dalam pembuatan mesin pelet serbuk kayu.

2. METODE

Dalam perancangan mesin pelet serbuk kayu kapasitas 50 kg/jam dilakukan secara sistematis dengan menggunakan metode VDI 2221 yang meliputi perancangan konsep, perancangan wujud, perancangan detail, pembuatan peralatan, dan selanjutnya melakukan pengujian terhadap alat, serta dokumentasi.

¹ Corresponding author: farhan.alirabbani@gmail.com

3. PEMBAHASAN

A. VDI (*Verein Deutscher Ingenieure*) 2221

Metode VDI 2221 merupakan salah satu metode dengan pendekatan sistematis untuk menyelesaikan masalah, serta dapat mengoptimalkan penggunaan bahan dan teknologi. Langkah-langkah umum yang digunakan dalam metode VDI 2221 yaitu: [4]

- a. Penjabaran tugas (*clarification task*)
Dalam tahap ini juga terdapat batasan-batasan untuk membuat suatu produk. Data dan informasi yang sudah didapat, maka dapat ditulis dalam sebuah daftar kebutuhan (*Requirement List*) dengan memberikan keterangan D (Demand) untuk tuntutan dan W (Wishes) untuk keinginan.
- b. Perancangan konsep (*conceptual design*)
Tahap selanjutnya yaitu perancangan konsep, bertujuan untuk dilakukannya identifikasi permasalahan dengan cara membuat abstraksi, menetapkan struktur fungsi dan mencari kombinasi dari prinsip-prinsip kerja yang sesuai dengan spesifikasi agar tercapai prinsip solusi yang benar.
- c. Perancangan wujud (*embodiment design*)
Dalam tahap ini prinsip solusi yang sudah dibentuk pada perancangan konsep akan diwujudkan kedalam bentuk yang nyata.
- d. Perancangan detail (*detail design*)
Tahap terakhir yaitu perancangan detail, dimana pada tahap ini rancangan yang sudah dibuat dijadikan dokumen produk yang bertujuan untuk mempermudah pemroduksian secara kontinu dan pengembangan dari rancangan produk yang kita sudah rancang. Isi dari dokumen produk sendiri ialah gambar rancangan, sistem kerja, dan komponen yang digunakan untuk membuat produk tersebut.

a. Penjabaran Tugas (*Clarification task*)

Dalam tahap perancangan konsep, perancang harus menentukan kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan dalam perancangan. Kebutuhan-kebutuhan tersebut ditulis dalam suatu tabel yang disebut sebagai daftar persyaratan (*requirement list*). Daftar persyaratan tersebut merupakan penyusunan daftar yang diksehendaki, dapat berupa gagasan atau suatu keinginan pasar. Berikut daftar persyaratan yang tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Persyaratan

TEKNIK MESIN FTI, TRISAKTI	Daftar Spesifikasi Mesin Pellet Serbuk Kayu	Hal: 1
PARAMETER	URAIAN PARAMETER	D / W
GEOMETRI	Dimensi mesin: Panjang 50 cm, Lebar 36 cm, Tinggi 105 cm.	D
	Kapasitas : 50 kg/jam. Dimensi pellet: Panjang 20 ~ 30 mm; Diameter 15 ~ 20mm.	W
GAYA	Torsi yang dihasilkan cukup untuk mencetak pelet.	D
KINEMATIK	Penekanan menggunakan roller.	D
ENERGI	Daya motor listrik : 1 fase.	W
MATERIAL	Material komponen mudah didapat di pasaran.	D
	Rangka harus kuat dan kaku.	D
	Mata potong tahan aus. Tahan terhadap korosi.	W
KEAMANAN	Aman ketika dioperasikan oleh operator.	D
PRODUKSI	Di produksi oleh industri lokal.	D
PERAKITAN	Dilakukan di workshop.	D
	Penggantian komponen dapat dilakukan di lapangan.	W
	Pencetak (<i>die holes</i>) dapat dibuka dan dibersihkan.	D
OPERASI	Pengoperasian dilakukan manual oleh operator.	D
	Memiliki saklar on/off.	D
PERAWATAN	Perawatan mudah dilakukan oleh satu orang.	D
BIAYA	Biaya pembuatan tidak terlalu mahal untuk skala industri rumahan.	D

b. Perancangan Konsep

- 1) Abstrak
Hasil dari *step* 1 dan 2

- Mesin pelet serbuk kayu berfungsi untuk mencetak serbuk kayu menjadi pelet kayu.
- Ukuran yang dibuat untuk skala *home industry*.
- Torsi yang dihasilkan cukup untuk mencetak pelet.
- Menggunakan motor listrik atau motor bakar bensin sebagai sumber energi.
- Menggunakan *V-belt*, Rantai atau *gearbox* untuk mereduksi putaran motor listrik atau motor bensin.
- Material yang digunakan adalah material lokal yang kuat dan tahan karat.
- Diharapkan menggunakan komponen jadi.
- Mudah dioperasikan dan harus aman bagi operator serta kesehatan operator.
- Tidak memerlukan perawatan khusus.
- Produk dapat dioperasikan oleh satu orang.
- Pembuatan alat harus menggunakan biaya yang efisien untuk skala *home industry*.

Hasil dari *step 3*

- Mesin pelet serbuk kayu berfungsi untuk mencetak serbuk kayu menjadi pelet kayu.
- Ukuran mesin dibuat untuk skala *home industry*.

- Torsi yang dihasilkan cukup untuk mencetak pelet.
- Menggunakan motor listrik atau bensin sebagai sumber energi.
- Material yang digunakan adalah material lokal yang kuat dan tahan karat.
- Tidak memerlukan perawatan khusus.
- Pembuatan alat harus menggunakan biaya yang efisien untuk skala *home industry*.

Hasil *step 4*

- Mesin pencetak serbuk kayu menjadi pelet kayu.
- Ukuran mesin dibuat untuk skala *home industry*.
- Menggunakan motor listrik atau bensin sebagai sumber energi.
- Material yang digunakan adalah material lokal yang kuat dan tahan karat.
- Tidak memerlukan perawatan khusus.

Hasil *step 5 (Problem Formulation)*

Mesin pencetak benda-benda berbentuk pelet dari material serbuk dengan pengaruh tekanan dari *roller* dan lubang pencetak (*die holes*).

2) Struktur Fungsi

Struktur fungsi menjelaskan sistem kerja dan fungsi dari setiap komponen pada perancangan ini, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Struktur fungsi mesin pelet serbuk kayu.

3) Prinsip Solusi Sub Fungsi

Pencarian solusi dijelaskan untuk beberapa parameter, sumber energi listrik, sistem transmisi puli dan sabuk (perhitungan kekuatan poros, pasak, bantalan, dan sebagainya), sistem mesin, dan kerangka mesin agar dapat saling terintegrasi. Pencarian solusi dengan cara mengevaluasi desain yang sudah pernah diteliti.

Tabel 2. Prinsip Solusi

KATEGORI	1	2	3
SUMBER ENERGI (A)	 Motor Listrik 1 fasa	 Motor Listrik 3 fasa	
UBAH PUTARAN (B)	 V-belt	 Chain	 Gearbox
HOPER PENAMPUNG (C)	 Hopper piramida	 Hopper kerucut	
KONFIGURASI PENEKAN (D)	 Single roller	 Double roller	
PENCETAK (E)	 Pencetak pelet		

Berdasarkan daftar prinsip solusi pada Tabel 2 diperoleh kombinasi prinsip solusi sebagai berikut:

Varian 1 : $A_1 - B_1 - C_1 - D_1 - E_1$

Varian 2 : $A_1 - B_1 - C_1 - D_2 - E_1$

Varian 3 : $A_1 - B_1 - C_2 - D_1 - E_1$

Varian 4 : $A_1 - B_1 - C_2 - D_2 - E_1$

Varian 5 : $A_2 - B_1 - C_1 - D_1 - E_1$

Varian 6 : $A_2 - B_3 - C_1 - D_1 - E_1$

4) Memilih Varian Kombinasi

Tahap berikutnya ialah menseleksi agar pemilihan perencanaan dapat diambil yang terbaik, sebab terdapat jumlah variasi yang banyak. Variasi dari kombinasi ini diseleksi dengan kriteria sebagai berikut:

- Sesuai dengan kebutuhan.
- Sesuai dengan daftar kehendak.
- Secara prinsip dapat diwujudkan.
- Pengetahuan tentang konsep memadai.
- Didalam jangkauan biaya produk.
- Sesuai dengan keinginan perencanaan.
- Memenuhi syarat keamanan.

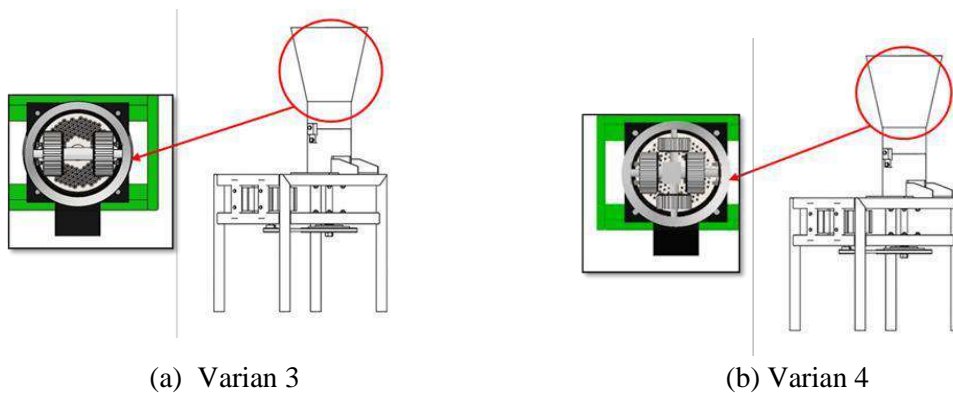
Catatan, pada tahap ini diinginkan mesin yang tidak banyak mencemari udara di lingkungan tempat kerja, oleh karena itu penggerak motor bakar dapat dieliminasi dari variasi kombinasi, sehingga tinggal 6 variasi kombinasi yang akan diseleksi lebih lanjut. Setelah mengetahui kriteria yang diinginkan, selanjutnya adalah mengkaji variasi agar memperoleh kombinasi terbaik, di mana seleksinya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Varian Kombinasi

TEKNIK MESIN, FTIL UNIVERSITAS TRISAKTI		Tabel Pemilihan Variasi Mesin Pellet Serbuk Kayu		Hal: 1					
V A R I A N S I P R I N S I P S O L U S I	Kriteria Pemilihan:		Keputusan:						
	+ Ya		(+ Solusi yang dicari						
	- Tidak		-) Hapuskan solusi						
	? Kurang informasi		(?) Kumpulkan informasi						
	! Periksa spesifikasi		(!) Lihat spesifikasi						
	Sesuai dengan kebutuhan.								
	Sesuai dengan daftar kehendak.								
	Secara prinsip dapat diwujudkan.								
	Pengetahuan tentang konsep memadai.								
	Didalam jangkauan biaya produk.								
Sesuai dengan keinginan perencanaan.									
Memenuhi syarat keamanan.									
A	B	C	D	E	F	G	Penjelasan.	Keputusan	
V1	-	-	+	+	-	-	+	Tidak sesuai	-
V2	+	+	+	-	-	-	+	Tidak sesuai	-
V3	+	+	+	+	+	+	+	Sesuai	+
V4	+	+	+	+	+	+	+	Sesuai	+
V5	-	+	+	-	-	-	+	Tidak sesuai	-
V6	-	-	-	-	-	-	+	Tidak sesuai	-

5) Kombinasi Prinsip Solusi

Pada kombinasi prinsip solusi akan dibagi dalam beberapa varian berdasarkan kebutuhan dan sesuai dengan kriteria yang ingin dicapai.



Gambar 2. Varian 3 dan 4 mesin pellet serbuk kayu.

6) Pemilihan Kombinasi Terbaik

Varian yang telah dibentuk pada langkah sebelumnya akan dinilai berdasarkan beberapa acuan yang ada pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Evaluasi

Nilai	Penjelasan
1	Solusi yang benar-benar tidak berguna
2	Solusi yang tidak cukup
3	Solusi yang dapat ditoleransi
4	Solusi yang cukup
5	Solusi yang sesuai
6	Solusi baik dengan sedikit kekurangan
7	Solusi yang baik
8	Solusi yang sangat baik
9	Solusi yang memenuhi syarat
10	Solusi yang sesuai dengan kriteria

Tabel 5. Hasil Evaluasi Varian

No	Kriteria	Wt	Parameter	Varian 3		Varian 4	
				Vi	WVi	Vi	WVi
1	Jumlah komponen	0,15	Jumlah komponen	6	0,90	7	1,05
2	Perakitan	0,15	Kemudahan dalam merakit	8	1,20	7	1,05
3	Produksi	0,15	Kemudahan produksi	8	1,20	8	1,20
4	Perawatan	0,10	Tidak memerlukan perawatan khusus	8	0,80	7	0,70
5	Biaya produksi	0,20	Masih dalam jangkauan biaya	9	1,80	8	1,60
6	Aman bagi operator	0,10	Aman digunakan operator	7	0,70	7	0,70
7	Bentuk sederhana	0,15	Sederhana	8	1,20	7	1,05
Total		1	Total	7,80		7,35	

Keterangan :

$W_i = 0,05 \sim 0,2$ (semakin tinggi bobotnya)

$V_i = 1 \sim 4$ (kurang baik)

$V_i = 5 \sim 7$ (baik)

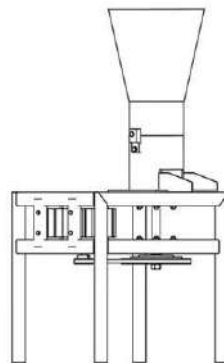
$V_i = 8 \sim 10$ (sangat baik)

7) Hasil Varian Konsep

Setelah dibuat Tabel 5. hasil evaluasi terhadap 2 varian yang terpilih variasi kombinasi, didapatkan jumlah tertinggi pada varian 3 dengan nilai 7,80. Varian 3 ini akan menjadi desain konsep untuk perancangan wujud kedepan.

c. Perancangan Wujud (*Embodiment Design*)

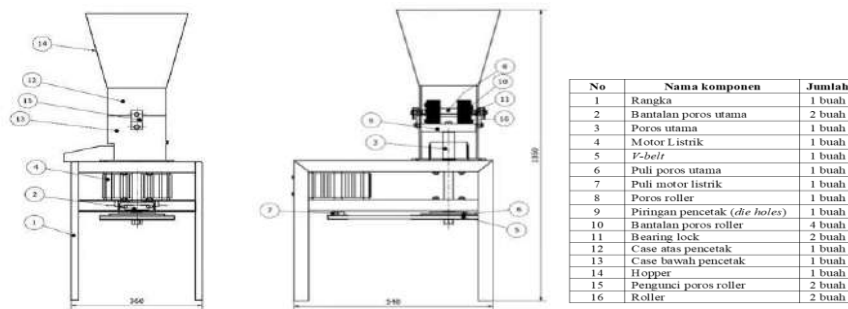
Perancangan wujud mesin pelet serbuk kayu digunakan untuk membuat desain detail dari mesin pelet serbuk kayu menggunakan *software* Inventor. Gambar 3 Menunjukkan desain wujud hasil perancangan mesin pelet serbuk kayu.



Gambar 3. Perancangan wujud mesin pelet serbuk kayu.

d. Perancangan Detail

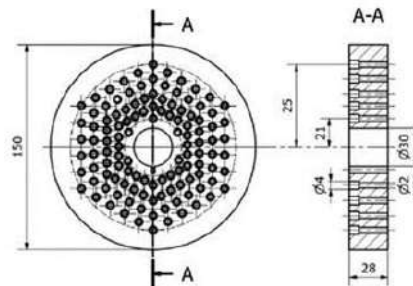
Sketsa gambar rakitan mesin pelet serbuk kayu yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sketsa gambar rakitan mesin pelet serbuk kayu.

B. Perhitungan Mesin Pelet Serbuk Kayu

1. Daya Rencana Mesin



Gambar 4. Pencetak pelet serbuk kayu.

Diketahui data untuk menghitung daya rencana pada mesin pelet serbuk kayu ini sebagai berikut:

- Massa pencetak, $m_p = 3,6$ kg.
- Massa roller, $m_r = 3,9$ kg.
- Koefisien gesek antara serbuk kayu dan besi, $\mu = 0,7$.
- Jarak rata-rata antara lubang pencetak ke pusat, $S_L = 0,046$ m.
- Luas penampang tekan roller, $L_r = 0,24$ m.
- Gaya tekan serbuk kayu, $F_T = 460$ N.
- Putaran poros pencetak diasumsikan, $n_2 = 350$ RPM.

Maka untuk menghitung daya rencana mesin adalah:

a. Gaya gesek

$$F_g = \mu \cdot F_T \dots\dots\dots (1)$$

$$= 0,7 \cdot (460) = 322 \text{ N}$$

b. Torsi

$$T = F_g \times S_L \dots\dots\dots (2)$$

$$= 322 \cdot (0,046) = 14,81 \text{ Nm}$$

c. Daya penggerak

$$P = T \times \omega \dots\dots\dots (3)$$

$$= 14,81 \cdot \left[\frac{2\pi \cdot (350)}{60} \right] = 542,53 \text{ Watt}$$

Jika faktor koreksi daya yang diambil adalah 1,2 maka untuk menghitung daya rencana motor adalah:

$$P_d = f_c \cdot P \dots\dots\dots (4)$$

$$= 1,2 \cdot (542,53) = 651,03 \text{ Watt} \approx 0,8 \text{ Hp}$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat dipilih motor listrik yang akan digunakan pada mesin pelet serbuk kayu adalah sebagai berikut:

Power
: 1 HP.

Tegangan : 220 Volt.

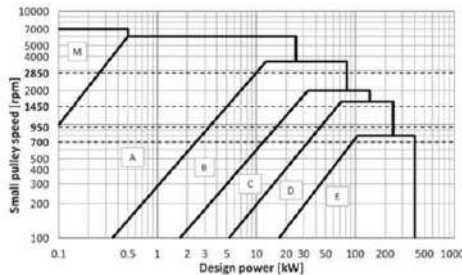
Frekuensi : 50 Hz.

Putaran : 1450 rpm. (Ambil data dari katalog online).

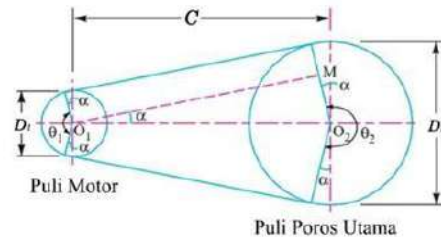
2. Perhitungan *V-Belt* dan puli

Berdasarkan besar daya perencan dan putaran poros penggerak yang digunakan, maka berdasarkan

Gambar 10 dapat dipilih *V-belt* yang sesuai adalah tipe A.



Gambar 5. Diagram Pemilihan *V-Belt*



Gambar 6. *V-Belt* dan Pulley

Data yang didapat dari skema *v-belt* dan pulley adalah:

- Diameter puli penggerak, $D_1 = 50,8 \text{ mm}$;
- Kecepatan motor listrik, $n_1 = 1450 \text{ rpm}$;
- Kecepatan puli yang digerakkan,

;

$$n_2 = 350 \text{ rpm}$$

a. Diameter puli yang digerakkan

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{n_1}{n_2} \dots\dots\dots (5)$$

Atau

$$D_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot D_1 = \frac{1450}{350} \cdot (50,8) = 210,5 \text{ mm}.$$

b. Perhitungan kecepatan linier sabuk

$$V = \frac{\pi \times D_1 \times n_1}{60 \times 1000} \dots\dots\dots (6)$$

$$= \frac{\pi \cdot (50,8) \cdot (1450)}{60 \cdot (1000)} = 3,8 \text{ m/s}.$$

c. Panjang keliling *V-belt*

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} \times (D_1 + D_2) + \frac{1}{4c} \times (D_2 - D_1)^2 \dots (7)$$

$$= 2 \cdot (270) + \frac{\pi}{2} \times (50,8 + 210,5) + \frac{1}{4 \cdot (270)} \times (210,5 - 50,8)^2$$

Maka panjang keliling *V-belt* adalah 973,85 mm dan nomor *V-belt* 39 dengan panjang keliling 991 mm.

d. Mencari gaya tarik pada poros yang disebabkan oleh puli dan sabuk

Besar sudut kontak pada puli dapat dihitung dengan persamaan:

$$\theta = 180^\circ + 2\alpha \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

$$\sin \alpha = \frac{r_2 - r_1}{c} \dots\dots\dots (9)$$

f. Total tegangan tarik yang bekerja pada poros utama

- Jarak sumbu antar poros, $C = 270 \text{ mm}$;
- Koefisien *V-Belt* dengan puli, $\mu = 0,30$.

$$= \frac{105,25 - 25,4}{270} = 0,296$$

$$\alpha = 17,22^\circ$$

Maka besar sudut kontak puli penggerak dan puli yang digerakkan:

$$\theta = 180^\circ + 2(17,22) = 214,44^\circ \approx 3,74 \text{ rad}$$

$$P = (F_1 - F_2) \cdot V$$

$$746 = (3,075 F_2 - F_2) \cdot (3,8) = 7,885 F_2$$

e. Menghitung tegangan sisi kancang (T1) dan tegangan sisi kendur (T2) pada *v belt*.

$$2,3 \log \frac{F_1}{F_2} = \mu \times \theta \dots\dots\dots (10)$$

$$\log \frac{F_1}{F_2} = \frac{0,30 \cdot (3,74)}{2,3} =$$

$$F_1 = 3,075 F_2$$

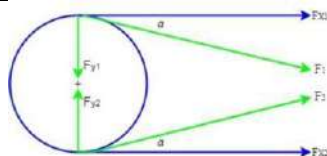
Besar daya yang ditransmisikan sabuk adalah:

Atau

$$F_2 = \frac{746}{7,885} = 94,61 \text{ N/m} \dots\dots\dots (11)$$

Maka

$$F_1 = 3,075 \cdot (94,61) = 290,92 \text{ N}$$



Gambar 7. Skema gaya tarik V-Belt

$$F_x = F \times \cos \alpha \dots\dots\dots (12)$$

$$F_{x_1} = 290,92 \cdot (\cos 17,22) = 277,87 \text{ N.}$$

$$F_{x_2} = 94,61 \cdot (\cos 17,22) = 90,36 \text{ N.}$$

Besar gaya tarik pada V-Belt dalam arah vertikal

$$F_y = F \times \sin \alpha \dots\dots\dots (13)$$

$$F_{y_1} = 290,92 \cdot (\sin 17,22) = 86,12 \text{ N.}$$

$$F_{y_2} = 94,61 \cdot (\sin 17,22) = 28 \text{ N.}$$

Besar total gaya tarik pada V-Belt dalam arah horizontal

$$F_{tot}^x = F_{x_1} + F_{x_2} \dots\dots\dots (14)$$

$$= 277,87 + 90,36 = 368,23 \text{ N.}$$

Besar total gaya tarik pada V-Belt dalam arah vertikal

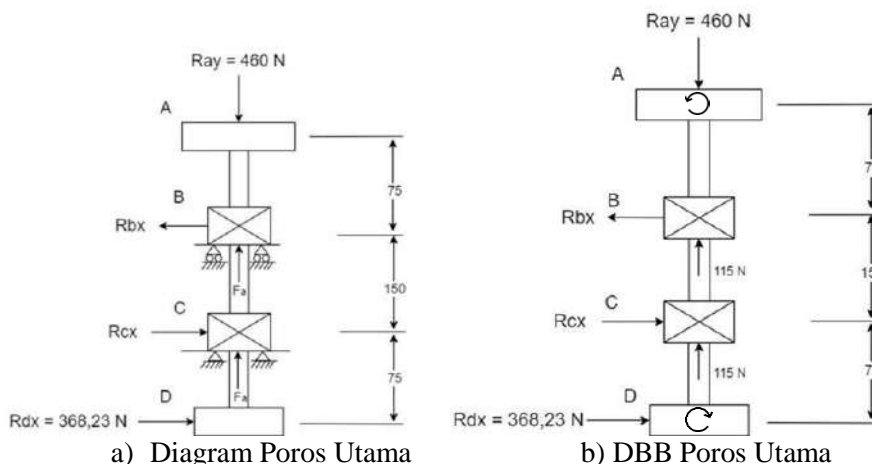
$$F_{tot}^y = -F_{y_1} + F_{y_2} \dots\dots\dots (15)$$

$$= -86,12 + 28 = -58,12 \text{ N.}$$

3. Perancangan Poros Utama dan Poros Roller

a. Perencanaan Poros Utama

Gambar 9 menunjukkan gaya pada poros utama berasal dari gaya penekan pelet yang besarnya 460 N di roller.



Gambar 8. Tumupan dan diagram benda bebas poros utama.

- Perhitungan torsi yang digerakkan

$$T = (F_1 - F_2) \cdot R_D \dots\dots\dots (16)$$

$$= (290,92 - 94,61) \cdot (105,25) = 20661,62 \text{ N. mm}$$

- Gaya dalam arah x

$$\sum F_x = 0 ; R_{ax} = 0.$$

$$\sum M_B = 0$$

$$115 \cdot (75) + 115 \cdot (225) - R_{ax} \cdot (300) = 0 \dots\dots\dots (17)$$

$$R_{bx} = \frac{115 \cdot (300)}{300} = 115 \text{ N.}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{bx} + R_{dx} + 150 + 75 - R_{cx} = 0 \dots\dots\dots (18)$$

$$R_{cx} = 225 + 368,23 + 115 = 708,23 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0 ; R_{dx} = 0$$

$$= \sqrt{(55848^2) + (20661,62^2)} = 59547,47 \text{ N. mm}$$

- Perhitungan momen ekuivalen

$$M_e = \frac{1}{2} \cdot [M + (\sqrt{M^2 + T^2})] \dots\dots\dots (22)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot [55848 + \sqrt{(55848^2) + (20661,62^2)}] = 57697,73 \text{ N. mm}$$

- Perhitungan tegangan geser yang diizinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{S_{f1} \cdot S_{f2}} \dots\dots\dots (23)$$

$$= \frac{580}{6 \cdot 2,5} = 38,6 \text{ N. mm}$$

- Momen tegangan bidang x

$$M_{xb} = R_x \cdot (L) \dots\dots\dots (19)$$

$$M_{xb} = 115 \cdot (150) = 17250 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_{xc} = 708,23 \cdot (75) = 53117,25 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Momen gabungan bidang x

$$M = \sqrt{(M_{xb})^2 + (M_{xc})^2} \dots\dots\dots (20)$$

$$= \sqrt{17250^2 + 53117,25^2} = 55848 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Perhitungan torsi ekuivalen

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2} \dots\dots\dots (21)$$

Dari hasil perhitungan di atas, minimal diameter poros utama yang diizinkan sebesar 20 mm. Dalam perancangan ini dipilih diameter poros utama adalah 25 mm.

- Perhitungan momen puntir rencana

$$T_d = 9,74 \times 10^5 \cdot \frac{P_d}{n} \dots\dots\dots (24)$$

$$= 9,74 \times 10^5 \cdot \frac{0,746}{350} = 2076 \text{ kg} \cdot \text{mm} \approx 20358,60 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

• Perencanaan diameter minimum poros
 Perencanaan diameter poros dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$M_e = \frac{\pi}{32} \cdot \tau_a \cdot d_s^3 \dots\dots\dots (25)$$

$$57697,73 = \left(\frac{\pi}{16}\right) \cdot (38,6) \cdot d_s^3$$

$$d_s^3 = \frac{57697,73}{7,57} = 7621,89 \text{ mm}$$

$$d_s = 19,67 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm}$$

KESIMPULAN

Telah berhasil dirancang dan dibuat mesin pembuat pelet serbuk kayu dengan kapasitas 50 kg per jam, jenis silinder vertikal dengan sepasang roller penekan, daya motor 1 HP, transmisi puli sabuk dan diameter poros utama 25 mm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada teman-teman dari Jurusan Teknik Mesin Universitas Trisakti yang mendukung penyelesaian rancang bangun mesin ini.

DAFTAR PUSTKA

- [1] A. P. Tampubolong, "Study of fuelwood biomass energy policies," *Puslitbang Has. Hutan Bogor*, vol. V, pp. 29–37, 2013.
- [2] A. Arhamsyah, "Pemanfaatan Biomassa Kayu Sebagai Sumber Energi Terbarukan," *J. Ris. Ind. Has. Hutan*, vol. 2, no. 1, p. 42, 2010, doi: 10.24111/jrihh.v2i1.914.
- [3] S. Suwadji and H. Pebriana, "Sifat wood pellet dari limbah kayu jati," *J. Wana Trop.*, vol. 8, no. 2, pp. 47–58, 2018.
- [4] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, and K.H. Grote, *Engineering Design : A Systematic Approach Third Edition*. 2006.
- [5] J. Karman, *Teknologi dan Proses Pengolahan Biomassa*, Bandung: ALFABETA, 2012.
- [6] J. F. Dumanauw, *Mengenal Kayu*, Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 1990.
- [7] R. Bergman dan J. Zerbe, "Primer on wood biomass for energy," *Forest service, state and private forestry technology marketing unit forest products glaboratory*, 2004.
- [8] I. Sularso dan K. Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Pradnya Paramita, 2004.
- [9] W. Siemers, "Prospects for biomass and biofuels in Asia," *The 2nd joint international conference on sustainable energy and environment*, 2006.
- [10] H. Haryadi, "Pengenalan Bahan Biomassa," *Makalah Pelatihan Biomassa Energi*, 2009.
- [11] H. Saptoadi, "The Best Biobriquette Dimension and its Particle Size," *The 2nd Joint International Conference on "Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)*, 21-23 November 2006.

Pemilihan Bahan Poros Transmisi Menggunakan Metode Simple Additive Weighting

Hary Soebagyo¹, Djoko Wahyu Karmiadi¹, Muhammad Quraish Zulhamsyah¹, Arief Riyadi T. K¹
Erlanda Augupta Pane¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia

Abstrak. Dalam perancangan poros diperlukan kecermatan pada pemilihan bahan yang akan digunakan. Material poros yang dipilih selain harus mempertimbangkan aspek teknisnya berupa kekuatan puntir maupun kekuatan lenturnya, namun juga perlu mempertimbangkan harga atau aspek ekonomisnya. Material poros saat ini telah tersedia di pasaran dalam berbagai jenis kekuatan dengan harga yang bervariasi. Oleh karenanya dalam upaya memilih bahan poros transmisi ini diperlukan sebuah metode pemilihan yang tepat untuk pengambilan keputusannya.

Untuk itu sebuah metode yang dikenal dengan Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dapat digunakan sebagai alat bantu untuk memecahkan persoalan pengambilan keputusan multi kriteria sebagaimana dalam pemilihan material poros. Metode ini telah coba digunakan dalam pemilihan bahan poros transmisi dengan mempertimbangan aspek teknis maupun aspek ekonomis. Penggunaan metode ini ternyata sangat praktis dan memuaskan untuk memilih bahan poros yang paling tepat dari berbagai alternatif material poros transmisi yang tersedia.

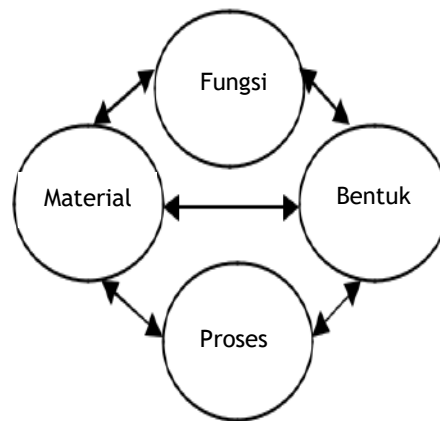
Kata Kunci: poros transmisi, pemilihan material, tekno-ekonomi, metode SAW

1. PENDAHULUAN

Kini dengan banyaknya jenis produk material yang ada di pasaran akan membuat leluasa para perancang produk, baik untuk merancang produk komponen maupun produk konstruksi untuk berbagai keperluan seperti untuk otomotif, perkapalan, kereta api, pesawat terbang, konstruksi sipil dan alat permesinan lainnya. Dengan banyaknya jenis produk material tersebut membuat perancang harus dapat memilih bahan yang tepat, akurat, andal dan ekonomis untuk keperluan produk rancangannya. Hal ini terlebih-lebih pada saat awal perancangan dan saat pengembangan konsep desain produk.

Memilih dan menentukan bahan yang sesuai dan optimum tidaklah mudah dan memerlukan keberanian dalam pengambilan keputusan untuk penetapan material yang akan digunakan. Setiap bahan mempunyai karakteristik masing-masing, mempunyai keunggulan dan kekurangannya masing-masing, oleh sebab itu lah maka pemilihan material adalah proses yang tidak mudah dan perlu ada metode pengambilan keputusan yang baik dan cermat dalam perancangan produk [10,11].

Pemilihan material membutuhkan kriteria-kriteria tertentu sesuai produk yang dirancang, ada kriteria dan atribut material yang harus ditentukan terlebih dahulu dimana hal ini tergantung dari persyaratan perancangan produk yang akan dibuat [12,13,14]. Atribut material tersebut meliputi karakteristik fisik, sifat kimiawi, karakteristik mekanis, sifat elektrik, kemudahan manufacturing, proses treatment, ketahanan korosi, kemudahan perawatan, harga atau nilai keekonomiannya, ketersediaan material di pasaran, dan sebagainya. Kemudian, pemilihan material juga tidak terlepas dengan pertimbangan dari hal lainnya dalam perencanaan, yaitu pertimbangan bentuk produk yang dibuat, fungsi produk serta proses pembuatannya [6]. Sebagai ilustrasi dapat digambarkan hubungan antara faktor-faktor yang saling terkait tersebut sebagaimana diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1: Kaitan hubungan antara fungsi, material, proses dan bentuk

Phenomena pemilihan material ini dapat disebut fenomena multi kriteria [4,10,11], yaitu banyak kriteria pertimbangan untuk memutuskan material mana yang paling sesuai baik dari pertimbangan teknis maupun ekonominya. Untuk itu dibutuhkan alat bantu untuk melakukan pengambilan keputusan pemilihan material agar dapat memudahkan untuk identifikasi material berdasarkan pada kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya sehingga dengan demikian dapat dipilih material yang optimum dan sesuai dengan apa yang direncanakan.

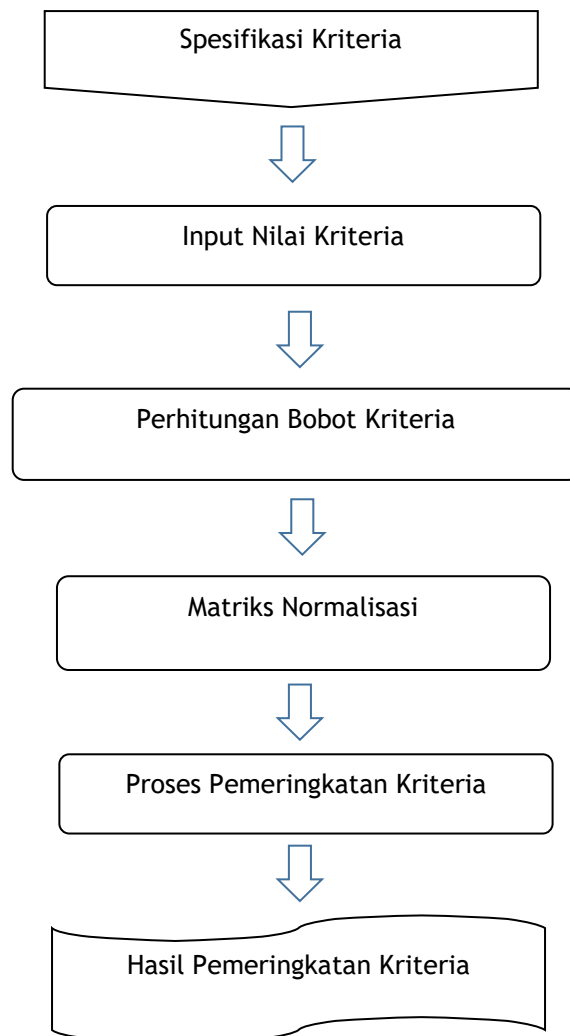


Gambar 2: Gearbox dan poros transmisi untuk pesawat angkut material

Memilih material diantara beberapa alternatif material dengan sejumlah kriteria adalah masalah pengambilan keputusan dengan banyak kriteria (*Multi Criteria Decision Making*) [4,10,11]. Dibutuhkan suatu alat bantu bagi pengambil keputusan agar dapat mengidentifikasi material berdasarkan kriteria yang ditetapkan sehingga material yang dipilih merupakan material yang optimum. Hal ini juga berlaku untuk pemilihan material poros transmisi yang digunakan misalnya untuk gearbox dalam bidang perkapalan ataupun untuk pesawat angkut material (*material handling equipment*) yang banyak digunakan di perusahaan pertambangan [1,2,7,17]. Gambar 2 adalah merupakan ilustrasi dari gearbox dan poros transmisi yang digunakan untuk gearbox peralatan pengangkut material di pertambangan. Dalam pemilihan material poros ini alat bantu pengambilan keputusannya digunakan metode pembobotan yang dikenal dengan metode *Simple Additive Weighting* (SAW).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian mengikuti pokok kaidah metodologi penelitian ilmiah untuk penelitian tindakan [8,15,16] yang lazim dalam sebuah kegiatan penelitian ilmiah. Dalam penelitian untuk pemilihan bahan poros ini digunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) yang sering juga disebut dengan istilah metode penjumlahan terbobot. Prinsip utama SAW adalah dengan mencari penjumlahan terbobot dari rating kinerja pada setiap pilihan pada semua atribut. Metode SAW membutuhkan proses normalisasi matriks keputusan (X) ke sebuah skala yang dapat dibandingkan dengan semua rating alternatif yang existing [9,10,11]. Prinsip SAW ini dapat diuraikan dengan mengikuti bagan alir sebagai berikut,



Gambar 3: Diagram Alir Kegiatan Penelitian

- 1) **Tahap Spesifikasi Kriteria.** Penentuan kriteria yang akan dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan, Ci. Yaitu dipilih dan ditentukan kriteria-kriteria apa saja yang paling signifikan dan sangat berpengaruh untuk dijadikan acuan dalam menentukan keputusan apa yang akan ditetapkan.
- 2) **Input Nilai Kriteria.** Pada tahap ini akan dimasukkan nilai bobot pada masing-masing kriteria, W.
- 3) **Perhitungan Bobot Kriteria.** Tahap ini adalah merupakan tahapan untuk memberikan nilai bobot dalam bentuk prosentase pada masing-masing kriteria, W.
- 4) **Matriks Normalisasi.** Dalam tahap ini diberikan nilai rating kecocokan pada setiap alternatif, dimana selanjutnya dilakukan normalisasi matriks berdasarkan persamaan yang disesuaikan dengan jenis atribut (atribut benefit ataupun atribut cost sehingga diperoleh matriks ternormalisasi R.
- 5)

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\text{Max}_i(x_{ij})} & \text{- Jika i adalah atribut keuntungan (benefit).} \\ \frac{\text{Min}_i(x_{ij})}{x_{ij}} & \text{- Jika j adalah atribut biaya (cost).} \end{cases}$$

Keterangan :

- rij = nilai rating kinerja ternormalisasi.
- Xij = nilai atribut yang dimiliki dari setiap kriteria.
- Max Xij = nilai terbesar dari setiap kriteria.
- Min Xij = nilai terkecil dari setiap kriteria.
- Benefit = jika nilai terbesar adalah terbaik.

- 6) **Proses Pemeringkatan,**
Selanjutnya dilakukan proses pemeringkatan dengan melihat nilainya diurut dari nilai tertinggi ke nilai yang terendah.
- 7) **Hasil Proses Pemeringkatan.** Terakhir diperoleh hasil dari proses perankingan, yaitu penjumlahan dan perkalian matriks ternormalisasi R dengan vector bobot, sehingga dapat diketahui nilai terbesar yang dipilih sebagai alternative yang terbaik (Ai) atau solusinya.
- 8)

$$V_i = \sum_{j=1}^n W_j r_{ij}$$

Keterangan :

- Vi = ranking untuk setiap alternative.
- Wj = nilai bobot dari setiap kriteria.
- rij = nilai rating kinerja ternormalisasi

Proses dan hasil dari penerapan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dapat diuraikan sebagai berikut,

Dalam rangka implementasi metode SAW maka perlu ditetapkan beberapa kriteria yang akan dinilai atau dievaluasi agar pemilihan material lebih tepat dan sesuai apa yang diinginkan oleh perencana. Kriteria-kriteria tersebut mencakup aspek teknis maupun aspek ekonomis, penentuan kriteria dan alasan pengambilan serta pembobotannya. Pemilihan jenis material kandidat ditentukan berdasarkan kekuatan atau tegangan tarik dimana diambil minimum sama dengan kekuatan tarik dari bahan poros yang ada saat ini (*existing*). Sementara untuk pemberian bobot tergantung dari tingkat signifikansi dari kriteria yang dipilih. Selanjutnya spesifikasi kriteria penilaian dapat dilihat pada pada tabel 1 berikut,

Tabel 1 : Spesifikasi Kriteria Penilaian

No	KRITERIA PENILAIAN	SIGNIFIKASI	BOBOT (%)
1	Kekuatan Tarik Maksimum	Kekuatan tarik di gunakan untuk mengetahui ketahanan suatu bahan dengan cara di tarik sampai sebelum bahan material patah	30 %
2	Kekerasan Bahan	Kekerasan bahan mengindikasikan ketangguhan suatu dan keandalannya menerima gesekan	25 %
3	Aspek Harga Bahan	Harga yang lumayan terjangkau tetapi memiliki aspek mekanis yang memadai	15 %
4	Aspek Ketersediaan Bahan di Pasaran	Mudah didapatkan di toko - toko yang menjual material baja	10 %
5	Modulus Elastisitas Bahan	Modulus elastisitas yang tinggi menunjukkan tingkat daktilitas dan keuletan bahan yang tinggi	10 %
6	Aspek Kemudahan Machining	Material yang mudah untuk dilakukan proses lanjut seperti pengerjaan pembubutan atau dengan mesin CNC	10 %

Penentuan Signifikansi Kriteria

Signifikansi dari kriteria yang dipilih tergantung pada tingkat kestrategisan dan urgensi kriteria pada aspek yang dipilih [3,5], untuk penentuan kriteria dan pembobotan ini memang juga tergantung dari *expert judgment* yang dilakukan. Dalam kasus pemilihan material poros ini yang strategis dan urgensinya tinggi adalah kekuatan mekanis materialnya seperti kekuatan tarik dan kekerasan material [14,17], karena poros transmisi itu membutuhkan material dengan kekuatan tarik yang tinggi untuk menahan momen puntir maupun momen bending yang sekaligus dapat secara bersamaan membebani. Sangat wajar dan masuk akal kalau diberi bobot 30%.

Demikian pula dengan kekerasan material, karena poros harus bersifat lebih rigid dan keras permukaannya dalam rangka untuk menahan terjadinya gesekan dan mengurangi terjadinya lentur pada saat operasinya. Jadi juga cukup fair bila diberi bobot sebesar 25%. Dengan demikian kriteria kekuatan tarik dan kekerasan bahan sebagai aspek teknis yang harus diberikan prosentasi bobot yang relative lebih tinggi dibanding kriteria lainnya.

Kemudian dari aspek ekonomi, kriteria harga material juga berperan penting dalam menentukan pilihan material karena kalau harganya sangat mahal maka bisa secara ekonomis tidak terjangkau dari sisi anggaran. Adalah cukup pas bila kriteria harga bahan diberikan bobot sebesar 15%. Demikian pula bila material tersebut sulit dicari di pasaran, maka akan membuat repot dan perlu upaya lebih besar dan buang waktu untuk mencar-cari bahan, namun demikian kriteria ini cukup diberikan bobot sebesar 10%.

Sementara itu kriteria lainnya bisa dianggap relative lebih rendah prioritasnya dibanding seperti pada kriteria-kriteria yang telah disebutkan diatas, yaitu kriteria kemudahan machining bisa diasumsikan berkedudukan biasa saja antara material satu dengan yang lain, demikian juga kriteria modulus elastisitas bahan poros yang boleh dianggap relative lebih rendah dibanding kriteria kekuatan tarik maupun kekerasan bahannya. Untuk kedua prioritas ini masih layak kalau diberi bobot masing-masing sebesar 10% sama dengan prioritas ketersediaan material di pasaran. Pembobotan ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tahapan Implementasi Metode SAW

Untuk penggunaan metode SAW seperti telah dijelaskan sebelumnya, maka selanjutnya dapat dilakukan eksekusi melalui beberapa tahapan perhitungan sebagai berikut,

TAHAP 1

Menyusun data kriteria, yaitu dengan memberikan nama kriteria, menuliskan atribut dan memberi bobot (%). Hasilnya dapat disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Kriteria

KODE KRITERIA	NAMA KRITERIA	ATRIBUT	BOBOT
C1	Kekuatan Tarik Maksimum	benefit	30
C2	Kekerasan Bahan	benefit	25
C3	Aspek Harga Material	cost	15
C4	Aspek Ketersediaan Bahan di Pasaran	cost	10
C5	Modulus Elastisitas	benefit	10
C6	Aspek Tingkat Kemudahan Manufaktur	benefit	10

TAHAP 2

Tahap 2 ini dilakukan dengan membuat data CRIPS, yaitu dengan membuat Kode Kriteria (i), Item Nama Kriteria, memberikan range batasan CRIPS atau rentang Nilainya, serta memberikan sebuah Penilaian. Hasilnya dapat diberikan pada tabel 3.

Tabel 3. Data CRIPS

KODE KRITERIA	NAMA KRITERIA	CRIPS	NILAI
C1	Kekuatan Tarik Maksimum	3,50 - 4,00	100
C1	Kekuatan Tarik Maksimum	3,00 - 3,49	75
C1	Kekuatan Tarik Maksimum	2,00 - 2,99	50
C1	Kekuatan Tarik Maksimum	1,00 - 1,99	25
C1	Kekuatan Tarik Maksimum	0,00 - 0,99	1
C2	Kekerasan Bahan	5	100
C2	Kekerasan Bahan	4	75
C2	Kekerasan Bahan	3	50
C2	Kekerasan Bahan	2	25
C2	Kekerasan Bahan	1	10
C2	Kekerasan Bahan	0	0
C3	Modulus Elastisitas	0	100
C3	Modulus Elastisitas	1	75
C3	Modulus Elastisitas	2	50
C3	Modulus Elastisitas	3	25
C3	Modulus Elastisitas	4	1
C4	Aspek Harga Material	Kelas A	100
C4	Aspek Harga Material	Kelas C	100
C4	Aspek Harga Material	Kelas C	75
C4	Aspek Harga Material	Kelas C	50
C4	Aspek Harga Material	Kelas B	25
C4	Aspek Harga Material	Tidak Ada	1
C5	Aspek Ketersediaan Bahan di Pasaran	Kelas A	100
C5	Aspek Ketersediaan Bahan di Pasaran	Kelas B	75
C5	Aspek Ketersediaan Bahan di Pasaran	Kelas C	50
C5	Aspek Ketersediaan Bahan di Pasaran	Kelas D	25

KODE Kriteria	NAMA KRITERIA	CRIPS	NILAI
C5	Aspek Ketersediaan Bahan di Pasaran	Tidak Ada	1
C6	Aspek Tingkat Kemudahan Manufaktur	Kelas A	100

KODE Kriteria	NAMA KRITERIA	CRIPS	NILAI
C6	Aspek Tingkat Kemudahan Manufakturing	Kelas B	75
C6	Aspek Tingkat Kemudahan Manufakturing	Kelas C	50
C6	Aspek Tingkat Kemudahan Manufakturing	Kelas D	25
C6	Aspek Tingkat Kemudahan Manufakturing	Tidak Ada	1

TAHAP 3

Untuk tahap 3 ini dibuat pengelompokan data bahan, serta pemberian bobot penilaian (%), Hasilnya disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Data Material

KODE	NAMA MATERIAL	KELOMPOK	KEKUATAN
Mat 1	Baja S50C	Baja Sedang	100%
Mat 2	Baja S45C	Baja Sedang	100%
Mat 3	Baja ST 90	Baja Sedang	100%
Mat 4	Baja ST 60	Baja Sedang	100%
Mat 5	Baja S60C	Baja Sedang	100%

TAHAP 4

Pada tahap 4 ini dibuat Nilai Bobot Material sesuai Ci dimana harus dilihat factor benefit dan factor cost dari masing-masing item. Hasilnya ditabelkan seperti terlihat pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai Bobot Material

KODE	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Material 1	3,75	3	0	Kelas C	Bawah	Medium
Material 2	3,35	2	1	Kelas C	Bawah	Medium
Material 3	3,80	4	0	Kelas C	Medium	Medium
Material 4	0,00	1	3	Non	Non	Non
Material 5	3,90	2	0	Non	Medium	Medium

TAHAP 5

Pada tahap 5 ini dibuat table analisis dari perhitungan SAW dimana dari CRIPS setiap item material tersebut dikonversi menjadi nilai bobot CRIPS dimana selanjutnya akan dilakukan normalisasi. Tabel 6 menunjukkan hasil dari analisis tersebut.

Tabel 6. Hasil Analisis

KODE	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Material 1	100	50	100	75	25	50
Material 2	75	25	75	75	25	50
Material 3	100	75	100	75	50	50
Material 4	1	10	25	1	1	1
Material 5	100	25	100	1	50	50

TAHAP 6

Tahapan 6 merupakan tahap normalisasi dengan mengikuti rumus dibawah ini :

$$R_{ij} = \left\{ \begin{array}{c} \frac{x_{ij}}{\text{Max}_i(x_{ij})} \\ \frac{\text{Min}_i x_{ij}}{x_{ij}} \end{array} \right\}$$

- Jika i adalah atribut keuntungan (*benefit*)
- Jika j adalah atribut biaya (*cost*)

Keterangan:

- **benefit**, setiap elemen dibagi nilai tertinggi dari baris matriks
- **cost**, setiap elemen dibagi nilai terendah dari baris matriks.

Kriteria yang disusun :

a) Kriteria Kekuatan Tarik Material 1 = $100/100 = 1,00$

Material 2 = $75/100 = 0,75$
Material 3 = $100/100 = 1,00$
Material 4 = $1/100 = 0,01$
Material 5 = $100/100 = 1,00$

b) Kriteria Kekerasan Bahan

Material 1 = $50/75 = 0,67$
Material 2 = $25/75 = 0,33$
Material 3 = $75/75 = 1,00$
Material 4 = $10/75 = 0,13$
Material 5 = $25/75 = 0,33$

c) Kriteria Aspek Harga Material

Material 1 = $25/100 = 0,25$
Material 2 = $25/75 = 0,33$
Material 3 = $25/100 = 0,25$
Material 4 = $25/25 = 1,00$
Material 5 = $25/100 = 0,25$

d) Kriteria Aspek Ketersediaan Bahan di Pasaran

Material 1 = $1/75 = 0,01$
Material 2 = $1/75 = 0,01$
Material 3 = $1/75 = 0,01$
Material 4 = $1/1 = 1,00$
Material 5 = $1/1 = 1,00$

e) Kriteria Modulus Elastisitas

Material 1 = $25/50 = 0,50$
Material 2 = $25/50 = 0,50$
Material 3 = $50/50 = 1,00$
Material 4 = $1/50 = 0,02$
Material 5 = $50/50 = 1,00$

f) Kriteria Kemudahan Manufaktur

Material 1 = $50/50 = 1,00$
Material 2 = $50/50 = 1,00$
Material 3 = $50/50 = 1,00$
Material 4 = $1/50 = 0,02$
Material 5 = $50/50 = 1,00$

Dari hasil analisis tersebut didapatkan normalisasi seperti terlihat pada tabel 7.

Tabel 7. Normalisasi

KODE	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Material 1	1,00	0,67	0,25	0,01	0,50	1,00
Material 2	0,75	0,33	0,33	0,01	0,50	1,00
Material 3	1,00	1,00	0,25	0,01	1,00	1,00
Material 4	0,01	0,13	1,00	1,00	0,02	0,02
Material 5	1,00	0,33	0,25	1,00	1,00	1,00

Lakukan dengan mengalikan nilai normalisasi material pada setiap kriteria dengan bobot kriteria dari tabel 2 diatas, sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Material 1} &= (1,00 * 30) + (0,67 * 25) + (0,25 * 15) + (0,01 * 10) + (0,50 * 10) + (1,00 * 10) \\ &= 30,00 + 16,67 + 3,75 + 0,13 + 5,00 + 10,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Material 2} &= (0,75 * 30) + (0,33 * 25) + (0,33 * 15) + (0,01 * 10) + (0,50 * 10) + (1,00 * 10) \\ &= 22,50 + 8,33 + 5,00 + 0,13 + 5,00 + 10,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Material 3} &= (1,00 * 30) + (1,00 * 25) + (0,25 * 15) + (0,01 * 10) + (1,00 * 10) + (1,00 * 10) \\ &= 30,00 + 25,00 + 3,75 + 0,13 + 10,00 + 10,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Material 4} &= (0,01 * 30) + (0,13 * 25) + (1,00 * 15) + (1,00 * 10) + (0,02 * 10) + (0,02 * 10) \\ &= 0,30 + 3,33 + 15,00 + 10,00 + 0,20 + 0,20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Material 5} &= (1,00 * 30) + (0,33 * 25) + (0,25 * 15) + (1,00 * 10) + (1,00 * 10) + (1,00 * 10) \\ &= 30,00 + 8,33 + 3,75 + 10,00 + 10,00 + 10,00 \end{aligned}$$

Dari analisis diatas berikutnya didapatkan hasil seperti ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Normalisasi

KODE	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Material 1	30,0	16,67	3,75	0,13	5,00	10,0
Material 2	22,5	8,33	5,0	0,13	5,00	10,0
Material 3	30,0	25,0	3,75	0,13	10,0	10,0
Material 4	0,30	3,33	15,0	10,0	0,20	0,20
Material 5	30,0	8,33	3,75	10,0	10,0	10,0

TAHAP 7

Pada tahap 7 ini dibuat pemeringkatan, yaitu mengalikan nilai normalisasi material pada setiap kriteria dengan bobot kriteria dari tabel 1, kemudian didapat Tabel 9 berupa tabel Hasil Pemeringkatan. Selanjutnya dengan menjumlahkan nilai semua kriteria pada setiap material seperti dibawah ini,

a) $\text{Material 1} = 30,0 + 16,67 + 3,75 + 0,13 + 5,00 + 10,0$
 $= 65,55$

b) $\text{Material 2} = 22,5 + 8,33 + 5,0 + 0,13 + 5,00 + 10,0$
 $= 50,97$

c) $\text{Material 3} = 30,0 + 25,0 + 3,75 + 0,13 + 10,0 + 10,0$
 $= 78,88$

d) $\text{Material 4} = 0,30 + 3,33 + 15,0 + 10,0 + 0,20 + 0,20$
 $= 29,03$

e) $\text{Material 5} = 30,0 + 8,33 + 3,75 + 10,0 + 10,0 + 10,0$
 $= 72,08$

Sehingga kemudian akan didapatkan hasil akhir seperti pada tabel 9.

Tabel 9. Hasil Akhir Pemeringkatan

KODE	JENIS MATERIAL	TOTAL	KETERANGAN
Material 1	Baja S50C	65,55	Pilihan 3
Material 2	Baja S45C	50,97	Pilihan 4
Material 3	Baja ST 90	78,88	Pilihan 1
Material 4	Baja ST 60	29,03	Pilihan 5
Material 5	Baja S60C	72,08	Pilihan 2

Dari table 8 ini dapat diketahui bahwa material 3 dari bahan baja ST 90 menunjukkan superioritasnya dibanding material yang lain baik ditinjau dari aspek teknis maupun ekonomis dengan prosentase pembobotan yang telah ditetapkan berdasarkan signifikansi kriterianya. Jadi bahan baja ST 90 dapat dinominasikan menjadi pilihan atau sebagai kandidat utama untuk poros pengganti dari poros sebelumnya yang sering mengalami kerusakan.

SIMPULAN

Dari pembahasan penelitian yang telah dilakukan dapat dibuat beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Dari penelitian menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dapat diketahui bahwa material baja ST 90 dapat dipilih menjadi bahan poros pengganti dari bahan S 45C yang digunakan saat ini.
2. Penggunaan metode pembobotan *Simple Additive Weighting* (SAW) dapat memberikan petunjuk praktis dan memuaskan dalam memilih material yang paling sesuai sebagai material poros pengganti dari material poros yang ada sekarang (*existing shaft transmission*), dimana dilihat dari pertimbangan aspek teknis dan ekonomis poros pengganti ini lebih baik, lebih kuat dan lebih ekonomis dibanding poros yang digantikannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada pimpinan Universitas Pancasila yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk melakukan kegiatan penelitian ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada para Dosen dan rekan-rekan Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pancasila yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ade, Herlina Putri, Analisa Kegagalan Komponen Chain Conveyor Pada Apron Feeder Coal Handling Facility PT Bukit Asam Tbk., Universitas Tridianti Palembang, Palembang, 2020.
- [2] Ardiansyah, Analisa Bahan Poros Dengan Menggunakan Uji Tarik Terhadap *Performance Apron Feeder* Yang Digunakan Pada *Shaft Output Gearbox* Di Unit Dermaga Pt Bukit Asam Tbk, 2021.
- [3] Ashby, Michael F, *Material Selection in Mechanical Design*, Butterworth Heinemann, ISBN 0 7506 4357 9, New Delhi, 2000.
- [4] Denny Pribadi et al, Sistem Pendukung Keputusan, Graha Ilmu, ISBN: 978-623-228-442-5, Yogyakarta, 2020.
- [5] Dipali Rai, Goutam Kumar Jha, Prasenjit Chatterjee. (2013). *Material Selection in Manufacturing Environment Using Compromise Ranking and Regret Theory- based Compromise Ranking Methods: A Comparative Study*, Department of Mechanical Engineering, MCKV Institute of Engineering, Liluah, Howrah-711 204, India.
- [6] Gabriel Sianturi, Seleksi Material Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* dan *Pugh*, Industrial Research Workshop and National Seminar 2011, Bandung, 2011.
- [7] Jatmiko. (2019). Analisa Kekuatan Puntir Dan Kekuatan Lentur Putar Poros Baja ST 60 Sebagai Aplikasi Perancangan Bahan Poros Baling- Baling Kapal, Universitas Diponegoro, Semarang, 2019.

-
- [8] Muri Yusuf, *Metode Penelitian, Kuantitatif Kualitatif & Penelitian Gabungan*, Prenada Media Grup, Jakarta, 2015.
 - [9] Nera Mayana et al, *Buku Ajar Sistem Pendukung Keputusan Dengan Metode Simple Additive Weighting*, UD. Percetakan Pustaka, Padangsidempuan, Sumatera Utara, 2021.
 - [10] Nurmalini dan Robbi Rahim, *Study Approach of Simple Additive Weighting For Decision Support System*, Jurnal IJSRST, Volume 3, ISSN: 2395-602X, 2017.
 - [11] P I Ciptayani^{1*}, K C Dewi², *Decision support system of e-book provider selection for library using Simple Additive Weighting*, The 2nd International Joint Conference on Science and Technology (IJCST) 2017, IOP Publishing, 2017.
 - [12] Prasenjit Chatterjee, Shankar Chakraborty, *Gear material selection using complex proportional assessment and additive ratio assessment-based approaches: A comparative study*, Department of Mechanical Engineering, MCKV Institute of Engineering, Liluah, Howrah-7111204, India, 2013.
 - [13] Prathamesh Surnis, Dr. Pravin Kulkarni, *Material Selection for Spur Gear Design Using Ashby Chart. Student*, Department of Mechanical Engineering, Pune Vidyarthi Griha's College of Engineering and Technology, Pune, Savitribai Phule Pune University, Maharashtra (INDIA), 2020.
 - [14] Robert L. Mott et al, *Machine Elements In Mechanical Design*, Pearson Education, Inc., New York, 2018.
 - [15] Sherri L. Jackson, *Research Methods A Modular Approach*, Wadsworth/ Cengage Learning, Belmont, USA, 2010.
 - [16] Suharsimi Arikunto, *Prosedur Penelitian, Suatu Pendekatan Praktek*, Rineka Cipta, Jakarta, 2014.
 - [17] Theo Chandra, *Analisis Kerusakan pada Bucket Apron Feeder*, Universitas Sriwijaya, Palembang, 2019.

Studi Eksperimental *Refused Derived Fuel* (RDF) dari Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Penujah Kabupaten Tegal Sebagai Bahan Bakar Kompor RDF

La Ode M. Firman¹ dan Hafiz Aditya Hendaru^{1*}

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

Abstrak. Kabupaten Tegal menghasilkan 737,85 m³ sampah, yang terdiri dari sampah plastik 42,3%, organik 33,3%, kertas 15,3%, karet/kulit 2,5%, kain 2%, logam 1,2%, kaca 1,4%, kayu 1%, dan lain-lain 33,3%. Sampah-sampah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai briket *Refused Derived Fuel* (RDF). Langkah-langkah pembuatan RDF yaitu, pereduksi komponen sampah, penimbangan sampah, pencampuran sampah dengan perekat, pencetakan briket, dan pengeringan briket RDF. Briket RDF 1 dengan komposisi sampah kayu, kain, dan kertas masing-masing 17,5% dengan perekat tapioka 47,5% dengan densitas 0,389 kg/cm³, dan briket RDF 2 dengan sampah kayu, kain, dan kertas 30%, 50%, 10% dengan perekat tapioka 10% dan densitas 0,289 kg/cm³. Briket RDF 1 dapat mendidihkan air selama 12 menit 24 detik dengan laju pembakaran 0,576 kg/jam, sedangkan briket RDF 2 dapat mendidihkan air selama 5 menit 40 detik dengan laju pembakaran 0,36 kg/jam. Potensi nilai kalor TPA Penujah 6553,2 kkal/kg, dan menghasilkan briket RDF 1 sebanyak 274.057 briket perhari atau 342 briket/rumah dalam sehari, dan briket RDF 2 sebanyak 127.973 briket perhari 159 briket/rumah dalam sehari. Sampel yang terbaik adalah briket RDF 2 yang bernilai kalor 4228 kkal/kg dengan nilai kadar air, abu, *volatile matter*, dan *fix carbon* sebesar 6,59%, 2,25%, 70,45%, dan 20,19%.

Kata kunci— *Briket RDF; Kabupaten Tegal; Sampah*

1. PENDAHULUAN

Sampah merupakan hasil kegiatan manusia yang sudah tidak terpakai lagi. Sampah bisa berupa plastik, kertas, karet, dan lain-lain. Sampah yang dihasilkan berasal dari berbagai tempat seperti rumah, sekolah dan rumah sakit. Sebagian besar sampah yang dihasilkan manusia dibuang begitu saja tanpa diolah terlebih dahulu.

Kabupaten Tegal saat ini masih bermasalah dengan sampah-sampah yang hanya dibuang di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) metode *landfill* atau penimbunan kembali yang menghasilkan 737,85 m³ sampah perhari [1]. Persentase masing-masing komponen sampah ialah plastik 42,5%, organik 33%, kertas 15,3%, karet/kulit 2,5%, kain 2%, kaca 1,4%, logam 1,25%, kayu 1% dan lain-lain 1% [1].

Permasalahan sampah tersebut dapat diatasi dengan mengolah sampah tersebut menjadi *Refused Derived Fuel* (RDF). RDF adalah bahan bakar alternatif yang berasal dari sampah yang mudah terbakar. Sebelum dibuat menjadi RDF, sampah-sampah dipisahkan mana yang mudah terbakar misalnya sampah kayu, plastik, dan kertas, dengan sampah yang tidak mudah terbakar, misalnya sampah logam dan kaca [2]. Setelah dipisahkan, sampah-sampah tersebut akan diolah menjadi briket RDF yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Pembuatan RDF dapat memberikan kontribusi penanganan sampah di kabupaten Tegal yang belum diolah dengan baik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

a. Prosedur penelitian

- 1) *Pembuatan briket RDF*. Penelitian ini melakukan pembuatan briket RDF dua sampel. Briket RDF 1 dengan komposisi sampah kertas, kayu, dan kain masing-masing 17,5% dengan komposisi perekat tapioka 47,5% dari massa total 20 gram. Sedangkan Briket RDF 2 dengan komposisi sampah kain, kayu, dan kertas 50%, 30%, 10% dengan komposisi perekat tapioka 10% dari massa total 15 gram. Bahan baku sampah kertas dan kayu dipotong menggunakan menggunakan gunting kertas, sementara sampah kayu menggunakan blender. Pencetakan briket RDF menggunakan pipa PVC didiamkan selama dua hari untuk briket RDF 1 dan satu hari untuk briket RDF 2. Pengeringan dilakukan selama 7 hari dibawah sinar matahari.

* Corresponding author: hafizadityahendaru@gmail.com



a)

b)

Gambar 1 Briket RDF: a) briket RDF 1; b) briket RDF 2.

- 2) *Pengujian briket RDF.* Ada tiga pengujian briket RDF kedua sampel, yang pertama dengan memanaskan air sampai mendidih dengan menggunakan kompor. Pengujian kedua ialah pengujian nilai kalor dengan menggunakan bom calorimeter di laboratorium. Pengujian ketiga ialah pengujian proximate analysis yang menguji kadar air, kadar abu, volatile matter, dan fixed carbon kedua sampel briket RDF di laboratorium.

b. Alat-alat yang digunakan

- 1) *Kompor RDF.* Berikut ini spesifikasi kompor RDF yang digunakan untuk pengujian bakar briket yang memanaskan air 1000 ml:

Nama alat: Kompor Zanjabil Gen 4

Dimensi : 230 mm x 160 cm

Bahan : Aluminium



Gambar 2 Kompor RDF.

- 2) *Gas Portable dan Torch.* Gas portable digunakan sebagai bahan bakar penyundut briket RDF yang diuji pembakaran di kompor RDF dengan memanaskan air 1000 ml sampai mendidih. Gas portable dilengkapi dengan torch sebagai media untuk menyundut briket RDF yang diuji di kompor RDF. Berikut ini spesifikasi gas portable yang digunakan:

Merek : Pertamina Bright Gas

Volume gas : 220 ml



Gambar 3 Gas Portable.

- 3) *K Type Digital Thermometer dan Thermocouple Probe*. *K Thermocouple Probe* digunakan untuk mengukur temperatur air mendidih dan nyala api, untuk menampilkan angka temperatur menggunakan *K type digital thermometer*. Berikut ini spesifikasi *K type digital thermometer* yang digunakan untuk mengukur temperatur air saat mendidih dan nyala api briket:

Dimensi : 25 mm x 70 mm x 105 mm
Rentang Pengukuran: -50°C s/d 1300°C



Gambar 4 K Type Digital Thermometer.

- 4) *Panci*. Panci digunakan sebagai media air untuk dipanaskan sampai mendidih dengan briket RDF yang dibakar di kompor RDF. Panci ini memiliki diameter 23 cm serta tinggi 16 cm.



Gambar 5 Panci.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Potensi Nilai Kalor Sampah di TPA Penujah, Kabupaten Tegal

TABEL 1 MASSA SAMPAH TPA PENUJAH PERHARI BESERTA NILAI KALOR ACUAN.

Komponen Sampah	Massa Sampah (kg)	Nilai Kalor acuan (kkal/kg)
Kayu	1.770,84	4.400
Tekstil	959,20	5.200
Kertas	9.595,74	3.588

Plastic	20.287,19	8.000
Karet	2.398	7.200
Kulit	2.951,4	7.857

TABEL 2 POTENSI KALOR SAMPAH YANG ADA DI TPA PENUJAH.

Komponen Sampah	Potensi Kalor (kkal/hari)
Kayu	7.791.696
Tekstil	4.987.840
Kertas	34.429.515
Plastic	162.297.520
Karet	17.265.600
Kulit	21.250.080
Total	248.016.251

Perhitungan potensi nilai kalor sampah di TPA Penujah dilakukan dengan menentukan potensi kalornya terlebih dulu dengan menggunakan persamaan di bawah ini [3]:

$$\text{Potensi nilai kalor} = \text{massa sampah} \left(\frac{\text{kg}}{\text{hari}} \right) \times \text{nilai kalor acuan} \left(\frac{\text{kkal}}{\text{kg}} \right) \quad (1)$$

Langkah pertama dengan menghitung massa masing-masing komponen sampah yang ada di TPA Penujah beserta nilai kalor acuan yang dijabarkan dalam tabel 1. Selanjutnya penghitungan potensi kalor di TPA Penujah yang dijabarkan dalam tabel 2. Setelah itu, dihitung kandungan nilai kalor per kilogram sampah dengan menggunakan persamaan di bawah ini [3]:

$$\text{Kandungan Nilai Kalor} = \frac{\Sigma \text{potensi nilai kalor} \left(\frac{\text{kkal}}{\text{hari}} \right)}{\Sigma \text{massa sampah perhari} \left(\frac{\text{kg}}{\text{hari}} \right)} \quad (2)$$

Sehingga didapat kandungan nilai kalor sampah-sampah yang ada di TPA Penujah :

$$\begin{aligned} \text{Kandungan Nilai Kalor} &= \frac{248.016.251 \frac{\text{kkal}}{\text{hari}}}{37.962,33 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}} \\ \text{Kandungan Nilai Kalor} &= 6.533,2 \frac{\text{kkal}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

b. Banyaknya Briket yang Dapat Dihasilkan di TPA Penujah, Kabupaten Tegal

TABEL 3 BANYAKNYA BRIKET RDF 1 YANG DAPAT DIHASILKAN DI TPA PENUJAH PER HARI.

Komponen sampah	Banyaknya briket RDF 1 (buah)	Banyaknya briket RDF 2 (buah)
Sampah tekstil	274.057	127.973
Sampah kayu	505.954	393.520
Sampah kertas	2.741.640	6.397.160

Briket yang dapat dihasilkan di TPA Penujah, Kabupaten Tegal yang didapat pada tabel di atas ditentukan dengan menghitung massa sampah-sampah di TPA Penujah (sampah tekstil, kertas dan kayu) pada satu briket RDF 1 yaitu 3,5 gram dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Banyaknya briket} = \frac{\text{massa sampah di TPA (kg)}}{\text{komponen sampah per briket (kg/briket)}} \quad (3)$$

Briket RDF 1 yang dapat dihasilkan di TPA Penujah dalam sehari adalah 274.057 buah dengan memakai perhitungan dari sampah tekstil, sementara briket RDF 2 yang dapat dihasilkan sebanyak 127.973 buah dengan memakai perhitungan dari sampah tekstil. Menurut data Direktorat Jendral Bina Pemerintahan Desa, Kementerian Dalam Negeri, Republik Indonesia, TPA Penujah, di sekitar kabupaten Tegal ada 800 rumah [4]. Sehingga banyaknya briket yang dapat digunakan per rumah yang dihasilkan di TPA Penujah per hari menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\text{banyak briket per rumah} = \frac{\text{banyak briket yang dihasilkan TPA perhari}}{\text{banyak rumah}} \quad (4)$$

Sehingga didapat banyaknya briket per rumah dijelaskan pada tabel di bawah ini:

TABEL 4 BANYAKNYA BRIKET PER RUMAH.

Referensi Briket	Banyaknya briket per rumah (buah)
Briket RDF 1	342
Briket RDF 2	159

c. *Pengujian Pemanasan Air*

Pengujian pemanasan air 1000 ml sampai mendidih dengan menggunakan briket RDF akan dijabarkan pada tabel di bawah ini:

TABEL 5 PENGUJIAN PEMANASAN AIR.

Sampel Briket RDF	Temperatur Nyala Api (°C)	Waktu Pemanasan Air (detik)	Suhu Air Mendidih (°C)	Massa Briket Digunakan (gram)
Briket RDF 1	626,6	1464	99 °C	235
Briket RDF 2	766	1200	98,2	120

d. *Laju Pembakaran*

Perhitungan laju pembakaran briket RDF menggunakan persamaan di bawah ini [5]:

$$LP = \frac{\Delta m}{\Delta T} \quad (5)$$

Dimana:

LP = laju pembakaran (kg/s)

Δm = selisih antara massa briket sebelum dan sesudah terbakar (kg)

ΔT = rentang waktu (s)

Sehingga didapat laju pembakaran briket RDF kedua percobaan dijelaskan pada tabel di bawah ini:

TABEL 6 LAJU PEMBAKARAN.

Sampel briket RDF	Δm (kg)	ΔT (jam)	Laju Pembakaran (kg/jam)
Briket RDF 1	0,235	0,406	0,576
Briket RDF 2	0,12	0,2	0,36

e. *Efisiensi termal*

Perhitungan efisiensi termal pada kompor dilakukan dengan pengujian bakar briket RDF kedua percobaan dengan menggunakan persamaan di bawah ini [5]:

$$\eta_T = \frac{m_a C_p \Delta T + \Delta m_a L}{\Delta m_k LHV} \quad (6)$$

Dimana:

η_T = efisiensi termal (%)

m_a = massa air (kg)

C_p = kalor jenis air (4200 J/kg °C)

ΔT = selisih suhu (°C)

Δm_a = massa air yang menguap (kg)

L = kalor penguapan air (2.268.000 J/kg)

Δm_k = massa bahan bakar yang dibakar (kg)

LHV = nilai kalor bahan bakar (kJ/kg)

Sehingga dengan memasukkan masing-masing parameter kedalam persamaan di atas,1 maka nilai efisiensi termal:

TABEL 7 NILAI EFISIENSI TERMAL.

Sampel briket RDF	m_a (kg)	Suhu awal (°C)	Suhu akhir (°C)	Δm_a (kg)	LHV (kJ/kg)	Efisiensi Termal (%)
Briket RDF 1	1	30	99	0,073	15.260	12
Briket RDF 2	1	30	98,2	0,071	17.701	21

f. Kalor yang dibutuhkan air

Perhitungan kalor yang dibutuhkan air pada pengujian pemanasan air dengan menggunakan briket RDF kedua percobaan dengan menggunakan persamaan di bawah ini [6]:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (7)$$

Dimana:

q = kalor yang dibutuhkan (Joule)

m = massa air (kg)

c = kalor spesifik air (4200 J/kg °C)

ΔT = perubahan suhu (°C)

Sehingga dengan memasukkan masing-masing parameter kedalam persamaan di atas, maka kalor yang dibutuhkan air:

TABEL 8 NILAI KALOR YANG DIBUTUHKAN.

Sampel briket RDF	Massa air (kg)	Suhu awal (°C)	Suhu akhir (°C)	Kalor yang dibutuhkan air (Joule)
Briket RDF 1	1	30	99	289.000
Briket RDF 2	1	30	98,2	286.800

g. Densitas

TABEL 9 DENSITAS.

Sampel briket RDF	Massa (gram)	Volume (cm ³)	Densitas (gr/cm ³)
Briket RDF 1	20	50,64	0,397
Briket RDF 2	15	50,64	0,298

Perhitungan kalor yang dibutuhkan air pada pengujian pemanasan air dengan menggunakan briket RDF kedua sampel didapatkan dengan menggunakan persamaan dibawah ini [6]:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (8)$$

Dimana :

ρ = densitas (gr/cm³)

m = massa (gram)

v = volume (cm³)

Nilai densitas briket RDF 1 yang berbahan sampah kertas, kain, dan kayu yang bernilai 0,397 gr/cm³ lebih besar dari briket RDF percobaan kedua bernilai densitas 0,298 gr/cm³ juga memiliki nilai terkecil setelah briket RDF 1. Nilai densitas kedua sampel yang kecil disebabkan oleh banyaknya rongga yang dimasuki udara. Selain itu, kurangnya penekanan briket pada saat pencetakan menggunakan pipa PVC yang hanya menggunakan tangan, tidak menggunakan alat penekan.

h. Hasil pengujian

TABEL 10 HASIL PENGUJIAN.

Sampel pengujian	Kadar air (%)	Kadar abu (%)	Volatle Matter (%)	Fix carbon (%)	Nilai kalor (kkal/kg)
Briket RDF 1	10,96	1,19	70,96	16,77	3.645
Briket RDF 2	6,57	2,25	70,46	20,19	4.228

Kadar air briket RDF 1 yang bernilai 10,96% lebih besar dari briket RDF 2 yang bernilai 6,57% disebabkan banyaknya kadar tapioka dalam briket yang mencapai 47,5% dibandingkan dengan percobaan kedua yang hanya 10%. Banyaknya kadar tapioka dapat meningkatkan kadar air karena tapioka yang

cenderung menyerap air. Selain itu, nilai kadar air briket RDF 1 tidak memenuhi syarat SNI 2365-200 yang bernilai maksimal 8%, sedangkan briket RDF 2 memenuhi SNI 2365-200 yang bernilai maksimal 8% [7].

Kadar abu briket RDF 1 yang bernilai 1,19% lebih kecil dari briket RDF 2 yang bernilai 2,25% disebabkan oleh banyaknya kadar tapioka yang mencapai 47,5% dari massa total, 20 gram, dibandingkan dengan briket RDF 2 yang hanya 10% dari massa total, 15 gram. Banyaknya kadar tapioka memengaruhi kadar abu yang dihasilkan briket, semakin banyak kadar tapioka maka semakin kecil pula kadar abu yang dihasilkan. Selain itu, nilai kadar abu kedua sampel yang kecil, memenuhi syarat SNI 2365-200 yang bernilai maksimal 8% [7].

Nilai *volatile matter* briket RDF 1 yang bernilai 70,96% yang tidak terlalu jauh perbedaannya dari briket RDF 2 yang bernilai 70,46% disebabkan oleh bahan-baku briket kedua percobaan yang cenderung volatilnya tinggi, sampah kertas, kain, dan kayu. Selain itu, *volatile matter* kedua sampel yang besar tidak memenuhi syarat SNI 2365-200 yang bernilai maksimal 15% [7]. Nilai *volatile matter* juga dipengaruhi oleh banyaknya kadar tapioka pada briket, semakin banyak kadar tapioka, maka semakin besar pula kadar volatil dari briket. Hal ini ditegaskan oleh Julham P. Pane et al dalam penelitian RDF pelepah aren yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar tapioka, maka kadar *volatile matter* semakin tinggi juga [8].

Nilai *fix carbon* briket RDF 1 bernilai 16,77% yang lebih kecil dari briket RDF 2 yang bernilai 20,19% disebabkan oleh banyaknya kadar tapioka yang dapat menurunkan nilai *fixed carbon*. Selain itu, nilai *fix carbon* sampel yang kecil, tidak memenuhi syarat SNI 2365-200 yang bernilai minimal 77% [7], juga disebabkan oleh bahan-bahan baku yang memiliki kadar karbon yang kecil yang terdiri dari sampah kertas, kain, dan kayu. Selain itu, kadar *fix carbon* yang rendah juga dipengaruhi oleh kadar *volatile matter* yang tinggi. Hal ini ditegaskan oleh Julham P. Pane et al dalam penelitian RDF pelepah aren yang menyatakan bahwa semakin tinggi *volatile matter*, maka semakin rendah pula kadar *fix carbon* [8].

Nilai kalor briket RDF 1 bernilai 3645 kkal/kg yang lebih kecil dari briket RDF 2 bernilai 4228 kkal/kg disebabkan oleh banyaknya kadar tapioka dalam briket percobaan pertama. Nilai kalor kedua sampel tidak memenuhi syarat SNI 2365-200 yang bernilai minimal 5000 kkal/kg [7]. Selain itu nilai kalor kedua sampel juga dipengaruhi oleh kadar *volatile matter* yang tinggi serta *fix carbon* yang rendah. Kadar *volatile* memengaruhi nilai kalor yang dihasilkan briket, semakin tinggi kadar *volatile*, maka semakin rendah nilai kalornya, begitu pula dengan sebaliknya. Semakin tinggi *fix carbon*, maka semakin tinggi pula nilai kalornya, begitu pula sebaliknya. Hal ini ditegaskan oleh Julham P. Pane et al dalam penelitian RDF pelepah aren yang menyatakan bahwa semakin tinggi *fix carbon*, maka semakin tinggi pula nilai kalor [8].

KESIMPULAN

1. *Refused Derived Fuel* (RDF) dibuat dengan bahan baku sampah kertas, kain, dan kayu yang masing-masing komponen direduksi dengan ukuran sekitar 5 mm dengan menggunakan gunting kertas. RDF yang dibuat menggunakan tepung tapioka sebagai perekat, dan menggunakan air sebagai cairan pencampur.
2. Kadar abu, kadar air, *volatile matter*, dan *fixed carbon*, densitas, dan nilai kalor yang dihasilkan oleh briket RDF 1 adalah 1,19%, 10,965 %, 70,961%, 16,77%, 0,166 kg/cm³, dan 3.645 kkal/kg Sementara untuk briket RDF 2 sebesar 2,25%, 6,57%, 70,451%, 20,19%, 0,166 kg/cm³, dan 4.228 kkal/kg.
3. Persentase sampah pada briket RDF 1 ialah sampah kertas 17%, sampah kain 17%, dan sampah kayu 17%. Sedangkan briket RDF 2 ialah sampah kertas 10%, sampah kain 50%, dan sampah kayu 30%.
4. Potensi nilai kalor sampah di TPA Penujah Kabupaten Tegal yang dapat digunakan sebagai RDF perhari ialah 6.599 kkal/kg. Selain itu, TPA Penujah dapat menghasilkan briket RDF 1 sebanyak 274.057 briket perhari yang dapat dibagikan kesetiap rumah 342 briket, sementara briket RDF 2 sebanyak 127.973 briket perhari yang dapat dibagikan kesetiap rumah 159 briket.
5. Pengujian bakar briket RDF 1 di kompor RDF dengan membakar sepuluh buah briket yang dapat mendidihkan air selama 12 menit 30 detik dengan temperatur nyala api sebesar 626,6 °C dan lama nyala api 24 menit 24 detik. Sedangkan untuk pengujian bakar briket RDF 2 di kompor RDF dengan membakar delapan briket yang dapat mendidihkan air selama 5 menit 40 detik dengan temperature nyala api 766 °C dan lama nyala api 20 menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila yang telah memberikan fasilitas-fasilitas untuk melaksanakan penelitian yang kami lakukan hingga penelitian selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Alexander. Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin. *Neraca Masa Dan Neraca Energi Pengelolaan Sampah Terpadu – Penujah Kabupaten Tegal*. **8,3** :129–138(2018)
- [2] M. F. Rania, I. G. E. Lesmana, E. Maulana. SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin. *Analisis Potensi Refuse Derived Fuel (RDF) Dari Sampah Pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Di Kabupaten Tegal Sebagai Bahan Bakar Incinerator Pirolisis*. **13,1**:51-58(2019)
- [3] C. A. Bimantara. *Analisa Potensi Refuse Derived Fuel (RDF) dari Sampah Unit Pengolahan Sampah (UPS) di Kota Depok (Studi Kasus UPS Grogol, UPS Permata Regency, UPS Cilangkap)*. [Analysis of Potential Refuse Derived Fuel (RDF) from Waste Management Unit (UPS) in Depok City (Case Study of UPS Grogol, UPS Permata Regency, UPS Cilangkap)] [Undergraduated Thesis] Teknik Lingkungan, Universitas Indonesia (2012). [in Bahasa Indonesia]. p. 28
- [4] Direktorat Jenderal Bina Pemerintahan Desa, Kementerian Dalam Negeri RI “*Jumlah Penduduk dan Kepala Keluarga Desa Penujah Kabupaten Tegal*. [Online] from http://prodeskel.binapemdes.kemendagri.go.id/gipenduduk_detil/ (2022) [Accessed on 13 January 2022].
- [5] P. Pambudi, S. Widodo, K. Suharno. J. Mer-C. *Pengaruh Variasi Jumlah Lubang Udara Terhadap Efisiensi Kompor Biomassa*. **2,1**(2019)
- [6] J. P. Holman. *Heat Transfer*. 10th ed, McGraw-Hill, New York (2010). p. 2
- [7] N. Iskandar, S. Nugroho, M. F. Feliyana. J. Ilm. Momentum. *Uji Kualitas Produk Briket Arang Tempurung Kelapa Berdasarkan Standar Mutu SNI*. **15,2**:103-108(2019)
- [8] J.P. Pane, E. Junary, N. Herlina. J. Tek. Kim. *Penambahan Kapur dalam Pembuatan Briket Arang Berbahan Baku pelepah Aren (Arenga pinnata)*. **4,2** :32-38(2015)

RANCANG BANGUN MESIN PENGUPAS GABAH BIJI KOPI MENGGUNAKAN DUA MATA PISAU

Hendri Sukma¹, Ridho Harri Putra¹, dan Ratu Ayu Selas Sari¹

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

Abstrak (Proses Manufaktur Mesin Pengupas Gabah Biji Kopi Menggunakan Dua Mata Pisau)

Kopi merupakan minuman favorit masyarakat Indonesia, di Indonesia juga komoditas petani kopi cukup melimpah. Sehingga pada penelitian kali ini penulis akan membuat dan membahas mesin pengupas gabah biji kopi menggunakan dua mata pisau. Tujuan utama dari pembuatan mesin pengupas gabah biji kopi menggunakan dua mata pisau ini adalah untuk membantu para petani kopi dalam meningkatkan produksi kopi. Dengan mesin ini diharapkan dapat membantu proses pengupasan gabah biji kopi sehingga dapat meningkatkan kualitas kopi. Penelitian akan mengambil parameter yang dibutuhkan seperti gabah biji kopi yang keluar dari mesin dalam setiap kilogram. Maka karena itu, rancangan yang telah dibuat oleh tim akan dilakukan proses manufakturnya dengan tipe *portable*.

Kata Kunci — Biji kopi; mesin kopi; DFMA.

1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan minuman favorit masyarakat Indonesia, baik dari kalangan atas maupun kalangan bawah. Baik pria maupun wanita, Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kopi dunia [1].

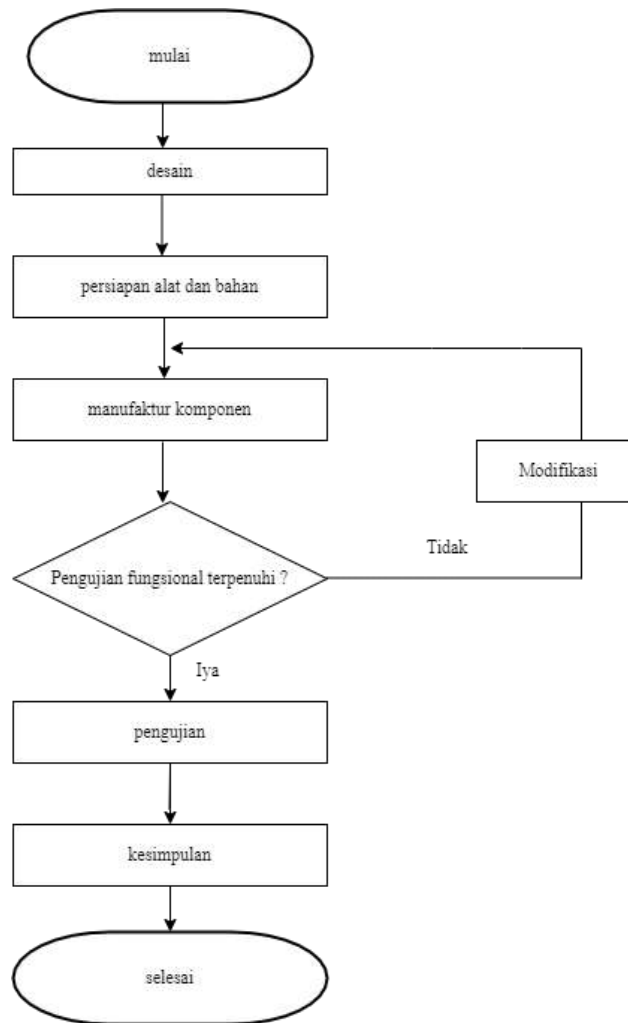
Seiring dengan kemajuan teknologi tepat guna banyak ditemukan alat-alat teknologi yang diciptakan untuk mengolah hasil pertanian, hal ini disebabkan oleh meningkatnya hasil tani sehingga timbulah pemikiran untuk mengolah hasil tani tersebut sebelum di pasarkan, tujuannya tak lain untuk meringankan pekerjaan.

Pada umumnya para petani biasanya mengolah gabah biji kopi tersebut langsung dijual dalam keadaan kopi yang masih basah dan dengan harga yang jauh lebih murah dari biji kopi yang sudah kering atau bersih dari kulit. Ada juga yang langsung dikeringkan dalam keadaan utuh (glondongan), akan tetapi hal ini harus membutuhkan waktu pengeringan yang lama, paling tidak sekitar seminggu penjemuran dibawah terik matahari.

Kendala yang dihadapi pada pengupasan gabah biji kopi dirasa kurang efisien dan masih banyak para petani kopi yang menggunakan pengupas gabah biji kopi tradisional dengan sumber penggerak tenaga manusia. Mesin pengupas gabah biji kopi adalah suatu hal yang penting dan meningkatkan observasi dalam penggunaan hasil kopi, mesin ini dapat mempermudah kerja konsumen dalam pemakaian.

2. METODE PENELITIAN

Metode DFMA ini menjelaskan tahap untuk proses manufaktur pembuatan konstruksi rangka dimulai dari mendesain rangka dengan menggunakan perangkat lunak berbasis *Solid Work*, membuat *Standard Operation Procedure (SOP)* dan *Operational Process Chart (OPC)*, kemudian dilanjutkan pembuatan konstruksi rangka. Diagram alir tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



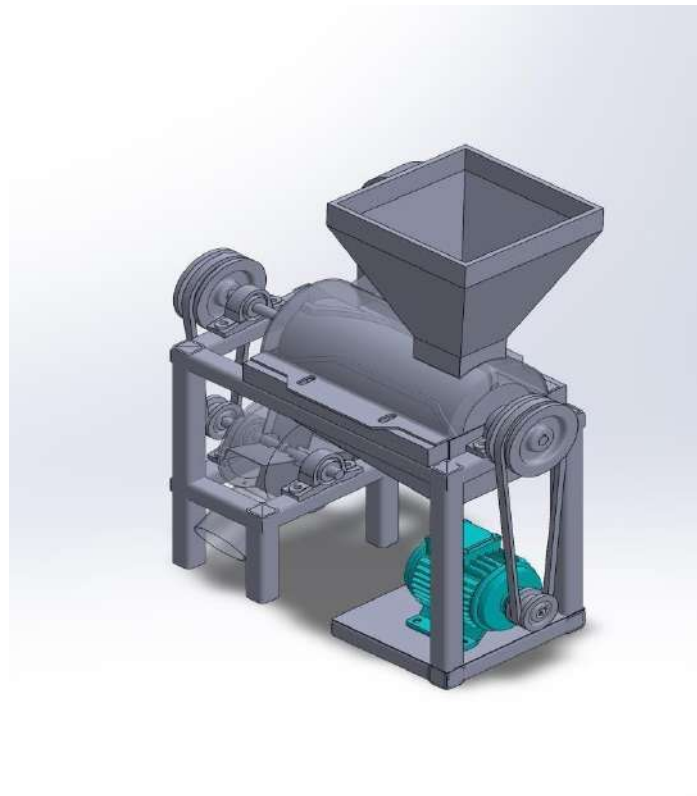
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Proses manufaktur dalam pembuatan mesin pengupas gabah biji kopi menggunakan dua mata pisau ini meliputi penyambungan bahan material dengan cara pengelasan dan menggunakan baut dan mur. Dengan menggunakan metode penelitian DFMA diharapkan proses manufaktur dapat terorganisir dari segi waktu dan pada saat pengerjaan [7]. Metode DFMA digunakan untuk merancang produk yang berkualitas maksimum dengan biaya minimum. *Standard Operation Procedure* (SOP) dibuat untuk mempermudah pada saat proses manufaktur maupun perakitan dan untuk penjelasan dari cara pengukuran, pemotongan material, penyambungan dengan las atau mur dan baut. Sedangkan *Operational Process Chart* (OPC) dibuat untuk mengetahui waktu, proses dan pengecekan apa saja yang akan dilakukan pada proses manufaktur mesin pengupas gabah biji kopi menggunakan dua mata pisau.

3. HASIL

a. Manufaktur Mesin Pengupas Gabah Biji Kopi Menggunakan Dua Mata Pisau

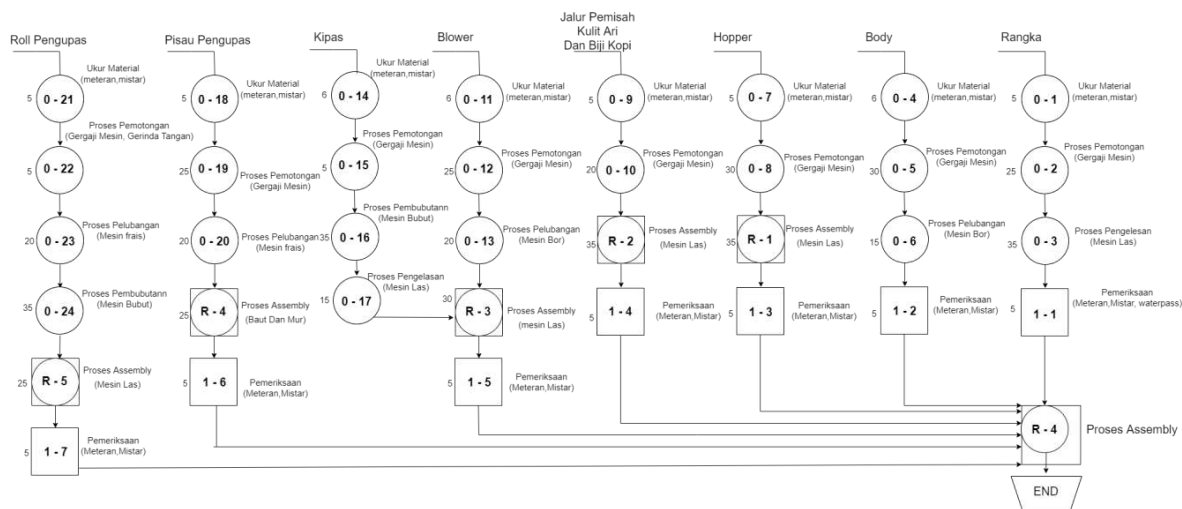
Setelah dilakukan proses perhitungan dan perancangan, maka dilakukan pembuatan gambar. Gambar konsep bertujuan untuk memberikan gambaran kasar atau awal dari sebuah model desain, agar dapat dengan mudah memperbaikinya jika terjadi perubahan konsep desain [8, 9]. Gambar 2 memperlihatkan bagian-bagian dari konstruksi mesin pengupas gabah biji kopi menggunakan dua mata pisau yang dirancang, yang terdiri dari rangka, pisau pengupas, *blower*, *hopper*, tutup atas, pelat dudukan motor serta jalur pemisah kulit ari dan biji kopi.



Gambar 2. Rancangan Mesin Pengupas Gabah Biji Kopi Menggunakan Dua Mata Pisau

Setelah itu, rancangan ini akan melewati beberapa tahap proses manufaktur untuk dijadikan suatu produk, Adapun tahap dari proses manufaktur mesin pengupas gabah biji kopi menggunakan dua mata pisau terdiri dari proses pembuatan dan perakitan dari beberapa komponen. Untuk komponen perakitan terdiri dari: bagian rangka, *hopper*, tutup atas, pelat dudukan motor, mata pisau, motor AC 2 HP, 1400 Rpm 3 Phase, serta blower dan jalur pemisah kulit ari dan biji kopi. *Bending* dapat diartikan dengan teknik penekukan yang merupakan pengerjaan dengan memberi tekanan pada bagian tertentu sehingga terjadi deformasi plastis [10]. *Welding* atau pengelasan adalah proses penggabungan logam dimana dua atau lebih bagian digabungkan atau digabungkan pada permukaan kontakannya dengan menggunakan panas atau tekanan yang sesuai [11]. Pengelasan merupakan permanen *joint* yang dinilai sangat penting pada rangka mesin pengupas gabah biji kopi menggunakan dua mata pisau.

Tahapan manufaktur yang dilakukan mengikuti tahap dari SOP yang mengacu pada OPC dapat dilihat pada gambar 3. Gambar 3, diperlihatkan bahwa jumlah operasi yang dilakukan sebanyak 24 kegiatan dengan waktu total proses ± 588 menit, jumlah pengecekan atau pemeriksaan sebanyak 7 kali kegiatan dengan waktu total pemeriksaan ± 35 menit, serta 5 kali kegiatan perakitan dengan waktu total perakitan 155 menit.



Gambar 3. Operation Procedure Chart

b. Rancangan Anggaran Biaya

Untuk mendapatkan harga jual produk yang akan dibuat, dapat ditentukan dengan cara membuat rancangan anggaran biaya perkiraan dan menganalisis perhitungan biaya yang terdiri dari biaya material bahan baku, biaya produk meliputi biaya tenaga kerja langsung. Harga bahan baku material dan komponen untuk konstruksi mesin pengupas gabah biji kopi menggunakan dua mata pisau dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Harga Bahan Baku Dan Komponen

No	Komponen	Jumlah	Harga
1.	Besi hollow 4x4	2 batang	Rp180.000
2.	Pulley 150 mm	2 Pcs	Rp150.000
3.	Pulley 75 mm	2 Pcs	Rp100.000
4.	Pillow Block UCP 204 20 mm	4 Pcs	Rp380.000
5.	Pelat ASTM A36 1 mm	1 Lembar	Rp550.000
6.	V-belt	2 Pcs	Rp140.000
7.	Poros 20mm	2 Pcs	Rp600.000
8.	Pelat ASTM A36 2 mm	1 Lembar	Rp650.000
9.	Motor Listrik 2 HP 1400 Rpm 3 Phasa	1 Pcs	Rp1.000.000
10.	Elektroda	1Kg	Rp149.000
11.	Baut 12 mm	10 Pcs	Rp30.000
12.	Biaya Tenaga Kerja	Lumpsum	Rp600.000
Total Biaya			Rp4.529.000

Berdasarkan Tabel 1, maka perkiraan harga konstruksi mesin pengupas gabah biji kopi menggunakan dua mata pisau adalah : Rp. 4.529.000. (Empat Juta Lima Ratus Dua Puluh Sembilan Ribu Rupiah).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mecke, I. Lee, J.R. Baker jr., M.M. Banaszak Holl, B.G., Eur. Phys. J. E, 14,7:212–219(2004).
- [2] M. Ben Rabha, M.F. Boujmil, M. Saadoun, B. Bessaïs, Eur. Phys. J. Appl. Phys. (to be published).
- [3] F. De Lillo, F. Cecconi, G. Lacorata, A. Vulpiani, EPL, 84:115–124(2008).
- [4] Bolzonella, D. *Biogas from dry husk Jatropha curcas* Linn. [Online] from http://www.valorgas.soton.ac.uk/Pub_docs/JyU%20SS_%202011/DB%201.pdf. (2011) [Accessed on 20 May 2015].
- [5] Department of Agriculture USA, *Marine recreational activity information brochure 2013/2014* [Online] from www.daff.gov.za (2013). [Accessed on March 15th 2016].
- [6] P.G. Adinurani, R.H. Setyobudi, S.K. Wahono, A. Nindita, M. Mel, A. Sasmito, et al. *The performance of Jatropha curcas Linn. capsule husk as feedstocks biogas in one phase anaerobic digestion*. International Conference on Natural Science, (Malang, Indonesia 2014). Procedia Chemistry **14**:35–49(2015).
- [7] W. Strunk Jr., E.B. White. *The elements of style*. 3rd ed. New York: Macmillan (1979). p.122.
- [8] G.R. Mettam, L.B. Adams. How to prepare an electronic version of your article. In: *Introduction to the electronic age*. B.S. Jones, R.Z. Smith (Eds). New York: E-Publishing Inc (1999). p. 281-304.
- [9] D. Palik (Ed.). *Handbook of optical constants of solids II*, 3rd ed. Academic Press, New York (1991). p.151.
- [10] Wahidah. *Pengaruh variasi baffel, jumlah baffel dan waktu detensi terhadap kinerja Anaerobic Baffled Reactor (ABR) dalam pengolahan limbah domestik khusus Grey Water*. [Effect of baffel variation, baffel amount and detention time for Anaerobic Baffled Reactor (ABR) performance on specific domestic waste treatment of grey water] [Thesis] Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung (2004). [in Bahasa Indonesia]. p. 120.
- [11] Li, Chenxi. *Using anaerobic co-digestion with addition of municipal organic wastes and pre-treatment plant sludge*. [Thesis Phd]. Queen's University Kingston, Ontario, Canada (2012). p. 105.

Pengaruh Persentase Karragenan Sebagai Material Coating Terhadap Nilai Viskositas Dan Nilai Gloss Pada Meterial Karton Duplex

Emmidia Djonaedi^{1*}, Endang Yuniarti¹, dan Nurul Asni.²

¹Jurusan Teknik Grafika Penerbitan, Politkenik Negeri Jakarta, Depok

²Akademi Kimia Analisis, Caraka Nusantara, Depok

Abstrak.

Pelapis atau coating untuk hasil cetak adalah salah satu usaha untuk membuat permukaan hasil cetak lebih mengkilap atau glossy. Bahan pelapis ada beberapa macam, salah satunya adalah water based coating. Jenis ini dipakai karena mudah diaplikasikan pada karton dan menghasilkan warna mengkilap. Pada penggunaannya, karton yang telah dipakai akan terbuang, tentu saja hal ini akan mempengaruhi lingkungan bila bahan coating kertas terbuat dari bahan kimia yang tidak ramah lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan Karragenan sebagai salah satu sumber selulosa dapat dimanfaatkan sebagai coating yang ramah lingkungan. Pada penelitian ini Pemanfaatan karragenan sebagai coating memerlukan bahan tambahan lain seperti plastisizer dan lainnya yang ramah lingkungan, di campur bersama dan . Coating dari karragenan ini mempunyai karakteristik viskositas : 12 detik, 1 menit 52 detik, 3 menit 18 detik, dan menghasilkan nilai gloss : 8 ; 8,6 dan 9,7

Kata kunci : *Coating; karton; rumput laut, viscositas, gloss.*

1. PENDAHULUAN (STYLE: *HEADING 1*)

Karton merupakan salah satu bahan yang digunakan untuk material cetak. Sebagai material cetak, kemasan karton yang di cetak perlu di lapisi oleh lapisan seperti laminasi dan coating. Tujuan proses coating adalah untuk melindungi lapisan cetak [1] dari goresan dan luntur, memperbesar kemampuan untuk menahan uap air dan gas, membuat tampilan hasil cetak lebih mengkilap, menghasilkan brightness dan opacity yang lebih baik dibandingkan dengan kertas yang tidak dicoating. [1].

Coating water based konvensional yang digunakan untuk melapisi material karton saat ini adalah cairan yang langsung diaplikasikan setelah proses cetak. Karakteristik yang mudah dipalikasiikan, mudah kering dan menghasilkan nilai gloss yang baik menjadi beberapa parameter untuk menilai kualitas dari coating.

Material penyusun Coating water based conventional ini sebagian dapat larut dalam air, dan mengasilkan uap organik pada waktu penguapan atau pengeringan. Hal ini tentu saja berbahaya bagi lingkungan [1]

Carragenan merupakan salah satu bahan alam yang bersumber dari alga merah dan banyak dimanfaatkan untuk campuran makanan. Saat ini carragenan sedang dikembangkan untuk menjadi sumber material baru untuk membuat kemasan ramah lingkungan, karena karragenan bisa terurai dan larut dalam air tanpa menghasilkan residu berbahaya seperti jejak karbon. [1]

Berdasarkan pada latar belakang tersebut maka pada penelitian ini, carragenan dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuat material coating untuk kemasan makanan yang terbuat dari karton. Karragenan di proses bersama dengan material lain yaitu Poli Etilen Glikol sebagai plastisizer daan bahan lainnya untuk menyempurnakan karakteristiknya menjadi coating. Carragenan sebagai coating memiliki sifat-sifat yang harus terpenuhi, salah satunya adalah viskositas agar dapat teraplikasikan dengan baik pada material yang akan dicoated. Syarat nilai viskositas dari coating water based yang harus terpenuhi sebesar sesuai dengan standar perusahaan yaitu 1 menit 13 detik untuk jenis offset waterbased coating sebagai bahan pelapis karton. Jika nilai viskositas terlalu tinggi material coating akan sulit mengalir dan sulit kering dan jika terlalu rendah maka akan terlalu banyak cairan dan membuat kertas atau karton basah dan sulit kering, dan jika terlalu rendah menjadi sulit mengalir. Mendapatkan viscositas yang tepat untuk coating karton ini sangat dibutuhkan untuk industri yang butuh menghasilkan banyak produk dalam waktu singkat seperti industri cetak. [1]

* Corresponding author: emmidia.djonaedi@grafika.pnj.ac.id

Diharapkan coating ini menghasilkan jenis coating yang mudah mengalir atau nilai viskositas yang mendekati standar coating dan mempunyai nilai gloss seperti coating water based conventional lainnya.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan prosentase karagenan yang optimal sehingga memiliki nilai viskositas yang mendekati standar coating pada kertas karton dan hasil gloss yang baik.

Water based coating harus memenuhi beberapa persyaratan salah satunya adalah memiliki viskositas yang rendah sehingga mudah diaplikasikan pada karton dan menghasilkan nilai gloss yang sesuai. Sebagai acuan, viskositas water based coating untuk finising cetak offset adalah 1 menit 13 detik pada Zahn cup 4. Dan nilai gloss 30,8. Jika nilai viskositas terlalu tinggi akan menghasilkan coating yang kental, sulit mengalir dan melapisi permukaan karton dengan tidak rata sehingga nilai gloss akan rendah.

METODE

a. Material

Penelitian ini menggunakan material sebagai berikut:

- Karton duplex 310 GSM ukuran A5
- karageenan
- Poli etilen glikol (PEG)
- Polivinil alkohol (PVA)
- Gliserol
- aquadest

b. Alat

- Hotplate stirer
- Screen T165 + rakel
- Viscometer Zahn cup #4
- Gloss meter

c. Experiment

Percobaan ini menggunakan variasi karagenan 0,50%, 0,75% dan 0,98%. Kemudian untuk material lain seperti PEG, PVA, gliserol dan aquadest mempunyai komposisi yang sama. Material tersebut dicampur dan dipanaskan dengan hot plate stirer sampai rata dan larut sempurna. Kemudian dituang ke karton duplex dengan menggunakan screen dan rakel untuk meratakan pada bagian yang putih pada karton duplex. Masing-masing komposisi dilakukan 3 kali percobaan.



Gambar 1. Pencampuran karragenan dengan bahan lain

Viscositas

Setelah karagenan larut sempurna dan siap menjadi coating, kemudian dituang ke Zahn cup #4 [1] dan dihitung waktu alirnya dengan menggunakan stop watch. Setiap variabel percobaan menggunakan cara yang sama untuk pengukuran viscositas.



Gambar 2. Pengujian viscositas dengan Zahn cup#4

Glossy

Pengukuran glossy dilakukan setelah sampel coating diaplikasikan ke karton duplex dengan menggunakan screen dan rakel. Pengukuran glossy ini menggunakan alat glossmeter tipe GM-6 Landtek 60 degree Measuring Angle. Pengukuran di karton duplex dilakukan pada spot-spot yang terlihat mengkilap dan setiap variabel menggunakan tiga sampel karton.



Gambar 3. Pengukuran glossy dengan glossmeter

Coating water based merek Heidelberg (SHAPIRA) merupakan acuan untuk hasil viscositas dan glossy. Viscositas waterbased coating SHAPIRA mempunyai viscositas 1 menit 13 detik untuk Zahn cup 4.

HASIL

Penelitian ini menghasilkan data pengukuran sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil percobaan viscositas dan glossy pada coating dari carragenan

Parameter	Karagenan (0,50%)	Karagenan (0,75%)	Karagenan (0,98%)	Standard Water based coating Heidelberg (SHAPIRA)
Viscositas	12 detik	1 menit 52 detik	3 menit 18 detik	1 menit 13 detik
Glossy	8	8,6	9,7	31,22

Persentase penggunaan karagenan menunjukkan bahwa semakin banyak penggunaan karagenan maka hasil coating semakin kental dan sulit mengalir, hal ini dikarenakan jumlah selulosa yang dominan pada cairan akan membuat cairan semakin kental walaupun sudah menggunakan dua jenis plastisizer yaitu gliserol dan polietilen glikol. Dalam percobaan ini Penggunaan kedua plastisizer tidak memberikan efek yang besar untuk mencairkan atau memberikan efek elastisitas kepada karagenan pada saat diproses baik panas maupun dingin. Untuk hasil pengukuran gloss, semakin besar presentasi karagenan yang digunakan, menghasilkan nilai gloss yang semakin tinggi. Hal ini membuktikan bahwa karagenan mempunyai kadar alfa selulosa yang diatas 50% [1] dan berpotensi untuk menjadi sumber material baru untuk coating yang ramah lingkungan.

Water based coating konvensional yang telah dipakai dipercetakan sama sekali tidak mengandung selulosa tetapi mengandung alkylsulphosuccinates, ammonia, dan propan-2-ol, memiliki viscositas 20-90 detik dengan Zahn cup #4 [1]. Nilai viscositas ini tidak jauh berbeda dengan karagenan 0,75%. Sampel standar menghasilkan nilai gloss rata-rata 31,22 sedangkan nilai gloss dengan coating dari karagenan mempunyai nilai gloss yang jauh lebih kecil dari nilai standar, kemungkinan hal ini disebabkan karena ikatan hidrogen pada selulosa yang ada dicarragenan tidak sebaik bahan kimia seperti propan-2-ol, ammonia dan alkylsulphosuccinates dan kurangnya penggunaan Polyethylene glykol (PEG) dalam campuran ini juga mempengaruhi karakteristik mekanik

KESIMPULAN.

Dari penelitian ini disimpulkan bahwa penggunaan karagenan sebagai bahan baku coating ramah lingkungan perlu dilakukan penyesuaian terhadap jumlah padatan /sumber selulosa yang digunakan. Semakin banyak jumlah selulosa yang ada pada cairan coating maka cairan tersebut akan semakin sulit mengalir dan terlalu kental sehingga akan sulit diaplikasikan kepada material karton dan memfungsikannya sebagai coating. Dalam penelitian ini Jumlah karagenan yang sesuai adalah karagenan dengan komposisi dibawah 0,75%, karena dengan komposisi ini selulosa yang ada pada cairan masih bisa bercampur dengan baik bersama bahan

penyusun lainnya. Walaupun Komposisi selulosa mempengaruhi nilai gloss, tetapi bila sulit mengalir maka coating juga akan tidak rata menutupi permukaan material karton.

UCAPAN TERIMA KASIH (*STYLE: HEADING 5*)

Ucapan terima kasih diberikan kepada POLITKENIK NEGERI JAKARTA yang telah memberikan dana penelitian internal, Jurusan Teknik Grafika Penerbitan, rekan dosen (Endang Yuniarti dan Nurul Asni) serta mahasiswa yang membantu penelitian ini (Nafiah Ariq Hidayah dan Nopi Anggraini).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Tang, "FABRICATION AND PROPERTIES OF PAPER COATING WITH THE INCORPORATION OF NANOPARTICLE PIGMENTS: RHEOLOGICAL BEHAVIOR," *Digest JOURNAL OF nanomaterials and Biostructures*, vol. 8, pp. 699-1710, 2013.
- [2] O. Turgay, "EFFECT OF VARNISH VISCOSITY AND FILM THICKNESS ON ADHESION STRENGTH OF COATED WOOD," *PRO LIGNO*, vol. 9, no. 20697430, pp. 164-168, 2013.
- [3] D. Fithriani, "Ekstraksi Selulosa Dari Limbah Pembuatan Karaginan," *Jurnal Pasca Panen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, vol. 2, p. 91, 2007.
- [4] HEIDELBERG, "SAFETY DATA SHEET : Saphira Coating W7510 HG 1 Side," HEIDELBERG, Nederland, 2010.
- [5] X. Wu, "Smooth Water - Based Antisumdge Coating for Various Substrate," *ACS Publication*, vol. 5, no. 3, pp. 2605 - 2613, 2017.
- [6] K. M. Bhat, "Carrageenan-based edible biodegradable food packaging : A Review," *International Journal of Food Science and Nutrition*, vol. 5, no. 4, pp. 69-75, 2020.
- [7] A. Yang, "Role of Extensional Viscosity In Paper Coating," *Journal Applied Rheology*, vol. 21, no. 2, 2011.

Bio-ink Warna Hitam dari Tempurung Kelapa pada Teknik Cetak Saring

Lisa Novitasari¹, Endang Yuniarti^{1*}, dan Emmidia Djonaedi¹

¹Program Studi Teknik Grafika, Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan, Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta

Abstrak. Bioplastik merupakan jenis plastik yang cukup populer dipakai dan diproduksi saat ini karena mulai adanya kesadaran masyarakat tentang akibat buruk dari sampah plastik konvensional kepada lingkungan. Cacahan sampah tersebut akan menjadi mikroplastik yang berbahaya bila dikonsumsi oleh makhluk hidup. Untuk itu, segala jenis kemasan yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari perlu menggunakan plastik yang aman baik untuk kemasan maupun pelapis kemasan (*coating*). Salah satu sumber selulose bioplastik yang dapat digunakan adalah ekstrak rumput laut merah (*karragenan*). Selain itu, bahan untuk meningkatkan elastisitas adalah plastisizer Polietilen Glikol (PEG). Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan prosentase karagenan dan PEG optimal yang memiliki nilai viskositas dan nilai gloss yang mendekati standar *coating* pada kertas karton.

Kata kunci— *Tinta, Pigmen Organik, Tempurung Kelapa, Cetak Sablon.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di berbagai bidang pada era globalisasi saat ini, turut mendorong perindustrian di Indonesia salah satunya adalah industri cetak saring (*screen printing*). *Screen printing* adalah salah satu teknik cetak yang menggunakan layar (*screen*) yang dipasang di atas *frame*, kemudian ditutupi dengan emulsi dan dikeringkan lalu diberi pola yang berasal dari desain negatif yang dibuat di kertas hvs atau kalkir yang kemudian diberi fotorevisi dan disinari, dan setelahnya *screen* tersebut harus disiram dengan air agar pola terlihat lalu akan terbentuk bagian-bagian yang dapat dilalui oleh tinta (Kipphan, 2001). Teknik cetak saring dapat diaplikasikan ke berbagai media cetak salah satunya adalah kertas karton seperti karton dupleks yang biasanya digunakan untuk kemasan makanan. Kemasan yang digunakan untuk makanan ini harus menggunakan bahan alami dan tidak berbahaya contohnya adalah tinta organik.

Tinta organik merupakan tinta yang pigmennya berasal dari bahan alami atau dari makhluk hidup seperti hewan dan tumbuhan, salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai pigmen organik untuk pembuatan tinta adalah arang dari hasil pembakaran limbah tempurung kelapa. Menurut Purnomo (2017), bahan baku arang yang mengandung karbon dapat dijadikan sebagai bahan pewarna untuk membuat tinta karena apabila limbah tempurung kelapa dibakar, maka akan menghasilkan unsur karbon dengan warna hitam pekat.

Selain pigmen atau bahan pewarna, tinta cetak juga terdiri dari bahan pengikat (*varnish*) dan bahan penolong (*additive*) (Muryeti, 2008). Bahan pengikat (*varnish*) merupakan media untuk mengikat bahan pewarna dan bahan penolong sehingga keduanya dapat tercampur dengan baik (ATGMI, 2010:40). Salah satu bahan organik yang dapat digunakan sebagai bahan pengikat adalah *gum arabic* yang berasal dari getah pohon *acacia seyal*. Kemudian ada bahan penolong (*additive*), bahan penolong adalah penambahan zat-zat kimia yang banyak digunakan untuk menyempurnakan kualitas tinta cetak agar dapat dipergunakan sesuai dengan kondisi pencetakan dan menghasilkan cetakan dengan kualitas yang baik (Muryeti, 2008). Beberapa bahan penolong yang digunakan untuk pembuatan tinta organik adalah tepung garut sebagai bahan pengental dan NaCl sebagai bahan pengawet tinta.

Banyak sedikitnya komposisi bahan penyusun tinta terutama pigmen yang digunakan akan mempengaruhi warna yang dihasilkan dari tinta yang dibuat. Untuk mengetahui hasil warna tinta organik dari tempurung kelapa yang diaplikasikan ke material cetak dengan proses cetak saring perlu dilakukan pengukuran nilai *density* dan $L^*a^*b^*$. Pengukuran *density* bertujuan untuk mengetahui kepekatan warna pada sampel cetak sedangkan pengukuran $L^*a^*b^*$ bertujuan untuk mengetahui warna hasil cetak dari tinta organik dengan melihat nilai L^* , a^* , dan b^* serta mendapatkan nilai delta E untuk mengetahui perbedaan

* Corresponding author: endang.yuniarti@grafika.pnj.ac.id

warna hasil cetak tinta organik dengan warna standar yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi bahan tinta dari tempurung kelapa terhadap pencapaian warna hitam pada teknik cetak saring.

2. METODE PENELITIAN

Objek penelitian ini adalah sampel cetak dari tinta organik yang dibuat dengan 3 variasi komposisi pigmen tempurung kelapa. Proses pengukuran nilai density dan L^*a^*b menggunakan alat ukur bernama *spectrodens* dengan standar pengukuran ISO 12647-5:2001. Berikut adalah langkah - langkah yang dilakukan dalam penelitian ini:



Gambar 1. Metode Penelitian bio-ink

Bahan yang digunakan untuk membuat tinta organik adalah limbah tempurung kelapa dengan komposisi 25 gr, 30 gr, 35 gr; *gum arabic* dengan komposisi 13 gr; tepung garut dengan komposisi 15 gr; NaCl dengan komposisi 6.5 gr; dan *aquadest* dengan komposisi 35 ml. Selain itu, ada juga bahan pendukung lainnya seperti karton dupleks dan larutan afdruk. Sedangkan peralatan yang digunakan untuk mendukung penelitian diantaranya adalah wadah, korek api, cobek, saringan 80 *mesh*, neraca analitik, gelas kimia, gelas ukur, *magnetic stirrer*, *hot plate stirrer*, termometer air raksa, batang pengaduk, *screen* sablon T 120, rakel, *hair dryer*, dan *spectrodens*.

a. Tahap pertama

Pada tahap ini dilakukan proses pembuatan pigmen warna hitam melalui proses pembakaran limbah tempurung kelapa dengan kondisi oksigen rendah hingga menjadi arang. Kemudian arang tersebut dihaluskan dengan cobek dan disaring dengan menggunakan saringan hingga menjadi serbuk pigmen yang homogen.

b. Tahap kedua

Tahap ini merupakan proses pembuatan tinta organik dengan mencampurkan bahan penyusun tinta, dimulai dari mencampurkan serbuk pigmen dengan *aquadest* kemudian menambahkan *gum arabic*, NaCl, dan tepung garut berurutan sesuai dengan komposisi yang telah disiapkan. Proses pencampuran ini dilakukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* dan batang pengaduk dengan suhu $\pm 50^\circ$ dan waktu ± 5 menit untuk setiap penambahan bahan

c. Tahap ketiga

Proses pengaplikasian tinta ke karton dupleks ukuran 10 cm x 10 cm dengan menggunakan teknik cetak saring. Sebelum proses cetak, *image* yang akan dicetak harus dibentuk melalui proses afdruk. Proses afdruk adalah suatu rangkaian proses memindahkan gambar atau tulisan dari film (positif/negatif) ke dalam *screen* dengan melalui penyinaran dan pencucian. Setelah *image* terbentuk, kemudian dilakukan proses cetak sablon dengan menekan tinta yang sudah diletakkan di atas *screen* dengan bantuan rakel.

d. Tahap keempat

Proses selanjutnya adalah proses pengukuran nilai *density* dan nilai $L^*a^*b^*$ pada sampel cetak tinta di karton dupleks. Proses pengukuran ini dilakukan dengan mengarahkan sensor *spectrodens* ke sampel cetak kemudian menekan tombol utama pada *spectrodens* hingga layar *spectrodens* menampilkan hasil pengukuran. Kemudian hasil pengukuran akan dianalisa dan dibuat kesimpulan.

3. ANALISIS HASIL

Setelah melakukan pengukuran nilai *density* dan $L^*a^*b^*$ pada sampel cetak dengan 3 variasi komposisi pigmen, maka didapatkan data hasil pengukuran sebagai berikut.

Tabel 1. Nilai *Density* Sampel Cetak

Komposisi Pigmen	Nilai <i>Density</i>	Standar Gamut 1	Standar Gamut 2	Standar Gamut 3
25 gr	0.939	1.3	1.5	1.9
30 gr	1.157	1.3	1.5	1.9
35 gr	1.380	1.3	1.5	1.9

Berdasarkan tabel diatas, terlihat bahwa komposisi pigmen mempengaruhi nilai *density*. Nilai *density* terus meningkat pada setiap penambahan jumlah komposisi pigmen tinta. Semakin banyak jumlah komposisi pigmen pada tinta yang dibuat, maka nilai *density* sampel cetak akan semakin tinggi. Hal ini terjadi karena semakin banyak jumlah komposisi pigmen, maka pigmen yang tercampur di dalam tinta akan semakin banyak sehingga menyebabkan warna tinta akan semakin pekat dan nilai *density*nya akan semakin tinggi.

Pada Tabel 1 juga tercantum nilai standar warna hitam dari 3 gamut pada ISO 12647- 5. Nilai *density* sampel pada komposisi 35 gram mendekati standar gamut 2 dan nilai *density* sampel komposisi 30 gram mendekati standar gamut 1, tetapi untuk nilai *density* pada semua sampel belum ada yang memenuhi standar ISO. Hal ini dikarenakan kurangnya jumlah pigmen atau partikel pigmen yang kurang halus dan sulit didispersikan sehingga warna yang dihasilkan kurang pekat.

Tabel 2. Nilai L^* Sampel Cetak

Komposisi Pigmen	Nilai L^*	Standar Gamut 1	Standar Gamut 2	Standar Gamut 3
25 gr	41.604	24	18	8
30 gr	31.917	24	18	8
35 gr	23.460	24	18	8

Pada tabel 2 menunjukkan bahwa nilai L^* sampel cetak semakin menurun pada setiap penambahan jumlah komposisi pigmen tinta. semakin banyak jumlah komposisi pigmen pada tinta yang dibuat, maka nilai L^* sampel cetak akan semakin rendah. Hal ini terjadi karena semakin banyak jumlah komposisi pigmen, maka warna hitam pada tinta akan semakin pekat dan warna cetakan akan semakin gelap sehingga nilai L^* (*lightness*) akan semakin rendah. Tabel 2 juga menunjukkan bahwa komposisi 35 gram memenuhi standar warna hitam gamut 1 ISO 12647-5.

Tabel 3. Nilai a* Sampel Cetak

Komposisi Pigmen	Nilai a*	Standar Gamut 1	Standar Gamut 2	Standar Gamut 3
25 gr	1.305	0	0	0
30 gr	0.895	0	0	0
35 gr	0.738	0	0	0

Hasil pengukuran nilai a* sampel cetak semakin menurun pada setiap penambahan jumlah komposisi pigmen tinta. semakin banyak jumlah komposisi pigmen pada tinta yang dibuat, maka nilai a* sampel cetak akan semakin rendah. Hal ini terjadi karena semakin banyak jumlah komposisi pigmen, maka warna hitam pada tinta akan semakin pekat sehingga nilai a* akan semakin rendah dan menuju ke warna hitam. Semua tinta dengan komposisi pigmen 25 gram, 30 gram, dan 35 gram masih belum memenuhi standar warna hitam ISO 12647-5 dan yang paling mendekati standar adalah tinta dengan komposisi pigmen 35 gram. Hal ini karena pengaruh bahan-bahan penyusun lainnya seperti tepung yang membuat warna sampel cetak sedikit mengarah ke warna merah.

Tabel 4. Nilai b* Sampel Cetak

Komposisi Pigmen	Nilai b*	Standar Gamut 1	Standar Gamut 2	Standar Gamut 3
25 gr	4.638	0	0	0
30 gr	3.793	0	0	0
35 gr	3.566	0	0	0

Sedangkan nilai b* menunjukkan bahwa sampel cetak semakin menurun pada setiap penambahan jumlah komposisi pigmen tinta. semakin banyak jumlah komposisi pigmen pada tinta yang dibuat, maka nilai b* sampel cetak akan semakin rendah. Hal ini terjadi karena semakin banyak jumlah komposisi pigmen, maka warna hitam pada tinta akan semakin pekat sehingga nilai b* akan semakin rendah dan menuju ke warna hitam.

Semua sampel tinta masih belum memenuhi standar warna hitam ISO 12647- 5 karena nilai b* pada sampel cetak mengarah ke warna kuning. Hal ini disebabkan karena pengaruh bahan-bahan penyusun tinta seperti *gum arabic* dan tepung garut yang memiliki warna dengan kecenderungan kuning. Untuk menutupi warna kuning dari *gum arabic* dan tepung garut, maka jumlah komposisi pigmen dapat ditambahkan secara bertahap agar warna hitam yang dihasilkan tinta lebih pekat dan lebih gelap.

Tabel 5. Nilai Delta E Sampel Cetak dengan Standar Warna Hitam ISO 12647-5

Komposisi Pigmen	Gamut 1	Gamut 2	Gamut 3
25 gr	18.252	24.091	33.948
30 gr	8.824	14.452	24.232
35gr	3.682	6.563	15.883

Untuk melihat pencapaian warna pada sampel cetak, diperlukan perhitungan nilai ΔE dari $L^*a^*b^*$ melalui rumus:

$$\Delta E = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2}$$

Nilai ΔE yang sesuai standar warna hitam ISO 12647-5 tidak boleh melebihi 4.

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa nilai delta E terus menurun pada setiap penambahan jumlah komposisi pigmen tinta. Semakin banyak jumlah komposisi pigmen pada tinta yang dibuat, maka nilai delta E sampel cetak akan semakin rendah. Hal ini terjadi karena semakin banyak jumlah komposisi pigmen, maka pigmen yang tercampur di dalam tinta akan semakin banyak sehingga menyebabkan warna tinta akan semakin gelap dan mendekati standar warna hitam ISO 12647-5:2001 sehingga nilai delta E nya juga akan semakin rendah. Berdasarkan Tabel 5, komposisi tinta yang memenuhi standar adalah tinta

dengan komposisi 35 gram pada gamut 1 yaitu 3.682. Akan tetapi pencapaian warna dari tinta yang dibuat hanya bisa mencapai standar pada gamut 1, sedangkan warna pada gamut 2 dan 3 masih belum bisa tercapai. Hal ini karena partikel pigmen tempurung kelapa masih kurang halus sehingga kurang menyatu dengan bahan penyusun tinta lainnya. Akibatnya adalah warna hitam yang dihasilkan kurang pekat karena pigmen tidak melekat dengan baik.

4. KESIMPULAN

Jumlah komposisi bahan penyusun tinta terutama pigmen tinta dapat mempengaruhi warna dari hasil cetak tinta yang dibuat. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan pada sampel cetak tinta tempurung kelapa, dapat disimpulkan bahwa komposisi pigmen berbanding lurus dengan nilai *density* sampel cetak dimana semakin banyak komposisi pigmen maka nilai *density* akan semakin meningkat. Sedangkan dalam pengukuran $L^*a^*b^*$ dan ΔE menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah komposisi pigmen pada tinta yang dibuat, maka nilai $L^*a^*b^*$ dan ΔE akan semakin rendah dan mendekati standar warna hitam ISO 12647-5.

Komposisi pigmen yang memiliki pencapaian warna paling baik adalah komposisi 35 gram karena memiliki nilai *density* dan $L^*a^*b^*$ yang mendekati standar warna hitam. Selain itu, komposisi 35 gram memiliki nilai ΔE masuk ke dalam rentang toleransi yaitu dibawah 4 dimana nilai ΔE yang semakin rendah berarti warna yang dihasilkan sampel cetak akan semakin mendekati warna standar. Dengan demikian, tinta dari tempurung kelapa dapat digunakan sebagai alternatif tinta sablon karena memiliki pencapaian warna yang mendekati standar warna hitam ISO 12647-5.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan Politeknik Negeri Jakarta yang telah memfasilitasi pengujian dan laboratorium ilmu bahan dan terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ATGMI. 2010. Standar Operasi Cetak. ATGMI: Jakarta.
- [2] Kipphan, Helmut. 2001. Handbook of Print Media. Springer: Heidelberg, Germany.
- [3] Muryeti. 2008. Ilmu Bahan Grafika I. Politeknik Negeri Jakarta: Depok.
- [4] Purnomo, Yudo. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Tinta Serbuk Printer Berbahan Baku Arang Aktif dari Limbah Padat Pengolahan Gambir. Jurnal Litbang Industri Vol. 7 No. 2, Desember 2017: 71-80.
- [5] Rubia dan Bhardwaj, Aman. 2016. Using Natural Harad Powder Ink for Screen Printing on Paper. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology 5(7): July, 2016.
- [6] Salam, Rezky. 2017. Uji Kerapatan, Viskositas dan Tegangan Permukaan Pada Tinta Print Dengan Bahan Dasar Arang Sabut Kelapa. Skripsi Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
- [7] Tavianto, Tedy, dkk. 2007. *Pengetahuan Tinta Cetak*. Pusat Grafika Indonesia-Departemen Pendidikan Nasional: Jakarta.
- [8] Trirat, Pratoomtong. 2015. The Property of Screen Ink from Natural Mordant, Colorant, and Additive for Art. International Journal of Business and Social Science Vol. 6, No. 11; November 2015.
- [9] Wasono, Antonius Bowo, 2008, Teknik Grafika dan Industri Grafika Jilid 1. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Ismadi: Jakarta.
- [10] Wasono, Antonius Bowo, 2008, Teknik Grafika dan Industri Grafika Jilid 2. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Ismadi: Jakarta.

Perubahan Warna Tinta Untuk Kertas Art Carton Dan Ivory Dengan Menggunakan Light Fastness Chamber Xenon

Heribertus Rudi Kusumantoro¹, Mochamad Yana Hardiman¹, dan Yuliyanti Tri¹

¹Program Studi Teknik Grafika, Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan, Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta

Abstrak. Tinta yang dipindahkan ke material cetak akan sangat mempengaruhi warna yang dihasilkan dan tentunya permukaan material yang berbeda-beda tingkat kekasarannya akan mempengaruhi banyaknya tinta yang menempel di substrat. Material kertas *Art Paper* dan *Ivory* memiliki kekasaran yang berbeda akan dilakukan penelitian dan uji tingkat kependarannya dengan menggunakan *Lightfastness Chamber* lampu *Arc Xenon*. Lampu *Arc Xenon* memiliki cahaya yang sifat gelombang elektromagnetik menyerupai sinar matahari sehingga sangat baik digunakan untuk mensimulasikan keadaan lingkungan sekitar. Bioplastik merupakan jenis plastik yang cukup populer dipakai dan diproduksi saat ini karena mulai adanya kesadaran masyarakat tentang akibat buruk dari sampah plastik konvensional kepada lingkungan secara real lampu xenon arc sebagai pengganti sumber cahaya alam yang di simulasikan dalam ruang tertutup dengan kondisi kelembaban dan suhu yang terjaga terjadi. Sehingga didapatkan nilai kelembaban dan temperature optimal untuk pengujian Tinta outdoor dengan aplikasi untuk produk cetak di dalam ruangan.

Kata kunci—*Keputaran Warna, Simulasi Matahari, Xenon Arc , Tinta Outdoor.*

1. PENDAHULUAN

Pada proses cetak kualitas warna adalah hal yang penting. Warna pada cetakan adalah hal penting yang harus diperhatikan. Warna berpengaruh terhadap kualitas atau mutu cetakan itu sendiri. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi kualitas warna pada saat proses mencetak antara lain ketebalan lapisan tinta pada acuan cetak, permukaan kertas atau material cetak, tekanan cetak, kecepatan cetak, dan sifat alir. Salah satu yang mempengaruhi hasil warna pada cetakan adalah kecepatan cetak. Kecepatan cetak menentukan lamanya waktu persinggungan antara bahan cetak dengan tinta cetak. Semakin cepat perputaran mesin semakin singkat waktu persinggungan, sehingga lapisan tinta yang dialihkan semakin tipis. (Wasono, 2008)

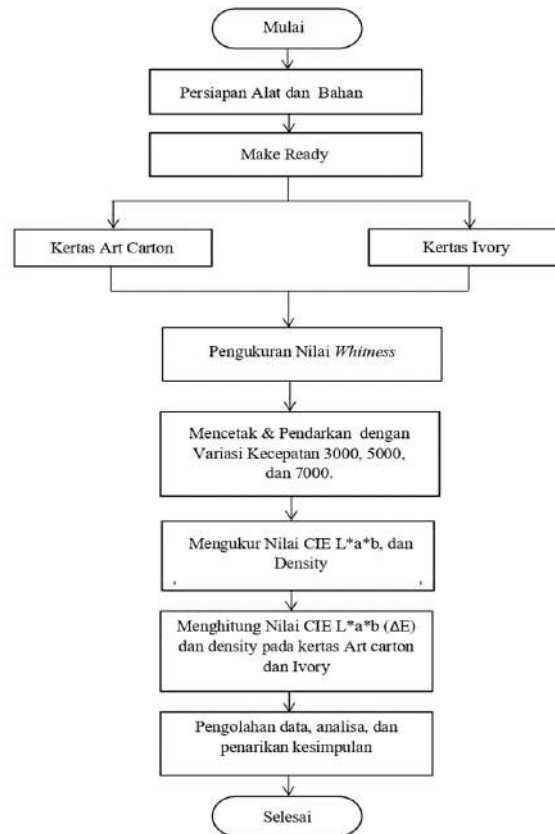
Menurut Antonius Bowo Wasono (2008:335) Permukaan bahan cetak yang lebih halus atau rata akan menghasilkan hubungan dengan unit pencetakan berlangsung lebih sempurna sehingga dengan lapisan tinta yang lebih tipis dapat dipindahkan dengan baik di atas permukaan bahan cetak. Jika kertas bergelombang atau mengeriting dapat terjadi kesulitan pada proses pencetakan karena kertas dicetak melalui garis singgung dua silinder yang saling menekan dengan tekanan yang relatif rendah. Hubungan permukaan bahan cetak dengan tinta cetak lebih banyak ditentukan oleh permukaan bahan cetaknya. Permukaan kertas yang diberi lapisan tertentu (coated paper) daya serapnya akan lebih rendah dan Pada proses pencetakan terjadi proses pembelahan tinta dimana sebagian tinta menempel pada kertas dan sebagian lagi tetap tinggal di kain karet, maka permukaan kertas tidak boleh mudah tercabut serat-seratnya. Tercabutnya serat kertas tersebut karena tinta offset pada umumnya kental dan kaku serta kecepatan cetak yang tinggi.

Dalam Dunia percetakan, ketahanan tinta merupakan hal yang sangat penting, apabila tinta memudar sedikit saja akan menghasilkan warna proses yang berbeda, Tingkat keputaran tersebut dapat terjadi dikarekan perubahan suhu dan kelembaban yang bereaksi dengan tinta secara terus menerus. Penggunaan tinta pada produk cetak yang spesifik, harus diuji secara khusus sesuai dengan berbagai jenis kondisi lingkungan. Pengujian dilakukan pada *Lightfastness Chamber* yang memiliki sumber cahaya khusus dengan menggunakan lampu *Xenon Arc* untuk mensimulasikan pengganti cahaya alami. Tinta yang akan di aplikasikan sebagai obyek uji adalah tintanya outdoor sebagai fokus utama dalam pengujian dikarenakan tinta tersebut akan berinteraksi terhadap gelombang radiasi dari matahari dan kondisi lingkungan terhadap suhu dan kelembaban. Tinta outdoor merupakan CMYK yang akan membentuk warna khusus dengan proporsi yang spesifik, sehingga apabila salah satu dari 4 tinta tersebut akan menghasilkan warna yang berbeda. Pada penelitian sebelumnya oleh Kusumantoro yaitu perancangan *Lightfastness chamber* dapat menggambarkan simulasi kondisi nyata aplikasi tinta dalam kondisi nyata dan dilengkapi pada penelitian ini dengan menguji tinta pada beberapa kertas berbagai permukaan kertas dengan beberapa periode pemendaran cahaya yang divariasikan dalam skala laboratorium.

* Corresponding author: rudi.kusumantoro@grafika.pnj.ac.id

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, yaitu metode pengujian yang bersifat komparatif membandingkan, dan menguraikan data serta informasi yang terdapat dalam penelitian tugas akhir berdasarkan hasil observasi berupa penelitian langsung. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui warna yang dihasilkan dari hasil cetakan menggunakan kertas Art carton 210 *gsm* dan Ivory 260 *gsm* menggunakan tinta CMYK dengan variabel kecepatan mesin yang berbeda yaitu 3000, 5000, dan 7000 lembar per jam dengan menggunakan mesin SM-54 4 warna. Berikut adalah langkah - langkah yang dilakukan dalam penelitian ini:



Gambar 1 Metode Penelitian Analisa Perubahan Warna.

Untuk bahan yang dilakukan proses cetak selain substrat yang ditentukan di atas, juga diproses dengan tinta operasi warna dan air pembasah yang sesuai dengan tinta cetak. Tahapan penelitian dibagi menjadi 2 tahap yaitu:

a. Tahap pengukuran tingkat keputihan

Tahap ini merupakan pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui nilai whiteness dari Art carton dan ivory yang dijadikan bahan penelitian tugas akhir ini. Pengukuran nilai whiteness dilakukan sebelum proses cetak dilakukan menggunakan alat ukur. Hasil ini menjadi tahapan awal pembentukan warna karena warna kertas menjadi pengganti warna kertas.

b. Tahap Cetak massal

Tahap ini merupakan Cetak massal dilakukan setelah proses cetak coba selesai. Dalam proses cetak offset, tebal tipisnya lapisan tinta menentukan kualitas atau mutu cetakan. Jika lapisan tintanya tebal, maka akan menghasilkan density yang tinggi, tetapi jika lapisan tinta tipis, maka akan menghasilkan density yang rendah. Cetak massal ini menggunakan variasi kecepatan 3000, 5000, dan 7000 lembar per jam.

c. Tahap Pemendaran Tinta

Proses pemendaran warna dilakukan dengan menggunakan *Lightfastness Chamber Arc Xenon* dengan menjalankan pengujian selama 20 jam dan 40 jam.

d. Tahap Pengukuran hasil

Pengukuran warna dilakukan dengan membandingkan nilai density warna tinta untuk setiap warna prosesnya yaitu cyan, magenta, kuning, dan hitam. Setiap hasil cetak pada satuan waktu 0 jam, 20 jam, dan 40 jam dilakukan perhitungan pada color bar ink zone 1.

3. ANALISIS HASIL

3.1 Perubahan kecepatan terhadap nilai Density Hasil cetak pada kertas Art carton dan Ivory

Dari hasil cetak dengan kecepatan mesin yang berbeda Kecepatan mesin 3000, 5000, dan 7000 lembar per jam menghasilkan nilai density warna hasil cetakan yang berbeda juga. Density warna adalah suatu nilai yang menyatakan kepekatan atau kehitaman dari pengukuran lapisan film atau tinta yang mewakili jumlah cahaya yang dipantulkan dari lembar yang dicetak, nilai yang didapat adalah nilai yang bentuknya relative . Rata-rata nilai density masing-masing warna cyan, magenta , yellow, dan black adalah sebagai berikut :

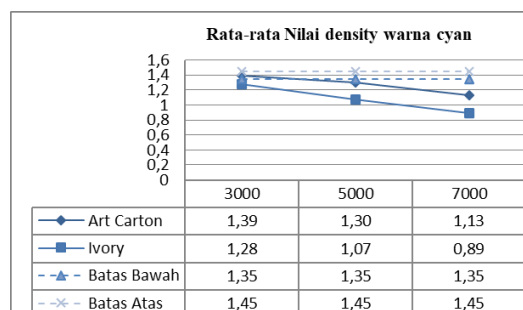
3.1.1 Hasil nilai density warna cyan pada cetakan Art carton dan ivory

Pada Tabel 4.1 terlihat nilai density warna cyan yang dihasilkan pada kecepatan 3000 lembar per jam , 5000 lembar per jam dan 7000 lembar per jam.

Tabel 1 Nilai rata-rata density warna cyan pada hasil cetakan art carton dan ivory.

Warna	Kecepatan		
	3000	5000	7000
Art Carton	1.39	1.30	1.13
Ivory	1.28	1.07	0.89
Batas Bawah	1.35	1.35	1.35
Batas Atas	1.45	1.45	1.45

Pada tiap perubahan kecepatan terjadi penurunan warna density pada art carton dan ivory. Setiap perubahan kecepatan mesin nilai density yang dihasilkan mengalami penurunan.



Gambar 2 Grafik Nilai Rata-rata Hasil density warna cyan pada cetakan art carton dan ivory.

Pada gambar 2 menunjukkan nilai density warna cyan yang dihasilkan pada art carton dan ivory. Pada Standar ISO 12467-2 nilai density yang baik untuk warna cyan ada pada 1.4 ± 0.5 yang menandakan nilai density yang standar menurut ISO ada pada 1.35 sampai 1.45 untuk warna cyan. Nilai density yang dihasilkan pada kecepatan 3000 lembar per jam pada art carton 1.39 dan ivory 1.28. Pada ivory dibawah nilai standar ISO.

Hal ini disebabkan karena karakteristik kertas yang digunakan. Art carton memiliki warna dasar kertas yang putih dengan nilai whitness rata-rata 102.55, sedangkan pada kertas ivory memiliki warna dasar yang buram atau kekuningan dengan nilai whitness 81.12. Pada saat proses cetak nilai inkzone tinta yang digunakan sama dengan nilai inkzone yang digunakan pada kertas art carton sehingga ini menyebabkan nilai density yang dihasilkan tidak sesuai. Pada kecepatan 5000 lembar per jam nilai density yang dihasilkan mengalami penurunan 0.21 pada art carton dan ivory 0.09. Pada kecepatan 7000 lembar per jam pada kertas art carton dan ivory mengalami penurunan yang jauh dari standar yaitu menjadi 1.13 dan 0.89. Hal ini disebabkan karena Semakin cepat kecepatan mesin maka semakin sedikit tinta yang teralihkan pada material cetak. Selain itu, Derajat putih kertas sangat besar pengaruhnya terhadap kecerahan warna hasil cetak karena semakin putih kertas semakin baik keseimbangan warna yang dihasilkan.

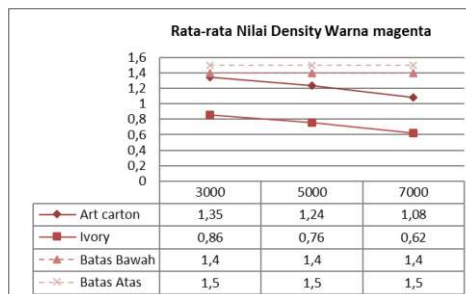
3.1.2 Hasil nilai density warna Magenta pada cetakan Art carton dan ivory

Pada Tabel 2 menunjukkan nilai density warna magenta. Pada setiap perubahan kecepatan mesin menunjukkan nilai penurunan warna density yang dihasilkan oleh kertas art carton dan ivory.

Tabel 2 Nilai Rata-rata density warna Magenta pada hasil cetakan art carton dan ivory.

Warna	Kecepatan		
	3000	5000	7000
Art Carton	1.35	1.24	1.08
Ivory	0.86	0.76	0.62
Batas Bawah	1.4	1.4	1.4
Batas Atas	1.5	1.5	1.5

Hal ini menunjukan bahwa kecepatan mesin dapat mempengaruhi warna yang dihasilkan pada hasil cetak. Semakin cepat kecepatan mesin maka semakin sedikit tinta yang teralihkan pada material cetak. Semakin cepat perputaran mesin semakin singkat waktu persinggungan, sehingga lapisan tinta yang dialihkan semakin tipis. Kecepatan cetak dapat mempengaruhi proses pengalihan tinta ke bahan atau material cetak



Gambar 3 Grafik Nilai rata-rata Hasil density warna Magenta pada cetakan art carton dan ivory.

Pada gambar 3 grafik Nilai density yang baik untuk warna magenta 1.45 ± 0.05 sesuai dengan standar ISO 12467-2. Pada kecepatan 3000 lembar per jam nilai density pada art carton yaitu 1.35. Pada kecepatan 3000 lembar per jam nilai density yang dihasilkan oleh kertas ivory yaitu 0.86.

Pada kecepatan 5000 lembar per jam terjadi penurunan warna pada kertas art carton sebesar 1.24 dan pada kertas ivory sebesar 0.76. Pada kecepatan 7000 lembar per jam terjadi penurunan warna density pada art carton dan ivory yang menyimpang jauh dari standar ISO yaitu 1.08 dan 0.62 pada art carton dan ivory.

Hal dikarenakan nilai inkzone pada kecepatan 5000 lembar per jam dan 7000 lembar per jam menggunakan nilai inkzone pada cetakan 3000 lembar per jam. Hal ini juga menunjukkan bahwa kecepatan mesin berpengaruh terhadap nilai density yang dihasilkan. Semakin cepat kecepatan mesin maka semakin sedikit tinta yang teralihkan pada material cetak.

3.1.3 Hasil nilai density warna Yellow pada cetakan Art carton dan ivory

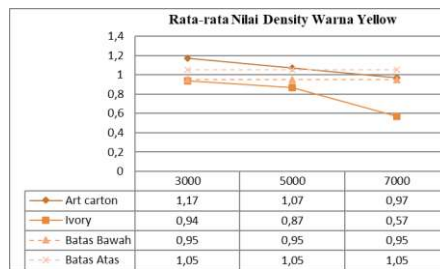
Pada tabel 3 dibawah terlihat nilai density warna yellow yang dihasilkan oleh kertas art carton dan ivory.

Tabel 3 Rata-rata density warna Yellow pada cetakan art carton dan ivory.

Warna	Kecepatan		
	3000	5000	7000
Art Carton	1.17	1.07	0.97
Ivory	0.94	0.87	0.57
Batas Bawah	0.95	0.95	0.95
Batas Atas	1.05	1.05	1.05

Pada kecepatan 3000 lembar per jam nilai density art carton diatas standar ISO sedangkan nilai density yang dihasilkan oleh kertas ivory sesuai dengan standar ISO. Pada kecepatan 5000 lembar per jam dan kecepatan 7000 lembar per jam nilai density yang dihasilkan kertas art carton sesuai dengan standar. Sedangkan nilai density yang dihasilkan kertas ivory jauh dari standar ISO.

Kecepatan cetak menentukan lamanya waktu persinggungan antara bahan cetak dengan tinta cetak. Semakin cepat perputaran mesin semakin singkat waktu persinggungan, sehingga lapisan tinta yang dialihkan semakin tipis. Kecepatan cetak dapat mempengaruhi proses pengalihan tinta ke bahan/material cetak. Akan tetapi, material cetak atau kertas juga dapat mempengaruhi warna pada hasil cetakan.



Gambar 4 Grafik Nilai Rata-rata density warna Yellow pada cetakan art carton dan ivory.

Pada gambar 4 terlihat grafik hasil density cetakan warna yellow kecepatan 3000 lembar per jam pada art carton yaitu 1.17 di atas Standar ISO dan ivory 0.94 sesuai standar ISO. Nilai rata-rata whiteness pada Art carton yaitu 102.55 dan pada ivory 81.12. Hal ini menunjukkan bahwa Derajat putih kertas sangat besar pengaruhnya terhadap kecerahan warna hasil cetak karena semakin putih kertas semakin baik keseimbangan warna yang dihasilkan.

Pada kecepatan 5000 lembar per jam dan 7000 lembar per jam nilai density yang dihasilkan kertas art carton sesuai dengan standar ISO yaitu 1.07 dan 0.97, sedangkan pada kertas ivory warna yang dihasilkan menurun jauh dibawah standar ISO yaitu 0.87 pada 5000 lembar per jam dan 0.57 pada 7000 lembar per jam.

Hal ini menunjukkan bahwa nilai density yang dihasilkan warna yellow cenderung gelap. Tinta yang dialihkan pada material kertas art carton menunjukkan banyak tinta yang teralihkan sehingga nilai density yang dihasilkan tinggi pada art carton.

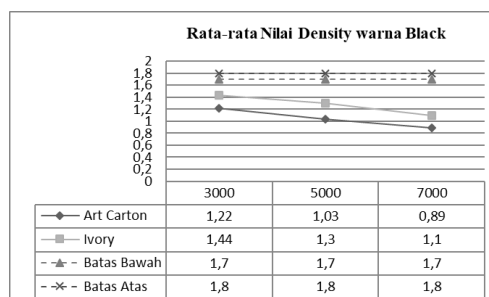
3.1.4 Hasil nilai density warna Black pada cetakan Art carton dan ivory

Pada tabel 4 dibawah ini menunjukkan nilai density warna black pada cetakan kertas art carton dan ivory.

Tabel 4 Nilai Rata-rata density warna Black pada cetakan art carton dan ivory.

Warna	Kecepatan		
	3000	5000	7000
Art Carton	1.22	1.03	0.89
Ivory	1.44	1.3	1.1
Batas Bawah	1.7	1.7	1.7
Batas Atas	1.8	1.8	1.8

Kecepatan cetak menentukan lamanya waktu persinggungan antara bahan cetak dengan tinta cetak. Kecepatan cetak dapat mempengaruhi proses pengalihan tinta ke bahan atau material cetak.



Gambar 5 Grafik Nilai Rata-rata Hasil density warna Black pada cetakan art carton dan ivory.

Pada gambar 5 terlihat grafik nilai pada kecepatan 3000 lembar per jam nilai density yang dihasilkan pada art carton dan ivory dibawah nilai standar ISO 1.75 ± 0.05 . Nilai density yang di hasilkan art carton 1.22 dan nilai density yang dihasilkan ivory 1.44.

Pada kecepatan 5000 lembar/jam dan 7000 lembar/jam nilai density terus mengalami penurunan warna yang jauh dari standar. Hal ini disebabkan karena Semakin cepat perputaran mesin semakin singkat waktu persinggungan, sehingga lapisan tinta yang dialihkan semakin tipis.

Pada saat proses cetak nilai inkzone yang digunakan sama dengan nilai inkzone yang digunakan pada saat melakukan proses cetak pada kecepatan 3000 lembar per jam tanpa merubah setingan mesin yang ada. Pada saat mencetak warna black terjadi masalah pada mesin. Kondisi mesin yang belum dilakukan maintenance ini yang menyebabkan nilai yang dihasilkan jauh dari standar.

Unit tinta warna black mengalami masalah pada rol jilat tinta, pada awal cetak rol jilat tinta tidak bisa mengambil tinta dengan sempurna sehingga ini yang menyebabkan warna yang dihasilkan jauh dari standar. Selain itu, proses cetak yang seharusnya dilakukan 1 kali naik cetak harus dilakukan 2 kali naik cetak pada mesin SM-52. Sehingga warna yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar.

Komposisi pigmen yang memiliki pencapaian warna paling baik adalah komposisi 35 gram karena memiliki nilai *density* dan $L^*a^*b^*$ yang mendekati standar warna hitam. Selain itu, komposisi 35 gram memiliki nilai ΔE masuk ke dalam rentang toleransi yaitu dibawah 4 dimana nilai ΔE yang semakin rendah berarti warna yang dihasilkan sampel cetak akan semakin mendekati warna standar. Dengan demikisn, tinta dari tempurung kelapa dapat digunakan sebagai alternatif tinta sablon karena memiliki pencapaian warna yang mendekati standar warna hitam ISO 12647- 5.

3.2 Perubahan warna pendaran warna

Setelah proses cetak dijalankan akan dipendarkan tintanya dengan menggunakan *Lightfastness Chamber Arc Xenon* dengan diukur *density* dengan dihasilkan perbedaan warna dengan waktu pendaran 20 jam dan 40 jam sebagai berikut :

Tabel 5 Perbedaan density CMYK.

Nilai density vs jam	0	20	40
Art carton cyan	1,39	1,32	1,25
Ivory cyan	1,28	1,18	1,1
Art carton magenta	1,35	1,3	1,27
Ivory magenta	0,86	0,78	0,73
Art carton yellow	1,17	1,1	1,01
Ivory yellow	0,94	0,74	0,64
Art carton black	1,22	1,2	1,19
Ivory black	1,44	1,4	1,37



Gambar 6 Perbedaan density CMYK.

Dengan melihat perbedaan warna ini didapatkan perubahan warna yang paling besar adalah warna kuning yang dihasilkan pigmen warna yang berbeda-beda. Warna kuning yang memiliki nilai tackiness yang paling rendah akan menghasilkan kelengketan tinta yang paling rendah apalagi untuk kertas Ivory yang memiliki kekasaran permukaan yang lebih tinggi dari pada kertas Art Paper.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan Politeknik Negeri Jakarta yang telah memfasilitasi penelitian dengan segala peralatan dan perlengkapan cetak di Bengkel Cetak Teknik Grafika dan Penerbitan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. N. Sucipta, K. Suriasih, and P. K. D. Kenacana , (2017) “Pengemasan pangan kajian pengemasan yang aman, nyaman, efektif dan efisien,” Udayana Univ. Press, pp. 1– 178, 2017.
- [2] B. Bahrami and P. Jafari, “Paper recycling, directions to sustainable landscape, (2020) ” *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 17, no. 1, pp. 371–382, 2020, doi: 10.1007/s13762- 019-02354-y.
- [3] T. S. Gaaz et al., (2015) “Properties and applications of polyvinyl alcohol, halloysite nanotubes and their nanocomposites,” *Molecules*, vol. 20, no. 12, pp. 22833–22847, 2015, doi: 10.3390/molecules201219884.
- [4] M. Maryam, D. Rahmad, and Y. Yunizurwan, (2019) “Sintesis Mikro Selulosa Bakteri Sebagai Penguat (Reinforcement) Pada Komposit Bioplastik Dengan Matriks PVA (Poli Vinil Alkohol),” *J. Kim. Dan Kemasan*, vol. 41, no. 2, p. 110, 2019, doi: 10.24817/jkk.v41i2.4055.
- [5] M. Roohani, Y. Habibi, N. M. Belgacem, G. Ebrahim, A. N. Karimi, and A. Dufresne, (2008)“Cellulose whiskers reinforced polyvinyl alcohol copolymers nanocomposites,” *Eur. Polym. J.*, vol. 44, no. 8, pp. 2489–2498, 2008, doi: 10.1016/j.eurpolymj.2008.05.024.
- [6] E. Julianti and M. Nurminah, “Buku Ajar Teknologi Pengemasan Pangan. (2006)” DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS SUMATERA UTARA, 2006.
- [7] Fleming, PD (2007), Lightfastness properties of different digital printers and papers, *International Conference on Digital Printing Technologies*. Pages 504-973., pp. 739- 742(4)
- [8] W. Pivsa-Art, K. Fujii, K. Nomura, Y. Aso, H. Ohara, and H. Yamane,(2016) “The effect of poly(ethylene glycol) as plasticizer in blends of poly(lactic acid) and poly(butylene succinate),” *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 133, no. 8, p. n/a-n/a, Feb. 2016, doi: 10.1002/app.43044.
- [9] Lopes, Fernando (2005). Fast Surface Grading Using Color Statistics in the CIE Lab Space, *Iberian Conference on Pattern Recognition and Image Analysis*.
- [10] H. Marseno, W.D., Maria S. Medho.,(2010) “Pengaruh Umur Panen Rumput Laut *Euचेuma cottonii* Terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Fungsional Karagenan,” *Agritech*, vol. 30, no. 4, p. 8961, 2010.
- [11] Komda Saharja., Siti Aisyah2., (2020) “EFEKTIFITAS DIGITAL PRINTING (PENCETAKAN DIGITAL) DALAM MENGHASILKAN PRODUK CETAK DAN PENGARUHNYA TERHADAP KONSUMEN,” *Politeknik Negeri Media Kreatif, Medan ISSN 1978-3787*
- [12]Mitra Walidain., Ira Devi Sara., Mahdi Syukri., (2018) “Perancangan Sistem Penerangan LED Sebagai Sumber Cahaya Pada Pengujian Modul Surya” *Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala e-ISSN: 2252-7036 Vol.3 No.2 2018: 46-52*
- [13]Riries Rulaningtyas 1, Andriyan B. Suksmono.Tati L. R. Mengko.,G. A. Putri Saptawati.,(2015) “Segmentasi Citra Berwarna dengan Menggunakan Metode Clustering Berbasis Patch untuk Identifikasi *Mycobacterium Tuberculosis*,” *Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung Vol. 17 (2015) pp*
- [14]Romi Kusbani., Tedy Tavianto., Yessy Yerta Situngkir., Mawan Nugraha., (2019) “PERBANDINGAN KUALITAS TINTA CETAK OFSET YANG ADA DI PASARAN ,” *Teknik Grafika, Politeknik Negeri Media Kreatif, Indonesia Vol. 2, No. 1, April 2019, hal. 14-23*

Sistem Informasi Akademik SDN Bojonggede 06

Muhammad Fadly¹, Ionia Veritawati¹, Desti Fitriati¹

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

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk membantu serta mendukung penyelenggaraan pendidikan agar fasilitas dan pelayanan informasi memadai, optimal dan lebih baik. Selain itu, pihak sekolah merasa kesulitan dalam mengelola data sekolah karena masih menggunakan cara manual untuk mengatasinya. Sistem informasi akademik ini dapat diakses kapanpun dan dimanapun penggunaanya berada tanpa adanya batasan tempat dan waktu. Sistem informasi akademik ini dikembangkan menggunakan metode Waterfall. Sistem informasi akademik ini memiliki 3 jenis pengguna yaitu admin, guru, dan orang tua siswa. Fitur yang terdapat pada sistem informasi akademik ini dapat mendukung pengelolaan data siswa, guru, staff, pimpinan, kelas, mata pelajaran, jadwal pelajaran, absensi, nilai dan raport. Dengan menggunakan sistem informasi akademik ini dapat mengoptimalkan informasi yang diterima antara orang tua siswa dan pihak sekolah.

Kata kunci—*Akademik, Informasi Teknologi, Sistem Informasi, Waterfall*

1. PENDAHULUAN

Pendidikan yang dapat menunjang di masa depan adalah pendidikan yang memfokuskan pengembangan potensi siswa sehingga memiliki kemampuan dalam menghadapi dan memecahkan masalah yang ditemui. Keberhasilan program pendidikan melalui KBM (kegiatan belajar mengajar) di instansi pendidikan formal seperti sekolah dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya peserta didik, kurikulum, tenaga pendidik, biaya, sarana dan prasarana, serta faktor lingkungan. Terpenuhinya faktor-faktor tersebut menjadi salah satu penentu kelancaran proses belajar mengajar yang akan berdampak pada kenaikan pencapaian hasil belajar secara maksimal, sehingga terjadi peningkatan kualitas pendidikan. Namun apabila faktor-faktor tersebut belum terpenuhi secara lengkap atau mengalami kendala, maka dapat menimbulkan beberapa permasalahan dalam proses pembelajaran yang dapat memengaruhi kualitas pendidikan yang diberikan [1].

Sebagai salah satu instansi pemerintah dalam bidang pendidikan, sekolah melakukan pengolahan data dalam jumlah yang besar, baik data siswa, data guru, maupun data staf sekolah. Selain jumlahnya yang besar, data tersebut juga dapat berubah sewaktu-waktu, sehingga penyimpanan dan pengadministrasian data harus dikelola dengan baik dan termutakhir. Kegiatan dalam kehidupan saat ini tidak terlepas dari kebutuhan teknologi informasi sehingga membuat hampir semua hal dapat diakses secara online dimanapun dan kapanpun. Namun, belum semua sekolah memanfaatkan teknologi informasi dalam pelaksanaannya, sedangkan peluang pengembangan pendidikan dengan teknologi informasi sangat besar [2].

Salah satu contoh sekolah yang belum menerapkan teknologi sistem informasi untuk pengelolaan kegiatan belajar mengajar adalah SDN Bojonggede 06 yang berlokasi di kabupaten Bogor. Saat ini SDN Bojonggede 06 masih menggunakan cara konvensional dalam pengelolaan data akademik, yaitu pencatatan dimana setiap guru mata pelajaran menulis nilai siswa pada selembar kertas, lalu mengirimkannya ke wali kelas, setelah itu wali kelas mencatat nilai kedalam rapor. Prosedur yang dilakukan SDN Bojonggede 06 dalam mengelola nilai siswanya cukup memakan waktu. Selain itu, pihak sekolah juga kesulitan dalam mengelola nilai. Belum optimalnya prosedur pengelolaan nilai di SDN Bojonggede 06 menjadi kendala bagi guru-guru, khususnya dalam mencari nilai siswa, memperbaharui nilai siswa, dan menjumlahkan nilai siswa. Kendala ini juga mengakibatkan terbatasnya informasi tentang nilai siswa yang seharusnya disampaikan kepada orang tua atau wali murid, sehingga informasi mengenai perkembangan siswa di sekolah tidak tersampaikan dengan baik.

Prosedur pengelolaan nilai yang konvensional juga rentan terhadap berbagai bentuk kesalahan, baik kesalahan teknis maupun *human error* seperti data yang hilang atau rusak yang mempengaruhi proses penilaian siswa. SDN Bojonggede 06 memerlukan sebuah sistem informasi yang dapat membantu dalam pengelolaan

*Corresponding author: mhmdfadly11@gmail.com

informasi akademik seperti pengolahan data siswa beserta data nilainya, data guru, data staff, dan lain-lain yang dapat diakses secara cepat dan mudah dari mana saja.

Berdasarkan masalah yang telah disebutkan diatas, maka diperlukan sebuah sistem informasi akademik di Sekolah Dasar Negeri 06 Bojonggede yang dapat mengelola data nilai siswa, data guru, data staff, data absensi, dan menampilkan informasi nilai pada website. Dengan adanya sistem informasi akademik, SDN Bojonggede 06 dapat memanfaatkan fitur-fitur yang ada, terutama untuk guru dan wali kelas yang dapat melakukan pengolahan data nilai siswa melalui sistem informasi akademik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

a. Sistem

Sistem dalam bahasa Latin dan Yunani memiliki arti sebuah kesatuan yang terdiri atas elemen-elemen atau faktor-faktor yang saling berinteraksi untuk menunjang sirkulasi informasi, subjek, maupun daya dengan tujuan untuk mencapai suatu keinginan [3].

b. Informasi

Informasi yaitu himpunan data atau fakta yang diproses ke dalam bentuk yang mudah dipahami dan memiliki manfaat bagi penerimanya. Arti kata “informasi” berbeda dengan “data”. Data berarti fakta yang bersifat mentah atau belum melewati proses pengolahan, sementara informasi adalah bentuk final dari data yang telah diolah [3].

c. Sistem Informasi

Sistem informasi yaitu sebuah sistem yang terdiri atas kombinasi dari sekumpulan orang, fasilitas, teknologi, cara kerja dan method yang bertujuan untuk menciptakan alur komunikasi serta pemrosesan berbagai jenis event internal dan eksternal sebagai acuan dalam pengambilan keputusan [4].

d. Sistem Informasi Akademik

Sistem informasi akademik yaitu sebuah sistem yang terdiri atas kombinasi dari people (orang), fasilitas, teknologi, maupun cara kerja atau method yang bertujuan untuk memudahkan alur komunikasi dan memproses berbagai jenis kejadian internal dan eksternal yang akan dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan [5].

3. PEMBAHASAN

a. Analisis Sistem

Permasalahan yang terjadi di SDN Bojonggede 06 adalah pemrosesan yaitu akumulasi nilai tugas harian, ulangan, dan absensi siswa hingga dapat diperoleh nilai akhir mata pelajaran yang masih dilakukan secara manual menggunakan Microsoft Excel. penyerahan data nilai oleh masing-masing guru mata pelajaran ke wali kelas juga menggunakan media *whatsapp* yang menyebabkan data yang ada tidak terorganisir sehingga meningkatkan kemungkinan kehilangan atau kerusakan data. Berdasarkan permasalahan tersebut, dirumuskan analisis kebutuhan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Kebutuhan

No	Kebutuhan Fungsional	Data
1	Manajemen Siswa	Nama siswa, NISN, alamat, jenis kelamin, tanggal lahir, wali murid
2	Manajemen Guru atau Wali Kelas	Nama guru, NIP, alamat, tanggal lahir, jenis kelamin
3	Manajemen Staf	Nama staf, NIP, alamat, tanggal lahir, jenis kelamin
4	Manajemen Data Mata Pelajaran	Nama mata pelajaran, kode, semester, dan tahun ajaran
5	Manajemen Presensi Guru	Daftar kehadiran Guru
6	Manajemen Penulisan Rapot	Daftar nilai siswa per mata

Setelah dilakukan analisis pada permasalahan yang diuraikan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa SDN Bojonggede 06 membutuhkan sebuah sistem informasi yang dapat memfasilitasi pengguna, yaitu civitas sekolah (guru) dan orangtua siswa dalam pengolahan data dan nilai serta pemantauan hasil belajar siswa, sehingga proses bisnis yang dijalankan di sekolah secara keseluruhan dapat diotomatisasi agar dapat memudahkan pengguna. Data yang telah diperoleh berdasarkan analisis kebutuhan fungsional kemudian diolah dengan metode *waterfall* yang memiliki tahapan-tahapan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode *Waterfall*

Tahap pertama dalam metode *Waterfall* adalah komunikasi yang bertujuan untuk mengetahui kebutuhan dalam perancangan sistem informasi akademik dengan melakukan survei dan wawancara ke calon pengguna dengan sebelumnya melakukan observasi dan pengambilan data kebutuhan pengguna ke pihak SDN Bojonggede 06.

Selanjutnya akan dilakukan perencanaan dan pemodelan sistem yang bertujuan untuk memberikan gambaran sistem yang akan dibuat kepada pengguna, berupa *mock up website* yang disertai dengan fitur-fiturnya, rancangan basis data, alur kerja, dan hal-hal teknis lainnya. Jika aplikasi dan *website* sudah memenuhi kebutuhan maka langkah selanjutnya dapat dilakukan. Jika tidak, maka langkah selanjutnya tidak dapat dilakukan sampai dapat disetujui oleh kedua pihak.

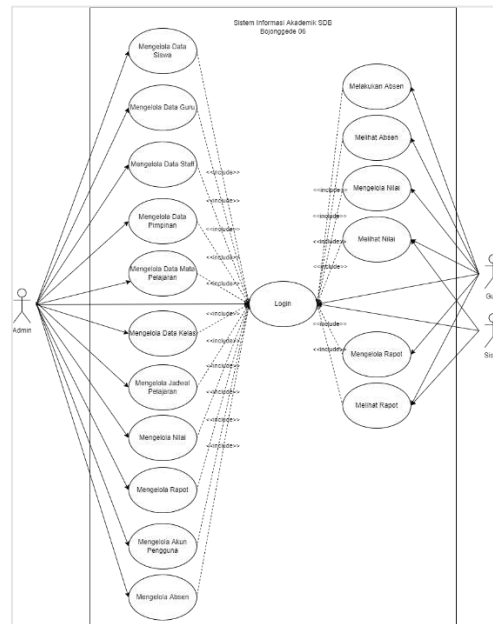
Setelah perencanaan dan pemodelan disepakati, maka rancangan tersebut akan diterjemahkannya kedalam bahasa pemrograman. Bahasa yang digunakan penulis yaitu bahasa pemrograman PHP *framework* Laravel 8 untuk memaksimalkan penggunaan PHP dalam *development website*.

Jika sistem telah siap digunakan, langkah selanjutnya yaitu melakukan pengujian, untuk mengidentifikasi kesalahan dalam sistem untuk kemudian dilakukan perbaikan. Pada langkah pengujian ini, penulis menggunakan metode *Blackbox* untuk mengetahui kesesuaian fungsi, masukan, dan keluaran yang dihasilkan sistem dengan kebutuhan pengguna. Pengguna melakukan evaluasi atas sistem yang telah dibuat untuk mengetahui persentase kepuasan pengguna dalam hal fungsionalitas sistem.

Setelah dilakukan pengujian, sistem akan diserahkan ke pengguna. Pada tahap ini, pemeliharaan dan pengembangan sistem lanjutan juga dapat dilakukan berdasarkan umpan balik yang diperoleh.

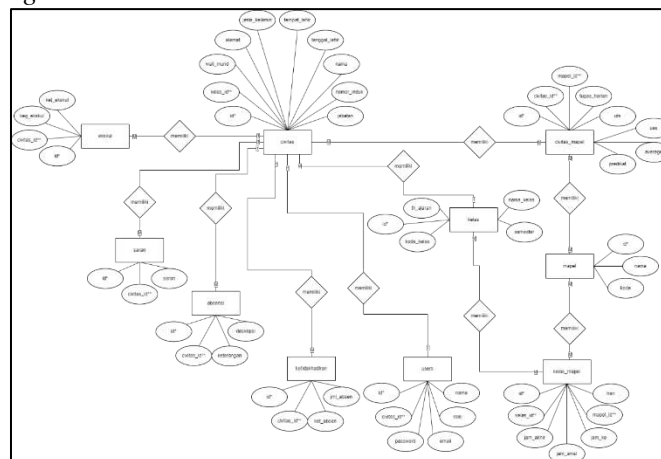
b. Pemodelan Sistem

1) Use Case Diagram



Gambar 2. Use Case Diagram

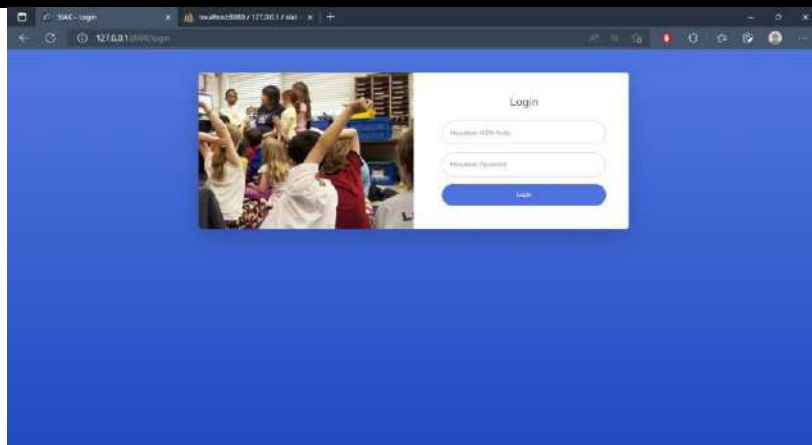
2) Entity Relationship Diagram



Gambar 3. Entity Relationship Diagram

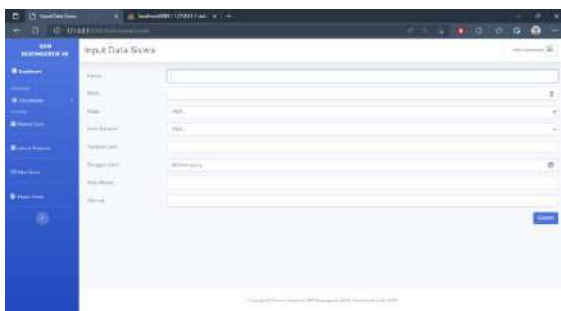
c. Implementasi Sistem

1) Halaman Login

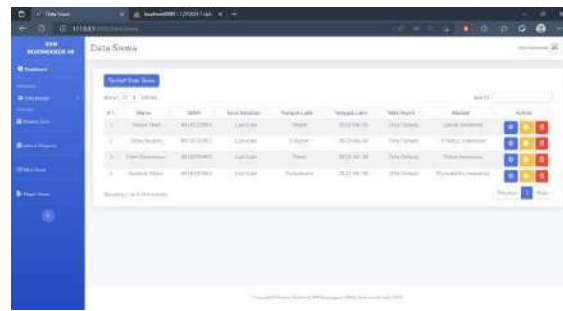


Gambar 4. Halaman Login

2) Halaman Data



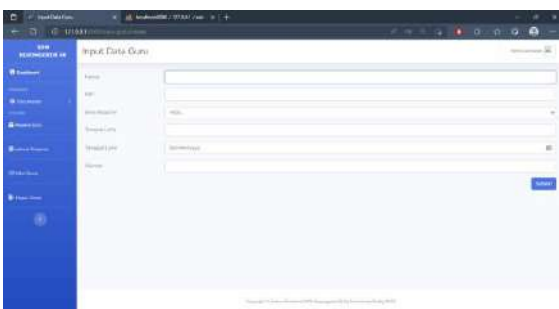
(a)



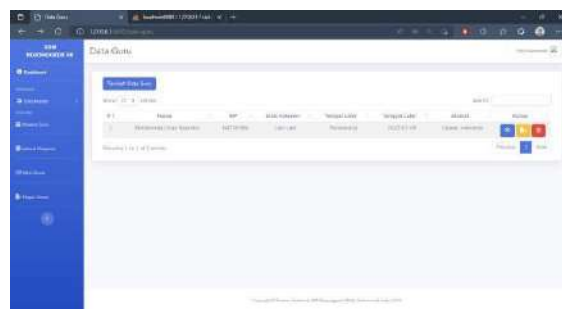
(b)

Gambar 5. Halaman Data Siswa : (a) Masukan; (b) Keluaran

3) Halaman Data Guru



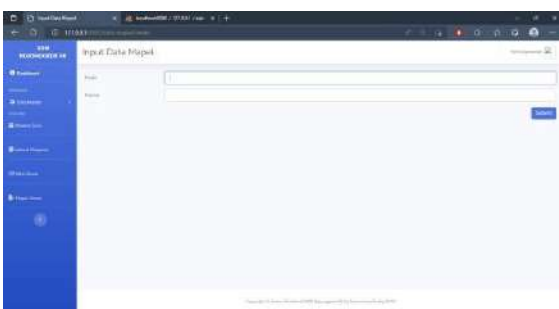
(a)



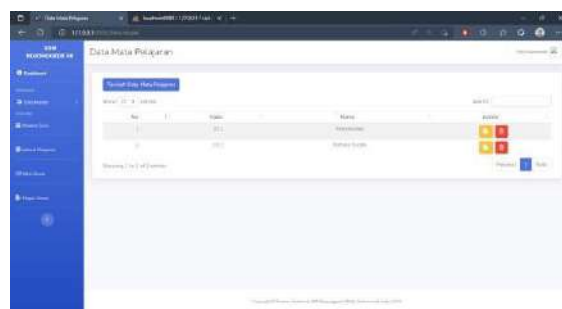
(b)

Gambar 6. Halaman Data Guru : (a) Masukan; (b) Keluaran

4) Halaman Data Pelajaran



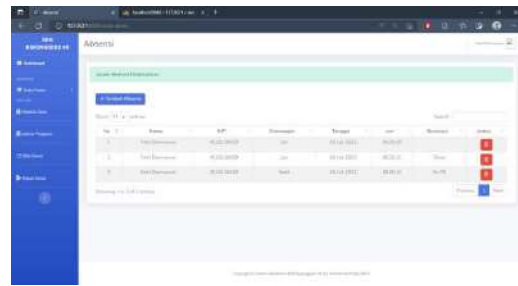
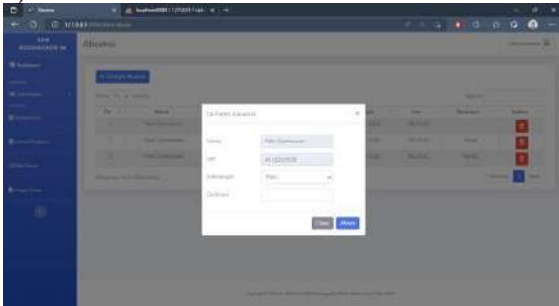
(a)



(b)

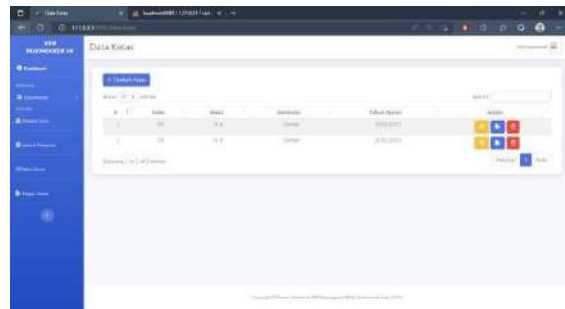
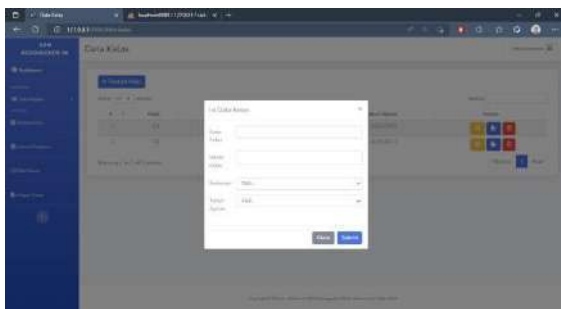
Gambar 7. Halaman Data Pelajaran : (a) Masukan; (b) Keluaran

5) Halaman Data Kelas



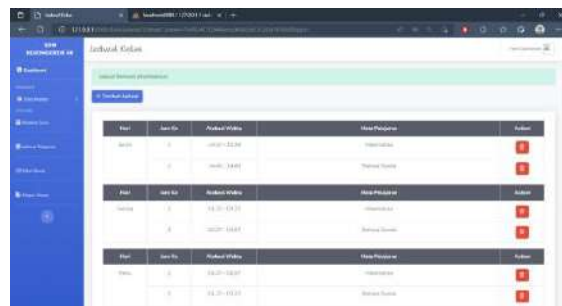
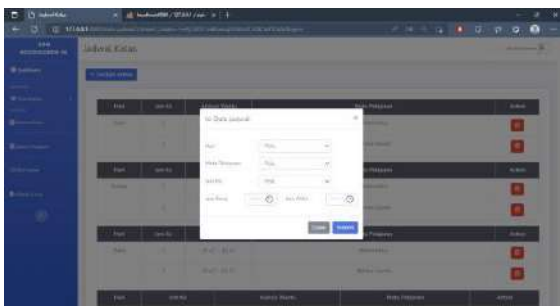
(a) (b)
Gambar 8. Halaman Data Kelas : (a) Masukan; (b) Keluaran

6) Halaman Data Absensi



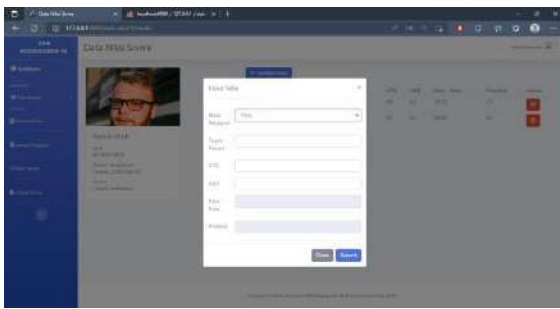
(a) (b)
Gambar 9. Halaman Data Absensi : (a) Masukan; (b) Keluaran

7) Halaman Data Jadwal Pelajaran

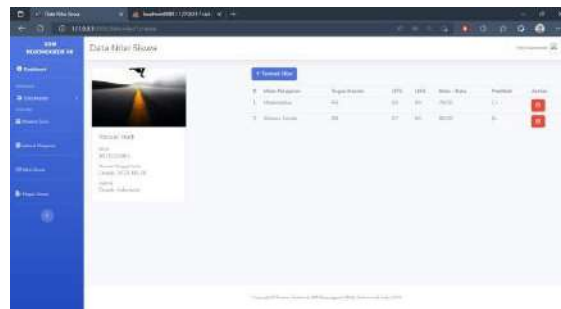


(a) (b)
Gambar 10. Halaman Data Jadwal Pelajaran : (a) Masukan; (b) Keluaran

8) Halaman Data Nilai



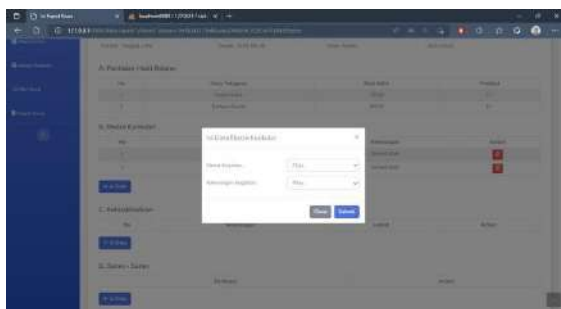
(a)



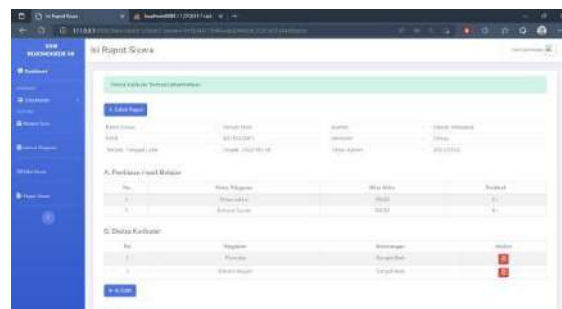
(b)

Gambar 11. Halaman Data Nilai : (a) Masukan; (b) Keluaran

9) Halaman Data Rapor



(a)



(b)

Gambar 12. Halaman Data Rapor : (a) Masukan; (b) Keluaran

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemodelan dan perancangan sistem informasi akademik di SDN Bojonggede dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Sistem informasi akademik di SDN Bojonggede 06 dapat memfasilitasi penggunaanya dalam melakukan pengolahan nilai siswa.
2. Sistem ini dapat memudahkan guru dan wali kelas dalam otomatisasi proses penulisan rapor siswa.
3. Sistem ini mampu mengurangi resiko dalam proses penyimpanan data dan meminimalisir kesalahan yang dapat terjadi saat mengelola data.
4. Sistem ini membantu pengguna dalam melakukan pencarian data dan pengurutan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maha, F. A. (2018). Pentingnya Memahami Perkembangan Peserta Didik Dalam Meningkatkan Minat Belajar Siswa Di SD IT Ummi Darussalam Bandar Setia Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang Tahun Ajaran 2017/2018 (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan).
- [2] Salsabila, U. H., Sari, L. I., Lathif, K. H., Lestari, A. P., & Ayuning, A. (2020). Peran Teknologi Dalam Pembelajaran di Masa Pandemi Covid19. *Al-Mutharahah: Jurnal Penelitian Dan Kajian Sosial Keagamaan*, 17(2), 188-198.
- [3] Cahyadi, C. M., & Susanto, G. (2020). Rancang Bangun Sistem Informasi Bimbingan Konseling Di SMK Tamansiswa Mojokerto Berbasis Web Menggunakan Model Waterfall. *Rainstek: Jurnal Terapan Sains dan Teknologi*, 2(1), 61-70.
- [4] Irawan, I. (2018). Pengembangan Sistem Informasi Akademik Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai Riau. *Jurnal Teknologi Dan Open Source*, 1(2), 55-66.
- [5] Simarmata, J., Taufiq, M. E., Sidik, J., Saputra, R. W., Hapsah, S., Sari, A. C., ... & Monalisa, F. (2020). Pengantar Manajemen Sistem Informasi. Yayasan Kita Menulis.
- [6] Anam, K., & Muharram, A. T. (2018). Analisa Dan Perancangan Sistem Informasi Akademik Berbasis Web Pada Mi Al-Mursyidiyyah Al- 'Asyirtussyafi'Iyyah. *Jurnal Teknik Informatika*, 11(2), 207-217

Sistem Pendukung Keputusan Untuk Pemilihan Penerima Bantuan Sosial Menggunakan Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dan *Profile Matching* Berbasis Web

Fahri Darmawan^{1*} dan Desti Fitriati¹

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

Abstrak. Kemiskinan merupakan salah satu masalah utama dalam negara berkembang seperti Indonesia. Untuk menanggulangi kemiskinan tersebut ada beberapa cara, salah satunya adalah dengan pemerintah memberikan bantuan sosial kepada masyarakat yang membutuhkan. Namun, pemberian bantuan sosial tersebut malah menimbulkan permasalahan baru, yaitu sebagian besar masyarakat setuju bahwa penerimaan bantuan sosial kurang tepat sasaran. Oleh karena itu, dibutuhkanlah suatu Sistem yang dapat mengolah data dengan baik. Pada penelitian ini akan membahas tentang pembuatan Sistem Pendukung Keputusan untuk Pemilihan Penerima Bantuan Sosial tersebut. Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dan *Profile Matching*. Tujuan dari penelitian ini yaitu membangun sistem pendukung keputusan yang mampu memberikan hasil pemeringkatan dari beberapa kriteria dan aspek yang telah ditentukan serta membandingkan performa dari kedua metode yang digunakan dengan menggunakan akurasi. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan Data Terpadu Kesejahteraan Sosial (DTKS) di Kelurahan Bukit Duri, Jakarta Selatan. Hasil yang didapat yaitu bahwa sistem pendukung keputusan dapat mempermudah untuk membantu dalam memutuskan penentuan penerima bantuan sosial. Tingkat akurasi yang didapat, dengan menggunakan 30 data, menghasilkan akurasi sebesar 53% untuk metode SAW dan 60% untuk metode *Profile Matching* yang mana dilakukan dengan cara membandingkan hasil pemeringkatan dari sistem dengan keadaan aslinya.

Kata kunci—sistem pendukung keputusan; *simple additive weighting*; *profile matching*; bantuan sosial.

1. PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan serius yang dihadapi setiap negara berkembang adalah kemiskinan. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), penduduk miskin di Indonesia pada September 2021 memiliki persentase sebesar 9,71 persen, sedangkan untuk jumlah penduduk miskin pada September 2021 menunjukkan angka 26,50 juta orang [1]. Sedangkan di DKI Jakarta khususnya, Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat bahwa pada tahun 2021, ada sekitar 502 ribu orang yang tergolong dalam kategori orang miskin, yang mana angka itu berarti 4,72% dari total penduduk di DKI Jakarta [2]. Oleh karena itu, dikarenakan tingkat kemiskinan di Indonesia masih tergolong cukup tinggi, pemerintah harus menggalakkan beberapa program dan usaha untuk menanggulangi permasalahan kemiskinan tersebut.

Permasalahan kemiskinan dapat diminimalisir dengan berbagai usaha dan upaya serta tekad yang kuat dari pemerintah. Salah satu cara yang efektif untuk menanggulangi permasalahan kemiskinan ini adalah pemerintah diharuskan mengeluarkan kebijakan yang memihak kepada masyarakat miskin sehingga diharapkan dapat membantu dalam hal pemberantasan kemiskinan serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat miskin. Kebijakan yang telah dilaksanakan oleh pemerintah melalui Kementerian Sosial dalam rangka menekan tingkat kemiskinan yang ada di masyarakat adalah pemberian bantuan sosial. Ada beberapa jenis bantuan sosial yang telah di keluarkan oleh Kementerian Sosial diantaranya adalah Bantuan Pangan Non Tunai (BPNT), Program Keluarga Harapan (PKH), serta Bantuan Langsung Tunai (BLT).

Masalah yang kerap terjadi dalam pemberian dana bantuan sosial adalah adanya keterbatasan dana yang disalurkan sementara itu kemiripan data kondisi ekonomi seringkali terjadi sehingga perlu suatu cara untuk

* Corresponding author: fahridarmawan73@gmail.com

pemeringkatan data penerima bantuan sosial sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Selain itu, adanya subjektifitas dalam pengambilan keputusan yang menyebabkan bantuan belum tepat sasaran [3].

Ketepatan sasaran akan menentukan efektifitas suatu program, dilihat dari kesesuaian dengan sasaran yang telah ditetapkan berdasarkan aturan atau kriteria yang telah disepakati [3]. Setiap program bantuan memiliki kriteria yang berbeda-beda, begitu juga dengan calon penerima bantuan, Masing-masing mempunyai kondisi kehidupan yang berbeda-beda satu sama lain [4]. Ketepatan dalam menentukan Keluarga Penerima Manfaat yang tercatat dalam Basis Data Terpadu sangatlah penting agar bantuan diterima oleh keluarga yang tepat sasaran. Oleh sebab itu, dibutuhkan suatu penelitian yang dapat membantu dalam pemilihan KPM, sehingga penyaluran bantuan sosial yang telah dilaksanakan oleh pemerintah melalui Kementerian Sosial itu tidak sia-sia dan juga dapat membantu masyarakat dalam segi ekonomi dan pada akhirnya dapat menekan tingkat kemiskinan yang terjadi yang mana bertambah parah dengan adanya pandemi COVID 19 yang sudah melanda Indonesia sejak awal tahun 2020.

Sistem Pendukung Keputusan atau *Decision Support System* merupakan suatu sistem yang memiliki kemampuan dalam pemecahan suatu masalah yang semi terstruktur ataupun tak terstruktur. Begitu juga halnya dalam penentuan keputusan untuk pemilihan penerima bantuan sosial, sistem pendukung keputusan ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam pihak untuk mengambil keputusan. Pada penelitian ini akan diimplementasikan dua metode dalam pembuatan sistem pendukung keputusan yaitu *Simple Additive Weighting* (SAW) dan *Profile Matching*.

Sistem Pendukung Keputusan dengan menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dan *Profile Matching* dapat digunakan dalam berbagai bidang. Pada penelitian yang dilakukan oleh Moh Febri Nurul Qorik di tahun 2018 dengan judul penelitian Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Beasiswa Situbondo Unggul Menggunakan Metode *Simple Additive Weighting* dan *Profile Matching*. Penelitian ini membahas tentang penyeleksian penerima beasiswa yang mana permasalahannya yaitu terkadang lembaga pemberi beasiswa kesulitan dalam penyeleksian calon penerima beasiswa, sehingga mahasiswa yang sebenarnya tidak memenuhi kriteria dapat diterima sebagai penerima beasiswa [5]. Kemudian pada penelitian lain, dengan judul penelitian Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Calon Transmigran Menggunakan *Simple Additive Weighting* dan *Profile Matching* yang dilakukan oleh Mathilda Fitri Wardani pada tahun 2019. Penelitian ini membahas tentang permasalahan yang terjadi yaitu Calon transmigran tidak dapat menentukan sendiri daerah tujuan transmigrasi melainkan harus disesuaikan dengan peraturan yang telah ditetapkan oleh pemerintah, sehingga pemerintah diharuskan untuk dapat memilih daerah tujuan transmigrasi yang tepat sasaran untuk calon transmigran [6].

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah disebutkan, untuk menghadapi hal tersebut, pada penelitian ini akan dibuat suatu program atau aplikasi yang diharapkan dapat membantu dalam menentukan penerima bantuan sosial untuk keluarga yang kurang mampu dengan membangun “Sistem Pendukung Keputusan untuk Pemilihan Penerima Bantuan Sosial menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dan *Profile Matching* Berbasis Web”. Pada penelitian ini lebih terfokus untuk mencari alternatif terbaik berdasarkan kriteria yang telah ditentukan dengan menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dan *Profile Matching*.

2. LANDASAN TEORI

a. Sistem Pendukung Keputusan

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) merupakan suatu sistem informasi yang difokuskan untuk membantu organisasi ataupun manajemen dalam pengambilan keputusan untuk memecahkan masalah semi terstruktur [7]. Sistem Pendukung Keputusan harus sederhana, mudah digunakan, mudah dalam penyesuaian, dan lengkap [8].

b. Bantuan Sosial

Bantuan Sosial adalah bantuan berupa uang, barang, ataupun jasa, dari pemerintah kepada perorangan, keluarga, kelompok atau masyarakat yang secara ekonomi kurang mampu dan/atau rentan terhadap risiko sosial [9].

Ada beberapa jenis bantuan sosial yang telah di keluarkan oleh Kementerian Sosial diantaranya adalah Bantuan Pangan Non Tunai (BPNT), Program Keluarga Harapan (PKH), serta Bantuan Langsung Tunai (BLT).

c. *Simple Additive Weighting*

Simple Additive Weighing (SAW) adalah suatu metode yang digunakan dalam sistem pendukung keputusan menggunakan konsep penjumlahan terbobot. Konsep dasar dari metode *Simple Additive Weighting*

(SAW) yaitu menghitung penjumlahan terbobot dari peringkat kinerja untuk setiap pilihan dari semua atribut. [7]

Tahapan pada metode *Simple Additive Weighting* (SAW) adalah sebagai berikut:

1) Analisa

Pada awal metode *Simple Additive Weighting* (SAW) ini yang dilakukan adalah melakukan penentuan kriteria-kriteria yang digunakan dalam pengambilan keputusan. Setelah kriteria ditentukan, maka dilakukan penentuan jenis kriteria apakah termasuk kedalam *benefit* atau *cost*. Kriteria *Benefit* adalah kriteria yang menguntungkan dalam perhitungan, sedangkan kriteria *cost* yaitu kriteria yang merugikan dalam perhitungan. Setelah penentuan jenis kriteria, adanya proses perubahan nilai atribut sesuai dengan nilai yang ada pada *data crips*.

2) Normalisasi

Dengan adanya penentuan jenis kriteria apakah *benefit* atau *cost*, maka tahap selanjutnya yaitu perubahan nilai dari setiap atribut ke dalam skala 0 – 1 dengan memperhatikan jenis kriteria tersebut. Adapun rumus perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$R_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\text{Max } x_{ij}}, & \text{benefit criteria} \\ \frac{\text{Min } x_{ij}}{x_{ij}}, & \text{cost criteria} \end{cases}$$

Dimana :

R_{ij} = Rating kinerja ternormalisasi

$\text{Max } x_{ij}$ = Nilai maksimum dari setiap baris dan kolom

$\text{Min } x_{ij}$ = Nilai minimum dari setiap baris dan kolom

x_{ij} = Nilai atribut yang dimiliki oleh setiap kriteria

Dengan R_{ij} adalah rating kinerja ternormalisasi dari alternatif A_i pada atribut C_j ; $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$.

3) Pemingkatan

Tahap terakhir yang dilakukan adalah pemingkatan, tahap ini merupakan tahap utama dimana memperhitungkan semua atribut dan bobot kriteria pada setiap alternatif. Berikut rumus yang digunakan dalam perhitungan tersebut :

$$V_i = \sum_{j=1}^n W_j R_{ij}$$

Dimana

:

V_i = Nilai preferensi dari setiap alternatif

W_j = Bobot yang telah ditentukan

R_{ij} = Normalisasi matriks

Nilai V_i yang lebih besar mengidentifikasi bahwa alternatif A_i lebih terpilih.

d. *Profile Matching*

Profile Matching merupakan metode pengambilan keputusan dengan diasumsikan ada level minimal yang harus dicapai atau dilewati. Adapun tahapan pengolahan data dengan menggunakan metode *Profile Matching* adalah sebagai berikut:

1) Analisis

Pada tahapan ini dilakukan penentuan aspek dan nilai bobot standar kompetensi. Semua kriteria yang telah ditentukan, lalu ditentukan lagi aspek penilaian dan bobot nilai standar kompetensi.

2) Perhitungan Pemetaan GAP

Dalam perhitungan pemetaan GAP ini digunakan rumus perhitungan $GAP = \text{Nilai Masukan} - \text{Nilai Ketetapan Awal}$. Perhitungan GAP digunakan untuk mengukur dan membandingkan kompetensi masing-masing alternatif. Semakin kecil nilai GAP yang dihasilkan maka akan semakin besar nilai bobot yang dihasilkan sehingga peluang dalam mendapatkan nilai tertinggi di pemeringkatan akhir juga besar.

3) Pembobotan

Setelah dilakukan perhitungan pemetaan GAP, Langkah selanjutnya adalah melakukan pembobotan, dengan ketentuan sebagai berikut:

Tabel 1 Perhitungan Nilai GAP

No	Selisih (GAP)	Bobot Nilai	Keterangan
1	0	5	Tidak ada selisih (kompetensi sesuai)
2	1	4,5	Kompetensi individu kelebihan 1 tingkat
3	-1	4	Kompetensi individu kekurangan 1 tingkat
4	2	3,5	Kompetensi individu kelebihan 2 tingkat
5	-2	3	Kompetensi individu kekurangan 2 tingkat
6	3	2,5	Kompetensi individu kelebihan 3 tingkat
7	-3	2	Kompetensi individu kekurangan 3 tingkat
8	4	1,5	Kompetensi individu kelebihan 4 tingkat
9	-4	1	Kompetensi individu kekurangan 4 tingkat

4) Pengelompokan *Core Factor* dan *Secondary Factor*

Pada tahap ini ditentukan faktor utama dari beberapa kriteria dari setiap aspek penilaian yang dibuat sebelumnya, dan nantinya akan dijadikan sebagai *core factor* untuk sisanya akan dijadikan sebagai *secondary factor*. Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan kriteria yang termasuk *core factor* adalah sebagai berikut.

$$NCF = \frac{\sum NC}{\sum IC}$$

Dimana :

- NCF = Nilai rata-rata *core factor*
- NC = Jumlah total nilai *core factor*
- IC = Jumlah item *core factor*

Sedangkan untuk rumus yang digunakan dalam perhitungan kriteria yang termasuk *secondary factor* adalah sebagai berikut.

$$NSF = \frac{\sum NS}{\sum IS}$$

Dimana :

- NSF = Nilai rata-rata *secondary factor*
- NS = Jumlah total nilai *secondary factor*
- IS = Jumlah item *secondary factor*

5) Perhitungan Nilai Total

Perhitungan nilai total berdasarkan dari persentase *core factor* dan *secondary factor*. Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan tersebut adalah sebagai berikut:

$$N(\text{aspek}) = (x)\% * NCF + (y)\% * NSF$$

- NSF* = Nilai rata-rata secondary factor
(x)% = Nilai persen dari *core factor*
(y)% = Nilai persen dari secondary factor

6) Pemingkatan

Tahap akhir yang dilakukan adalah perhitungan untuk pemingkatan. Adapun rumus yang digunakan dalam tahap ini adalah sebagai berikut.

$$N = (x)\% * NMA + (x)\% * NSA$$

Dimana :

- N* = Nilai total
NMA = Nilai total kriteria Aspek Utama
NSA = Nilai total aspek pendukung
(x)% = Nilai persen yang diinputkan

3. METODOLOGI PENELITIAN

a. Analisis Permasalahan

Penentuan penerima bantuan sosial adalah salah satu upaya dalam pemberantasan kemiskinan. Penentuan penerima bantuan sosial harus mempunyai kriteria – kriteria yang jelas. Penentuan penerima bantuan sosial yang paling tepat dilakukan dengan cara memilih keluarga yang memiliki keadaan sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan.

Penentuan pemilihan penerima bantuan sosial dilaksanakan oleh Dinas Sosial DKI Jakarta melalui Pusat Data dan Informasi Jaminan Sosial (PUSDATIN JAMSOS) dengan menggunakan data DTKS (Data Terpadu Kesejahteraan Sosial) yang mana sebelumnya menggunakan metode PMT (*Proxy Mean Testing*). Namun, yang terjadi adalah banyak masyarakat menganggap keputusan tersebut belum sepenuhnya tepat sasaran.

b. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang didapatkan dari Pusat Data dan Informasi Jaminan Sosial DKI Jakarta (PUSDATIN JAMSOS) yaitu data DTKS (Data Terpadu Kesejahteraan Sosial) Kelurahan Bukit Duri yang berbentuk data alternatif dan data kriteria.

c. Tahapan dan Metode Yang Digunakan



Gambar 1 Tahapan Metode Yang Digunakan

Pada Gambar 1 diatas merupakan diagram tahapan untuk pengimplemetasian metode *Simple Additive Weighting* dan *Profile Matching*. Membuat aspek dan menentukan persentase bobot dari setiap aspek merupakan langkah awal yang harus dilaksanakan. Selanjutnya, pembuatan kriteria dan subkriteria beserta *value*. Lalu melakukan penentuan bobot kriteria dan penentuan nilai standar. Setelah itu menyiapkan data alternatif, dan kemudian melakukan pengisian data penilaian. Lalu langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan dengan menggunakan metode yang telah ditentukan, dalam hal ini berarti metode *Simple*

Additive Weighting dan *Profile Matching*. Kemudian dari hasil perhitungan didapatkan nilai akhir dan kemudian dilakukan pengurutan nilai untuk mendapatkan hasil pemeringkatan.

d. Skenario Penerapan Metode yang Digunakan

Untuk menerapkan Sistem Pendukung Keputusan untuk Pemilihan Penerima Bantuan Sosial dibutuhkan skenario atau urutan tahapan yang dilakukan untuk melihat apakah sistem yang dibangun sudah sesuai dengan keinginan atau belum. Berikut merupakan skenario yang digunakan dalam penerapan metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dan *Profile Matching* dalam penentuan pemilihan penerima bantuan sosial :

1) Penentuan Aspek dan Persentase Bobot

Tabel 2 Aspek.

No	Nama Aspek	Persentase	Bobot	
			Core Factor	Secondary Factor
1	Keadaan Ekonomi (A1)	50%	60%	40%
2	Kepemilikan Aset (A2)	50%	60%	40%

Pada tabel 2 diatas, merupakan skenario aspek yang digunakan pada penelitian ini.

2) Pembuatan Kriteria, Subkriteria, dan Penentuan Value

Tabel 3 Penghasilan Rata-Rata Per Bulan (C1).

No	Subkriteria	Value
1	Dibawah Rp.500.000	1
2	Rp.500.000 - Rp.1.500.000	2
3	Rp.1.500.001 - Rp.3.000.000	3
4	Rp.3.000.000 - Rp.4.500.000	4
5	Diatas Rp.4.500.000	5

Pada Tabel 3 diatas merupakan skenario kriteria yang pertama yaitu Penghasilan Rata-Rata per Bulan yang mana termasuk kedalam *Cost Criteria*, dan tergabung dalam Aspek Keadaan Ekonomi dan sebagai *Core Factor*.

Tabel 4 Luas Rumah (C2).

No	Subkriteria	Value
1	Dibawah 50 m ²	1
2	51 m ² - 100 m ²	2
3	101 m ² - 150m ²	3
4	151 m ² - 200 m ²	4
5	Diatas 200 m ²	5

Pada Tabel 4 diatas merupakan skenario kriteria selanjutnya yaitu Luas Rumah yang mana termasuk kedalam *Cost Criteria*, dan tergabung dalam Aspek Keadaan Ekonomi dan sebagai *Secondary Factor*.

Tabel 5 Sumber Air (C3).

No	Subkriteria	Value
1	Air Hujan	1
2	Sumur tak terlindung	2
3	Sumur Bor/Pompa	3
4	Air Isi Ulang	4
5	Air Kemasan Bermerk	5

Pada Table 5 diatas merupakan skenario kriteria selanjutnya yaitu Sumber Air yang mana termasuk kedalam *Cost Criteria*, dan tergabung dalam Aspek Keadaan Ekonomi dan sebagai *Secondary Factor*.

Tabel 6 Jumlah Tanggungan (C4).

No	Subkriteria	Value
1	Dibawah 3 orang	1
2	4 - 6 orang	2
3	7 - 9 orang	3
4	10 - 13 orang	4
5	Diatas 13	5

Pada Tabel 6 diatas merupakan skenario kriteria selanjutnya yaitu Jumlah Tanggungan yang mana termasuk kedalam *Benefit Criteria*, dan tergabung dalam Aspek Keadaan Ekonomi dan sebagai *Secondary Factor*.

Tabel 7 Jenis Dinding (C5).

No	Subkriteria	Value
1	Bambu	1
2	Batang Kayu	2
3	Anyaman Bambu	3
4	Kayu	4
5	Plesteran anyaman bambu / kawat	5
6	Tembok	6

Pada Tabel 7 diatas merupakan skenario kriteria selanjutnya yaitu Jenis Dinding yang mana termasuk kedalam *Cost Criteria*, dan tergabung dalam Aspek Keadaan Ekonomi dan sebagai *Secondary Factor*.

Tabel 8 Jenis Lantai (C6).

No	Subkriteria	Value
1	Tanah	1
2	Kayu / Papan	2
3	Bambu	3
4	Semen	4
5	Ubin	5
6	Keramik	6

Pada Table 8 diatas merupakan skenario kriteria selanjutnya yaitu Jenis Lantai yang mana termasuk kedalam *Cost Criteria*, dan tergabung dalam Aspek Keadaan Ekonomi dan sebagai *Secondary Factor*.

Tabel 9 Pendidikan Terakhir (C7).

No	Subkriteria	Value
1	Tidak Tamat Sekolah	1
2	SD / Sederajat	2
3	SMP / Sederajat	3
4	SMA / Sederajat	4
5	Diploma (D1/D2/D3)	5
6	Sarjana (D4/S1/S2/S3)	6

Pada Table 9 diatas merupakan skenario kriteria selanjutnya yaitu Pendidikan Terakhir yang mana termasuk kedalam *Cost Criteria*, dan tergabung dalam Aspek Keadaan Ekonomi dan sebagai *Core Factor*.

Tabel 10 Pekerjaan (C8).

No	Subkriteria	Value
1	Belum / Tidak Bekerja	1
2	Transportasi & Pergudangan	2
3	Pedagang	3
4	Petani	4
5	Jasa Masyarakat, Pemerintah & Perorangan	5
6	Listrik & Gas	6

Pada Table 10 diatas merupakan skenario kriteria selanjutnya yaitu Pekerjaan yang mana termasuk kedalam *Cost Criteria*, dan tergabung dalam Aspek Keadaan Ekonomi dan sebagai *Secondary Factor*.

Tabel 11 Kepemilikan Mobil (C9).

No	Subkriteria	Value
1	Tidak ⁶⁵	1

2	Ya	2
---	----	---

Pada Table 11 diatas merupakan skenario kriteria selanjutnya yaitu Kepemilikan Mobil yang mana termasuk kedalam *Cost Criteria*, dan tergabung dalam Aspek Kepemilikan Aset dan sebagai *Secondary Factor*.

Tabel 12 Kepemilikan Tanah (NJOP Diatas 1M) (C10).

No	Subkriteria	Value
1	Tidak	1
2	Ya	2

Pada Table 12 diatas merupakan skenario kriteria selanjutnya yaitu Kepemilikan Tanah (NJOP Diatas 1M) yang mana termasuk kedalam *Cost Criteria*, dan tergabung dalam Aspek Kepemilikan Aset dan sebagai *Core Factor*.

3) Bobot Kriteria dan Nilai Standar Ketentuan

Setelah dilakukan pembuatan kriteria serta subkriteria, maka selanjutnya adalah menentuka bobot dari masing-masing kriteria serta menentukan nilai standar ketentuan dari setiap kriteria.

Tabel 13 Kepemilikan Tanah (NJOP Diatas 1M) (C10).

Bobot Kriteria		Nilai Standar Ketentuan
Kriteria	Bobot	
C1	0.12	2
C2	0.1	2
C3	0.08	2
C4	0.1	2
C5	0.08	3
C6	0.08	3
C7	0.12	2
C8	0.1	4
C9	0.1	1
C10	0.12	1

Pada Tabel 13 diatas merupakan penentuan untuk pembobotan pada setiap kriteria, dimana total dari seluruh bobot yaitu harus 100 (disederhanakan menjadi 1) serta terdapat juga nilai ketentuan standar dari setiap kriteria.

4) Data Alternatif

Tabel 14 Kepemilikan Tanah (NJOP Diatas 1M) (C10).

No	Alternatif	Kode
1	SA***N	A1
2	SU****I	A2
3	E** KU*****	A3
4	A.KU*****	A4
5	SU*****N	A5
6	J**O	A6
7	MA**T	A7
8	A*** B** A***	A8
9	S**** SIR*****	A9
10	SA*****N	A10
11	HE*****N	A11
12	RA***T	A12
13	MU****I	A13
14	MA***** T*****	A14
15	E** NA***	A15
16	A*** PU*****	A16
17	IC***N	A17
18	SU****O	A18

19	SU****A	A19
20	M**S****R	A20
21	SY*****N	A21
22	A*** SU*****	A22
23	HE***I	A23
24	BU****O	A24
25	R*** HA ****O	A25
26	SU*****O	A26
27	SU*** GUS*****	A27
28	ABD** RO****	A28
29	A*** EN*****	A29
30	PUR****	A30

Pada Tabel 14 diatas merupakan skenario dari data alternatif. Alternatif tersebut merupakan nama warga (kepala keluarga) di Bukit Duri, Jakarta Selatan yang telah mendaftarkan diri kedalam sistem Data Terpadu Kesejahteraan Sosial (DTKS). Nama Alternatif ditutupi dengan tujuan kerahasiaan data.

4. HASIL DAN EVALUASI

a. Implementasi Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) dan *Profile Matching*

Kedua metode yang digunakan pada penelitian ini di implementasikan pada suatu aplikasi/sistem yang dinamis yang disebut Sistem Pendukung Keputusan. Berikut merupakan beberapa tampilan hasil dari sistem:



(a)

(b)

Gambar 2 Implementasi Sistem: (a) Tampilan Halaman Keputusan; (b) Tampilan Hasil.

b. Evaluasi

Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil dari perhitungan dengan sistem dengan keadaan data aslinya yang mana jika data tersebut mempunyai desil 1 sampai 4 maka termasuk kedalam layak untuk mendapatkan bantuan sosial. Skenario yang dilakukan untuk melakukan evaluasi ini yaitu, dari 30 data yang digunakan, yang berhak atau layak untuk mendapatkan bantuan sosial adalah sebanyak 15 orang, karena data yang digunakan menunjukkan bahwa dari 30 data yang digunakan ada sebanyak 15 orang yang termasuk kedalam desil 1 – 4. Berikut merupakan perbandingan hasil dari metode *Simple Additive Weighting*.

Tabel 15 Perbandingan Keadaan asli dan Perhitungan Sistem *Simple Additive Weighting* (SAW)

Peringkat	Perhitungan Sistem	Skenario	Keadaan Asli	Hasil
1	MU****I	Layak	Layak	Sesuai
2	SY*****N	Layak	Layak	Sesuai
3	MA**T	Layak	Belum Layak	Tidak Sesuai
4	RA**T	Layak	Layak	Sesuai
5	S**** SIR****	Layak	Belum Layak	Tidak Sesuai
6	MA***** T*****	Layak	Belum Layak	Tidak Sesuai

7	SA*****N	Layak	Layak	Sesuai
8	M**S****R	Layak	Belum Layak	Tidak Sesuai
9	A*** B** A***	Layak	Belum Layak	Tidak Sesuai
10	SU*****N	Layak	Layak	Sesuai
11	SA***N	Layak	Layak	Sesuai
12	J**O	Layak	Layak	Sesuai
13	IC***N	Layak	Belum Layak	Tidak Sesuai
14	HE***I	Layak	Layak	Sesuai
15	A.KU*****	Layak	Belum Layak	Tidak Sesuai
16	SU*** GUS*****	Belum Layak	Layak	Tidak Sesuai
17	A*** SU*****	Belum Layak	Layak	Tidak Sesuai
18	SU*****O	Belum Layak	Layak	Tidak Sesuai
19	R*** HA****O	Belum Layak	Belum Layak	Sesuai
20	E** KU*****	Belum Layak	Belum Layak	Sesuai
21	SU****A	Belum Layak	Belum Layak	Sesuai
22	A*** EN*****	Belum Layak	Layak	Tidak Sesuai
23	ABD** RO****	Belum Layak	Belum Layak	Sesuai
24	PUR****	Belum Layak	Belum Layak	Sesuai
25	SU****I	Belum Layak	Belum Layak	Sesuai
26	E** NA***	Belum Layak	Layak	Tidak Sesuai
27	SU****O	Belum Layak	Belum Layak	Sesuai
28	BU****O	Belum Layak	Layak	Tidak Sesuai
29	HE*****N	Belum Layak	Belum Layak	Sesuai
30	A*** PU*****	Belum Layak	Layak	Tidak Sesuai

Berdasarkan pada Tabel 15 diatas dapat dilihat bahwa perhitungan dengan sistem dan keadaan aslinya, hasil pemeringkatan mendapatkan hasil sebanyak 16 data dikatakan sesuai. Sehingga dapat diperhitungkan bahwa akurasi untuk metode *Simple Additive Weighting* (SAW) adalah sebagai berikut :

$$Akurasi = \frac{16}{30} \times 100\%$$

Maka hasil akhir untuk akurasi sistem dengan menggunakan metode *Simple Additive Weighting* adalah 53%.

Tabel 16 Perbandingan Keadaan Asli dan Perhitungan Sistem *Profile Matching*

Peringkat	Perhitungan Sistem	Skenario	Keadaan Asli	Hasil
1	SA***N	Layak	Layak	Sesuai
2	SU*****N	Layak	Layak	Sesuai
3	HE***I	Layak	Layak	Sesuai
4	J**O	Layak	Layak	Sesuai
5	SU*****O	Layak	Layak	Sesuai
6	IC***N	Layak	Belum Layak	Tidak Sesuai
7	RA***T	Layak	Layak	Sesuai
8	E** NA***	Layak	Layak	Sesuai
9	SU****O	Layak	Belum Layak	Tidak Sesuai
10	SU*** GUS*****	Layak	Layak	Sesuai
11	A*** B** A***	Layak	Belum Layak	Tidak Sesuai
12	A*** SU*****	Layak	Layak	Sesuai
13	SU****A	Layak	Belum Layak	Tidak Sesuai
14	SU****I	Layak	Belum Layak	Tidak Sesuai
15	ABD** RO****	Layak	Belum Layak	Tidak Sesuai
16	S**** SIR****	Belum Layak	Belum Layak	Sesuai
17	SY*****N	Belum Layak	Layak	Tidak Sesuai
18	MA***** T*****	Belum Layak	Belum Layak	Sesuai
19	SA*****N	Belum Layak	Layak	Tidak Sesuai

20	PUR****	Belum Layak	Belum Layak	Sesuai
21	A*** PU*****	Belum Layak	Layak	Tidak Sesuai
22	R*** HA****O	Belum Layak	Belum Layak	Sesuai

Berdasarkan pada Tabel 16 dapat dilihat bahwa perhitungan dengan sistem dan keadaan aslinya, hasil pemeringkatan mendapatkan hasil sebanyak 18 data dikatakan sesuai. Sehingga dapat diperhitungkan bahwa akurasi untuk metode *Profile Matching* adalah sebagai berikut :

$$Akurasi = \frac{18}{30} \times 100\%$$

Maka hasil akhir untuk akurasi sistem dengan menggunakan metode *Profile Matching* adalah 60%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pada pembahasan dari bab – bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan, diantaranya :

Pembuatan Sistem Pendukung Keputusan yang dinamis sangat memudahkan dalam penentuan pemilihan penerima bantuan sosial.

Dengan menerapkan kedua metode dalam sistem pendukung keputusan, dapat mendapatkan acuan dalam pemilihan penerima bantuan.

Berdasarkan akurasi yang didapat, metode *Profile Matching* mendapatkan akurasi yang lebih tinggi dibanding *Simple Additive Weighting*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kedua Orang Tua penulis yang telah memberikan dukungan dan juga semangat, kemudian kepada Ibu Desti Fitriati selaku Pembimbing dalam penelitian skripsi ini dan dalam penulisan jurnal ini, dan kepada Dinas Sosial Provinsi DKI Jakarta serta Pusat Data dan Informasi Jaminan Sosial Provinsi DKI Jakarta (PUSDATIN JAMSOS) DKI Jakarta yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian serta memberikan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik. Persentase Penduduk Miskin September 2021 turun menjadi 9,71 persen. 2021. Berita Resmi Statistik No. 07/01/Th.XXV. [Online] from <https://www.bps.go.id/pressrelease/2022/01/17/1929/persentase-penduduk-miskin-september-2021-turun-menjadi-9-71-persen.html>. (2022). [Accessed on July 5th 2022].
- [2] Vika Azkiya Dihni. Perkembangan Angka Kemiskinan di DKI Jakarta. Databoks Katadata. [Online] from <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/01/18/pertama-kali-sejak-pandemi-angka-kemiskinan-jakarta-turun-jadi-467-pada-september-2021#:~:text=Perkembangan%20Angka%20Kemiskinan%20di%20DKI%20Jakarta&text=Pada%20Maret%202021%2C%20angka%20kemiskinan,2020%20sebesar%204%2C69%25>. (2022). [Accessed on July 5th 2022].
- [3] Diana dan In Seprina. Sistem Pendukung Keputusan untuk Menentukan Penerima Bantuan Sosial Menerapkan Weighted Product Method (WPM). *JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika)*, 5(3), 370-377 (2019).
- [4] Maffirotin, Shiva Mutia, Masna Wati, dan Hario Jati Setyadi. Sistem pendukung keputusan penerima bantuan sosial daerah kutai kartanegara menggunakan metode electre. *J. Rekayasa Teknol. Inf*, 2(1), 9-16 (2018).
- [5] Qorik, M. F. N., Slamini, S., & Pandunata, P. Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Beasiswa Situbondo Unggul Menggunakan Metode Simple Additive Weighting dan Profile Matching. *INFORMAL: Informatics Journal*, 3(1), 20-29 (2019).
- [6] Wardani, M. F., Abdillah, G., & Komarudin, A. Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Calon Transmigran Menggunakan Simple Additive Weighting dan Profile Matching. In *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)* (Vol. 3, No. 1, pp. 099-104) (2019)
- [7] Latif, L. A., Jamil, M., & Abbas, S. H. *Buku Ajar: Sistem Pendukung Keputusan Teori dan Implementasi*. Deepublish (2018).
- [8] Limbong, T., Muttaqin, M., Iskandar, A., Windarto, A. P., Simarmata, J., Mesran, M., ... & Wanto, A. *Sistem Pendukung Keputusan: Metode & Implementasi*. Yayasan Kita Menulis (2020).
- [9] PERATURAN PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 63 TAHUN 2017 TENTANG PENYALURAN BANTUAN SOSIAL SECARA NON TUNAI [Online] [Accessed on July 5th 2022]

Implementasi Metode *Convolutional Neural Network* Dan Ekstraksi GLCM Pada Klasifikasi Kanker Paru

Rindiani Az-zahradin Putri^{1*}, Desti Fitriati¹

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

Abstrak. Paru-paru merupakan salah-satu organ dalam tubuh yang sangat penting untuk tetap bernafas namun tidak lepas dari berbagai penyakit, salah-satu kasus yang paling besar yaitu kanker paru. Kanker paru terbagi dalam 2 jenis dengan jenis NSCLC menjadi kasus yang paling banyak terjadi. Jenis NSCLC memiliki jenis *Adenocarcinoma* dan *Squamous Cell Carcinoma*, serta adanya jenis Paru Normal. Pada penelitian ini, memiliki tujuan untuk mengetahui jenis kanker paru dengan menggunakan citra. Citra akan diidentifikasi menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan melakukan perbandingan performa algoritma menggunakan masing-masing proses ekstraksi fitur *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan *Hue, Saturation, Value* (HSV). Pengujian dilakukan dengan 930 sampel citra *CT-Scan histopathological*, 80% citra sebagai data pelatihan dan 20% citra sebagai data pengujian. Hasil pengujian menunjukkan metode algoritma CNN dengan ekstraksi GLCM mempunyai nilai rata-rata akurasi 52.69%, lalu dengan ekstraksi HSV mendapatkan nilai rata-rata akurasi 72.04%, sedangkan dengan menggunakan gabungan ekstraksi fitur GLCM dan HSV mendapatkan nilai rata-rata akurasi 84.41%. Sehingga dapat disimpulkan, pada penelitian ini, performa algoritma CNN dengan menggunakan gabungan kedua ekstraksi fitur GLCM dan HSV lebih baik dibandingkan dengan hanya menggunakan masing-masing dari ekstraksi fitur.

Kata kunci—*Jenis Kanker Paru NSCLC; CNN; GLCM; dan HSV.*

1. PENDAHULUAN

Kanker memiliki istilah umum sebagai sekelompok sel-sel ganas yang tumbuh secara abnormal dan tidak terkendali atau melampaui batas normal, yang kemudian menyerang dan menyebar ke fungsi bagian organ sehat lain didalam tubuh untuk membentuk massa jaringan baru melalui pembuluh darah maupun pembuluh getah bening, namun kanker merupakan penyakit yang tidak menular [1][2][3]. Berdasarkan data *Global Burden of Cancer Study* (Globocan) dari *World Health Organization* (WHO) tahun 2018, kanker merupakan kasus kematian kedua secara *global* yang terhitung sekitar 9,6 juta atau 1 dari 6 kematian [4] dan pada tahun 2020, WHO kembali menyatakan bahwa kasus kematian utama secara *global* merupakan kanker paru, terhitung hampir 10 juta kematian berdasarkan standar usia *global*, Sementara kanker paru di Indonesia menempati posisi ke-2 di Asia Tenggara, dan di Asia diurutkan ke-23, dengan jumlah kasus baru sebesar 141.1 juta dan jumlah kematian sebesar 85.1 juta [5].

Paru-paru sendiri merupakan organ paling penting yang ada didalam tubuh manusia sebagai sistem pernapasan untuk penghantar udara yang dibantu oleh Trakea [6]. Namun tidak lepas dari adanya penyakit, dimana kondisi yang membuat paru-paru tidak berfungsi secara *normal*, dengan diantaranya yang paling umum menyerang dari segala usia dan *gender* adalah Asma, Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK), *Pneumonia*, Tuberkulosis dan yang menjadi penyebab utama kematian adalah kanker paru. Kanker paru merupakan penyakit ganas yang tumbuh tidak normal pada jaringan paru dan berasal dari sel-sel didalam paru (*primer*) maupun diluar paru (*metastatis*). Lebih dari 90% kanker paru berasal dari *bronki*. Kebanyakan kasus kanker paru disebabkan oleh rokok dengan kebiasaan perokok aktif, bahkan sekitar 90% kasus kanker paru terjadi pada pria dan sekitar 70% pada wanita yang disebabkan oleh asap rokok [7] [8].

Kanker paru terdiri dari 2 jenis utama yaitu, *Small Cell Lung Cancer* (SCLC) dan *Non-Small Cell Lung Cancer* (NSCLC), dimana jenis NSCLC merupakan kasus yang sering terjadi dengan jenis *Adenocarcinoma*

* Corresponding author: azzahradin20@gmail.com

dan *Squamous Cell Carcinoma*. *Adenocarcinoma* merupakan jenis paling umum terjadi, terutama pada wanita dan perokok pasif dengan pertumbuhan yang berada di daerah tepi atau bagian luar paru. Dan *Squamous Cell Carcinoma* mempunyai pertumbuhan di daerah pusat paru, yaitu *bronkus* dan sering menyebar, berkembang besar ke seluruh bagian paru serta membentuk lubang [8]. Ada berbagai metode pemeriksaan yang dilakukan untuk mendeteksi jenis kanker paru, salah-satunya metode pencitraan medis *CT-Scan* pada pasien. *CT-Scan* digunakan untuk mendiagnosis atau mendeteksi struktur *abnormal* didalam paru untuk menganalisis jenis kanker tersebut [9].

Berbagai penelitian pun telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Penelitian yang dilakukan Muhamad F.,dkk melakukan klasifikasi tipe sel berdasarkan citra *Pap-Smear* berjumlah 917 citra dengan 2 kelas yaitu *normal* dan *abnormal* menggunakan *pre-processing shape feature* dan *local binary pattern* untuk pengolahan citra dan ekstraksi fitur GLCM serta CNN sebagai metode klasifikasi memperoleh nilai akurasi sebesar 99.78% dengan jumlah layer = 3, *hidden unit* = [256,128,68] dan *epoch* = 200 [10].

Penelitian lain juga dilakukan oleh Ilyas P.,dkk yang melakukan klasifikasi tanaman buah cabai segar sebanyak 45 citra yang terbagi dalam 5 kelas yaitu, cabai gunung, cabai rawit taiwan, cabai kriting merah, cabai kriting hijau, dan cabai rawit putih dengan *pre-processing* konversi citra RGB ke *grayscale*, *segmentation* dengan *cropping* dan ekstraksi fitur HSV serta CNN sebagai metode klasifikasi, memperoleh hasil akurasi sebesar 80% dengan *epoch* = 100 [11].

Kemudian dalam penelitian yang dilakukan Felix.,dkk pengklasifikasian penyakit tomat melalui daun dengan 200 citra yang terbagi dalam 4 kelas yaitu, sehat, terserang penyakit *septorial leaf spot*, *tomato mosaic* dan *tomato yellow leaf curl* dengan *pre-processing* RGB ke HSV lalu HSV ke *grayscale* dan ekstraksi fitur GLCM menggunakan *support vector machine* (SVM) dan CNN, menghasilkan nilai rata-rata akurasi pengujian CNN lebih tinggi sebesar 97.5% dan *error* lebih rendah sebesar 5% dibanding pengujian SVM sebesar 95% dan *error* 10% [12].

Oleh karena itu, berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian ini menerapkan penggunaan metode terbaik algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) sebagai klasifikasi citra *CT-Scan histopathological* kanker paru dengan 2 jenis ekstraksi fitur yaitu, *Hue*, *Saturation*, *Value* (HSV) dan *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM). Sehingga diharapkan penelitian ini mendapatkan hasil akurasi yang baik.

2. DASAR TEORI

a. Kanker Paru

Kanker paru merupakan pertumbuhan sel-sel yang berada di paru secara tidak teratur lalu membentuk sebuah jaringan yang disebut tumor. Tumor dapat dikategorikan menjadi tumor *non-kanker* dan tumor kanker, dimana tumor ganas atau kanker tersebut memiliki kemampuan untuk menyebar secara luas dan cepat pada bagian organ lain yang berada didalam tubuh [13].

b. Klasifikasi

Klasifikasi merupakan metode yang digunakan untuk mengelompokan atau mengkategorikan berdasarkan ciri tertentu ke dalam kelas atau jenis yang lebih terstruktur sehingga objek dapat dikenali, dibedakan dan dipahami oleh suatu sistem yang menjalankannya [14].

c. Fitur

Fitur merupakan ciri unik yang mempunyai khas tersendiri dari suatu objek. Fitur dibedakan menjadi 2, yaitu alami dan buatan, dimana fitur alami berasal dari sebuah gambar, misal *brightness* dan tepian dari objek itu sendiri. Sedangkan fitur buatan berasal dari operasi tertentu yang dilakukan pada gambar, misal *gray level histogram* (Gualtieri et al, 1985) [15].

d. Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur atau *feature extraction* merupakan proses pengambilan ciri dari suatu bentuk dimana hasil nilai tersebut dilakukan analisis untuk ke tahap selanjutnya. Tujuan ekstraksi fitur mencari daerah tertentu pada suatu gambar dengan menghitung jumlah *pixel* dalam setiap pengecekan gambar dari berbagai arah. Ekstraksi fitur terbagi 3 yaitu, ekstraksi fitur bentuk, tekstur dan warna [16]. Namun dalam penelitian ini hanya menggunakan ekstraksi fitur tekstur dan warna, dimana ekstraksi fitur tekstur dengan teknik yang paling

terkenal menggunakan *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) untuk mencari derajat keabuan yang dipisahkan oleh *distance* dan *angle's* serta ekstraksi fitur warna dengan komposisi warna *Red, Green, Blue* (RGB) yang dilakukan konversi menjadi *Hue, Saturation, Value* (HSV) [15] [16].

e. *Gray Level Co-occurrence Matrix*

Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) merupakan teknik analisis untuk mengekstraksi nilai tekstur yang memiliki hubungan antar *pixel* dengan berdasarkan statistik orde ke-2 yang menghasilkan bentuk *matrix* untuk mempresentasikan hubungan antara 2 *pixel* bertetangga (*neighbouring pixels*) yang memiliki intensitas keabuan (*grayscale intensity*), *distance* dan *angel's* [17]. Terdapat 4 sudut yang digunakan pada penelitian ini, diantaranya sudut 0°, 45°, 90°, dan 135° dengan 4 fitur yang digunakan untuk mendapatkan nilai tekstur berupa *Energy, Contrast, Correlation, dan Homogeneity* [18]. Berikut adalah penjelasan dari beberapa fitur pada GLCM:

1. *Energy*

Energi merupakan ciri yang digunakan untuk mengukur konsentrasi pasangan *matrix intensity* [18].

Persamaan energi:

$$Energy = \sum_{i,j} p(i,j)^2 \quad (2.1)$$

2. *Contrast*

Kontras merupakan perhitungan jumlah nilai pada variasi tingkat intensitas keabuan dalam matriks *co-occurrence* berdasarkan jarak antara *pixel* 1 dengan *pixel* lain yang berdekatan [18]. Persamaan kontras:

$$Contrast = \sum_{i,j} |i-j|^2 p(i,j) \quad (2.2)$$

3. *Correlation*

Korelasi merupakan ukuran representasi dari keterkaitan linear antar nilai citra keabuan, berkisar dari -1 – 1 [18]. Persamaan korelasi:

$$Correlation = \sum_{i,j} (i-\mu_i)(j-\mu_j)p(i,j) / \sigma_i\sigma_j \quad (2.3)$$

4. *Homogeneity*

Homogenitas merupakan pengukuran tingkat kesamaan variasi dalam intensitas keabuan pada citra. Nilai homogenitas akan tinggi jika nilai *pixel* mempunyai nilai keabuan yang sama [18]. Persamaan homogenitas:

$$Homogeneity = \sum_{i,j} p(i,j) / 1+|i-j| \quad (2.4)$$

Keterangan:

p = matriks normalisasi GLCM

i = indeks baris matriks p

j = indeks kolom matriks p

f. *Hue, Saturation, Value*

Ruang warna HSV mendefinisikan warna *Hue* yang menyatakan warna *real*, seperti *red, green, violet* dan *yellow, Saturation* yang menyatakan tingkat kemurnian warna, dengan mengidentifikasi berapa banyak warna putih yang diberikan pada warna, dan *Value* yang menyatakan atribut dari banyaknya *brightness* yang diterima oleh mata tanpa memperdulikan warna. Konversi dari RGB (*red, green, blue*) ke HSV dapat dilakukan dengan persamaan-persamaan berikut: [11][12].

$$r = R / r+g+b, g = G / r+g+b, b = B / r+g+b \quad (2.5)$$

$$V = \max(r,g,b) \quad (2.6)$$

$$Vm = V - \min(r,g,b) \quad (2.7)$$

$$S = \begin{cases} 0 \\ \frac{Vm}{V} \end{cases}, \text{ Jika } V = 0 \text{ \& \text{ jika } } V > 0 \quad (2.8)$$

$$H = \begin{cases} 0^\circ \\ 60^\circ \times \left[\frac{g-b}{V_m} \bmod 6 \right] \\ 60^\circ \times \left[2 + \frac{(b-r)}{V_m} \right] \\ 60^\circ \times \left[2 + \frac{(r-g)}{V_m} \right] \end{cases}, \text{ Jika } S = 0 \ \& \ V = g, \ V = b = 0 \ \& \ \text{jika } V > 0 \quad (2.9)$$

Keterangan:

R = red, G = green, B = blue

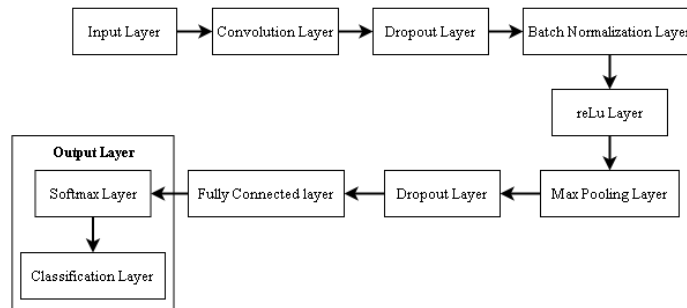
r = nilai R yang dinormalisasi, g = nilai G yang dinormalisasi, b = nilai b yang dinormalisasi

H = hue, S = saturation, V = value

V_m = hasil pengurangan nilai tinggi dengan rendah pada value

g. Convolution Neural Network

CNN digunakan untuk mengenali *object* pada sebuah gambar yang terdiri dari neuron dengan *weight*, *bias* dan *activation function*, serta *neuron* 3D yang tersusun sedemikian rupa sehingga membentuk sebuah *filter* dengan lebar, tinggi dan kedalaman. Lebar dan tinggi yang merupakan ukuran *layer*, sedangkan kedalaman mengacu pada jumlah *layer* [10][11]. Pada penelitian ini, tahapan CNN yang digunakan terdiri dari:



Gambar 1. CNN Model

h. Confusion Matrix

Salah satu teknik pengolahan yang dapat digunakan untuk mengukur kinerja sistem yang berkaitan dengan *machine learning* dengan model yang khususnya berupa kasus klasifikasi adalah *confusion matrix* dengan perbandingan klasifikasi merupakan hasil *real*. Dalam *confusion matrix* perhitungan performa yang paling umum digunakan berupa akurasi atau model penggambaran seberapa akuratnya hasil klasifikasi secara benar dari keseluruhan data, atau akurasi merupakan pendekatan dari nilai prediksi dan nilai *real* [19].

Persamaan akurasi:

$$Accuracy = (TP + TN) / (TP + FP + FN + TN) \quad (2.10)$$

Keterangan:

TP = data positif yang diprediksi benar.
 TN = data negatif yang diprediksi benar.
 FP = data negatif namun diprediksi data positif.
 FN = data positif namun diprediksi data negatif.

3. METODOLOGI PENELITIAN

a. Analisis Permasalahan

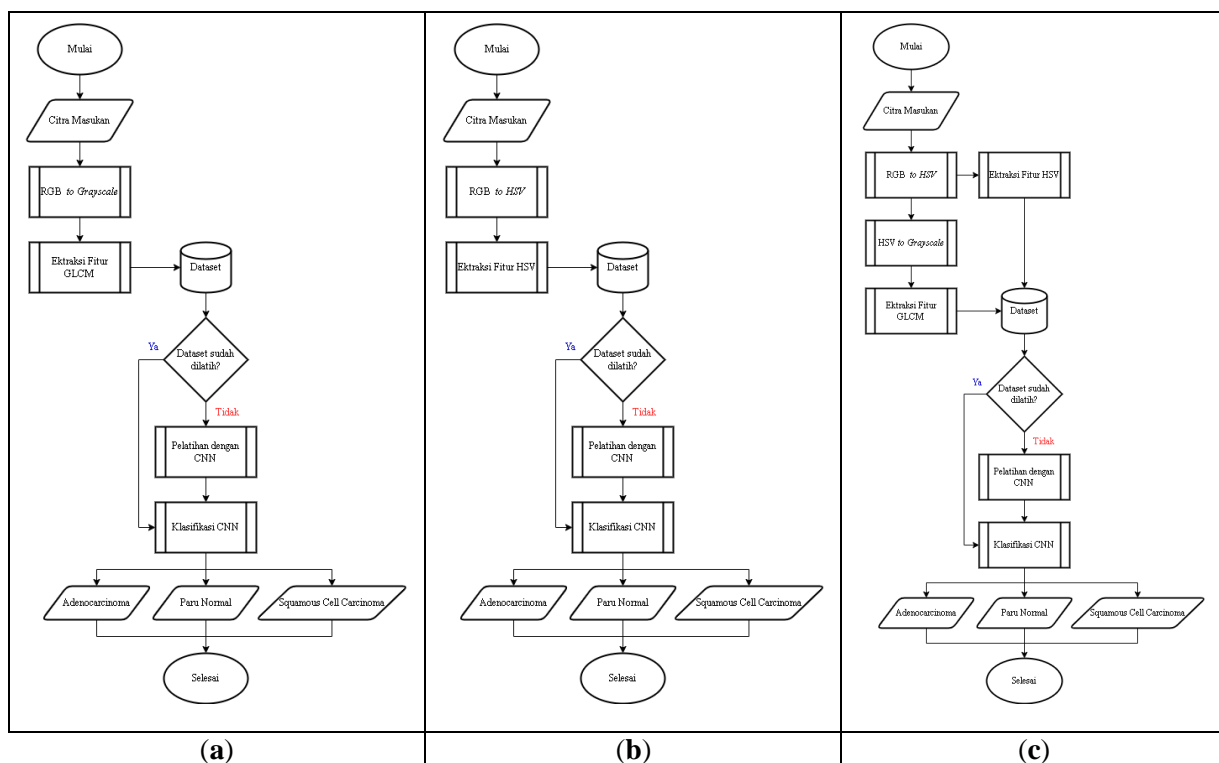
Dalam penelitian ini analisis jenis terhadap klasifikasi kanker paru menggunakan data citra *CT-Scan histopathological* dengan banyak penggunaan metode algoritma yang diajukan sebagai penentu nilai akurasi dengan melalui tahapan *pre-processing* dari penambahan ekstraksi fitur untuk metode klasifikasi. Namun masih banyak peneliti menganggap bahwa hasil performa yang didapat belum sepenuhnya maksimal. Oleh karena itu peneliti mengajukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana perbandingan performa algoritma CNN dengan ekstraksi fitur GLCM dan HSV dalam pengolahan citra klasifikasi kanker paru.

b. Data

Sumber data yang digunakan pada penelitian ini merupakan dataset citra *CT-Scan histopathological* kanker paru yang terbagi ke dalam 3 jenis kelas yaitu, *Adenocarcinoma*, *Normal* dan *Squamous Cell Carcinoma* dengan masing-masing citra berformat .JPEG yang berasal dari *website Kaggle*.

c. Tahapan Penelitian

Sistem klasifikasi jenis kanker paru yang dikembangkan pada penelitian ini dimodelkan dengan *flowchart* sebagai berikut:



Gambar 2. Contoh gambar: (a) Klasifikasi kanker paru dengan ekstraksi fitur GLCM dan algoritma CNN; (b) Klasifikasi kanker paru dengan ekstraksi fitur HSV dan algoritma CNN; (c) Klasifikasi kanker paru dengan gabungan kedua ekstraksi fitur GLCM – HSV dan algoritma CNN.

Seluruh contoh gambar Citra masukan berupa *CT-Scan histopathological* kanker paru sebagai data latih melalui *pre-processing*, pada Gambar a. RGB to grayscale untuk dilakukan perhitungan ekstraksi fitur GLCM dengan 4 jenis fitur yaitu, *Energy*, *Contrast*, *Homogeneity* dan *Correlation* serta 4 macam sudut 0°, 45°, 90°, dan 135°, Gambar b. RGB to HSV untuk dilakukan perhitungan nilai ekstraksi fitur, dan Gambar c. RGB ke HSV, HSV ke grayscale lalu mencari nilai masing-masing dari ekstraksi fitur GLCM dan HSV. Dengan seluruh proses menggunakan metode algoritma klasifikasi CNN untuk mendapatkan hasil jenis kanker.

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= (\text{TP}) / (\text{total dataset}) \\ &= (57 + 54 + 23) / (186) \\ &= (134) / (186) \\ &= 0.72 \end{aligned}$$

	1	2	3
1	57	2	3
2	2	54	4
3	23	16	23

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

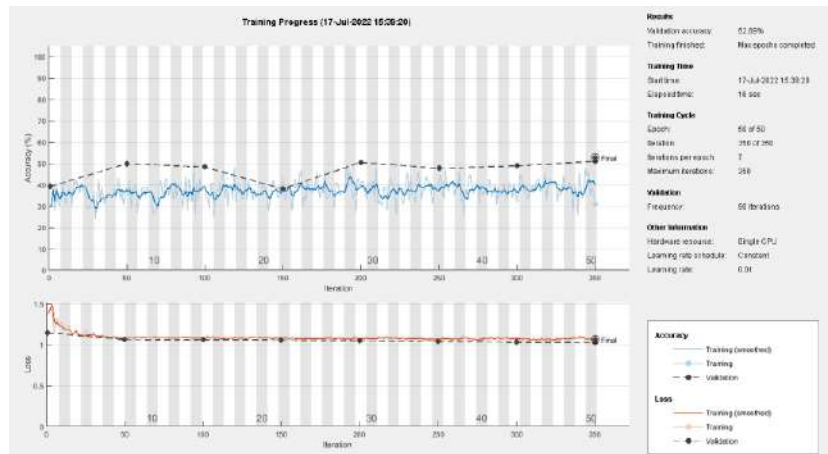
Analisis hasil dilakukan pada perbandingan performa pengujian menggunakan metode klasifikasi algoritma CNN dengan bantuan masing-masing ekstraksi fitur yaitu GLCM dan HSV, dimana GLCM menggunakan 4 fitur, *Energy*, *Contrast*, *Homogeneity* dan *Correlation* serta 4 perhitungan sudut 0°, 45°, 90°, dan 135° untuk mendapatkan nilai rata-rata akurasi sebagai berikut.

a. Akurasi pengujian menggunakan ekstraksi fitur GLCM dan algoritma CNN.

Pengujian pertama dilakukan pada citra kanker paru berskala warna RGB yang ditransformasi kedalam bentuk grayscale untuk dilakukan perhitungan nilai ekstraksi fitur GLCM. Sebagai contoh, berikut merupakan 5 sampel perhitungan ekstraksi fitur pada masing-masing jenis kanker paru yang berbentuk matrix. Dengan contoh hasil perhitungan ekstraksi yang didapatkan tersebut dijadikan sebagai data uji.

Tabel 2. Perhitungan Matrix Ekstraksi Fitur GLCM

Jenis	Energy	Contrast	Homogeneity	Correlation	Jenis	Energy	Contrast	Homogeneity	Correlation
1	0,3145	0,0790	0,0790	0,9556	2	0,2814	0,0989	0,9512	0,9734
1	0,1765	0,1049	0,1049	0,9675	2	0,3086	0,0696	0,9654	0,9820
1	0,2184	0,0698	0,0698	0,9719	2	0,1903	0,0931	0,9535	0,9755
1	0,1849	0,1023	0,1023	0,9711	2	0,3193	0,0713	0,9646	0,9766
1	0,1573	0,1369	0,1369	0,9683	2	0,3680	0,0572	0,9714	0,9834
3	0,3134	0,0616	0,9692	0,9727	3	0,3365	0,0889	0,9556	0,9431
3	0,2587	0,1043	0,9479	0,9520	3	0,2200	0,1069	0,9466	0,9606
3	0,2546	0,1233	0,9384	0,9334					



Gambar 3. Akurasi Klasifikasi Fitur GLCM - CNN

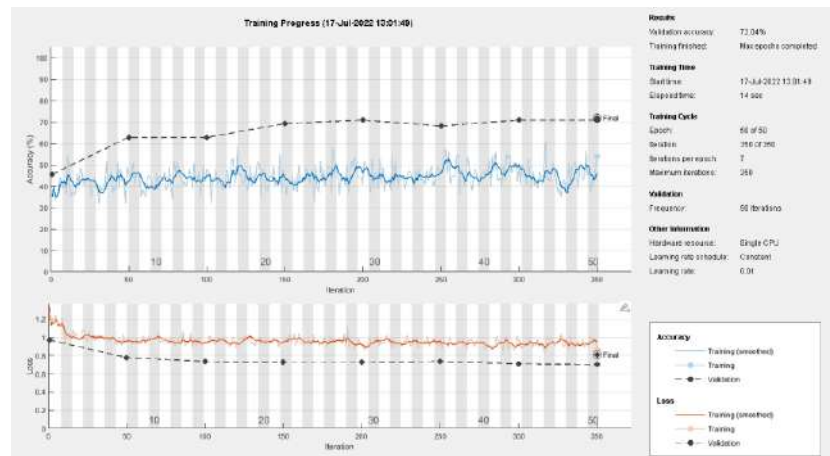
Sehingga akurasi yang didapat dari pengujian keseluruhan sampel sebanyak 930 citra jenis kanker paru pada perhitungan ekstraksi fitur GLCM dan klasifikasi algoritma CNN dengan pembagian 80% data latih dan 20% data uji, serta *epoch* = 50 dan *batch size* = 100, mendapatkan hasil rata-rata akurasi sebesar 52.69%.

b. Akurasi pengujian menggunakan ekstraksi fitur HSV dan algoritma CNN

Pengujian kedua dilakukan pada citra kanker paru berskala warna RGB yang ditransformasi kedalam skala warna HSV untuk dilakukan perhitungan nilai ekstraksi fitur HSV. Sebagai contoh, berikut merupakan 5 sampel perhitungan ekstraksi fitur pada masing-masing jenis kanker paru yang berbentuk *matrix*. Dengan contoh hasil perhitungan ekstraksi yang didapatkan tersebut dijadikan sebagai data uji.

Tabel 3. Perhitungan Matrix Ekstraksi Fitur HSV

Jenis	Hue	Saturation	Value	Jenis	Hue	Saturation	Value
1	0,7644	0,3029	0,9155	2	0,8307	0,2558	0,8007
1	0,7032	0,4920	0,8876	2	0,6839	0,2409	0,7943
1	0,7213	0,5039	0,9058	2	0,7550	0,3182	0,7768
1	0,7309	0,4489	0,8605	2	0,8389	0,2197	0,8083
1	0,6913	0,4563	0,8398	2	0,8422	0,2252	0,8181
3	0,7231	0,4496	0,9046	3	0,7217	0,3661	0,9151
3	0,7298	0,5516	0,8500	3	0,7310	0,5336	0,8803
3	0,7225	0,4696	0,8783				



Gambar 4. Akurasi Klasifikasi Fitur HSV - CNN

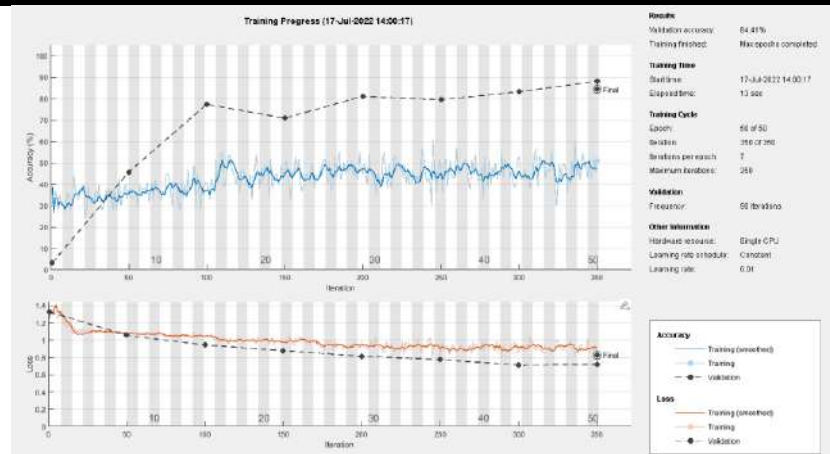
Sehingga akurasi yang didapat dari pengujian keseluruhan sampel sebanyak 930 citra jenis kanker paru pada perhitungan ekstraksi fitur HSV dan klasifikasi algoritma CNN dengan pembagian 80% data latih dan 20% data uji, serta $epoch = 50$ dan $batch\ size = 100$, mendapatkan hasil rata-rata akurasi sebesar 72.04%.

c. Akurasi pengujian menggunakan gabungan kedua ekstraksi fitur GLCM - HSV dan algoritma CNN

Pengujian terakhir dilakukan pada citra kanker paru berskala warna RGB yang ditransformasi kedalam skala warna HSV, lalu HSV ke *grayscale*, untuk dilakukan perhitungan nilai gabungan kedua ekstraksi fitur GLCM - HSV. Sebagai contoh, berikut merupakan 5 sampel perhitungan ekstraksi fitur pada masing-masing jenis kanker paru yang berbentuk *matrix*. Dengan contoh hasil perhitungan ekstraksi yang didapatkan tersebut dijadikan sebagai data uji.

Tabel 4. Perhitungan Matrix Kedua Ekstraksi Fitur GLCM - HSV

J	Hue	S	V	E	C	H	K	J	Hue	S	V	E	C	H	K
1	0,7644	0,3029	0,9155	0,3971	0,0458	0,9771	0,9444	2	0,8307	0,2558	0,8007	0,3377	0,1243	0,9586	0,9441
1	0,7032	0,4920	0,8876	0,2770	0,0607	0,9697	0,9616	2	0,6839	0,2409	0,7943	0,3120	0,0590	0,9711	0,9825
1	0,7213	0,5039	0,9058	0,3747	0,0391	0,9805	0,9604	2	0,7550	0,3182	0,7768	0,1965	0,0925	0,9577	0,9719
1	0,7309	0,4489	0,8605	0,3206	0,0566	0,9717	0,9572	2	0,8389	0,2197	0,8083	0,4024	0,0762	0,9723	0,9511
1	0,6913	0,4563	0,8398	0,2640	0,0761	0,9620	0,9563	2	0,8422	0,2252	0,8181	0,3981	0,0797	0,9742	0,9571
3	0,7231	0,4496	0,9046	0,5555	0,0277	0,9861	0,9521	3	0,7217	0,3661	0,9151	0,4243	0,0611	0,9695	0,9123
3	0,7298	0,5516	0,8500	0,3867	0,0581	0,9710	0,9295	3	0,7310	0,5336	0,8803	0,3610	0,0588	0,9706	0,9410
3	0,7225	0,4696	0,8783	0,5285	0,0490	0,9755	0,9273								



Gambar 5. Akurasi Klasifikasi Fitur GLCM - HSV - CNN

Sehingga akurasi yang didapat dari pengujian keseluruhan sampel sebanyak 930 citra jenis kanker paru pada perhitungan gabungan kedua ekstraksi fitur GLCM - HSV serta klasifikasi algoritma CNN dengan pembagian 80% data latih dan 20% data uji, serta *epoch* = 50 dan *batch size* = 100, mendapatkan hasil rata-rata akurasi sebesar 84.41%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang didapat dari perbandingan performa algoritma CNN pada 3 ekstraksi fitur, mendapatkan kesimpulan dengan rincian sebagai berikut:

1. Pengujian pertama yang dilakukan menggunakan ekstraksi fitur GLCM dengan 4 fitur berupa Energy, Contrast, Homogeneity dan Correlation, serta 4 jenis sudut 0° , 45° , 90° , dan 135° , mendapatkan hasil rata-rata akurasi dari perhitungan nilai *matrix* sebesar 52.69%.
2. Pengujian kedua yang dilakukan menggunakan ekstraksi fitur HSV berupa Hue, Saturation dan Value, mendapatkan hasil rata-rata akurasi dari perhitungan nilai *matrix* sebesar 72.04%.
3. Pengujian ketiga yang dilakukan menggunakan gabungan kedua ekstraksi fitur GLCM dan HSV, dimana GLCM dengan 4 fitur berupa Energy, Contrast, Homogeneity dan Correlation, serta 4 jenis sudut 0° , 45° , 90° , dan 135° , mendapatkan hasil rata-rata akurasi dari perhitungan nilai *matrix* sebesar 84.41%.

Sehingga dapat disimpulkan, implementasi yang dilakukan pada pengujian metode algoritma CNN dengan penggunaan gabungan kedua ekstraksi fitur GLCM dan HSV bersamaan untuk klasifikasi jenis kanker paru terbukti dapat meningkatkan performa pengujian dengan mendapatkan hasil rata-rata nilai akurasi paling baik dan tinggi sebesar 84.41%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Rasa TerimaKasih saya ucapkan kepada semua pihak yang terlibat dalam proses pembuatan Jurnal Penelitian ini, Ibu Desti Fitriati, S.Kom selaku Dosen Pembimbing saya, segenap keluarga besar Program Studi Fakultas Teknik Informatika Universitas Pancasila, Ibu saya tercinta, sahabat dan orang terdekat saya, serta pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, Saya menyadari bahwa penelitian ini tidak mungkin dapat selesai tanpa adanya bantuan, bimbingan, dan nasihat dari berbagai pihak, semoga segala kebaikan dan pertolongan yang telah siberikan mendapat balasan melimpah berkah dari Allah SWT. Akhir kata saya menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, saya mengarapkan saran dan kritik dengan sifat membangun dari semua pihak demi memperbaiki penelitian ini. TerimaKasih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] World Health Organization, *Cancer*. World Health Organization. [Online] from <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cancer> (2022). [Accessed on June 7th 2022].
- [2] Cancer Treatment Centers of America, *What is cancer, is it common & how do you get it*. [Online] from <https://www.cancercenter.com/what-is-cancer> (2022). [Accessed on June 7th 2022].
- [3] Direktorat P2PTM, Apa itu Kanker?. [Online] from <http://p2ptm.kemkes.go.id/infographic-p2ptm/penyakit-kanker-dan-kelainan-darah-apa-itu-kanker> (2019). [Accessed on June 8th 2022].
- [4] World Health Organization, *Cancer*. [Online] from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cancer>(2022). [Accessed on June 8th 2022].

-
- [5] World Health Organization, *Cancer today, incidence and mortality rates (World) in 2020*. [Online] from <https://bit.ly/3MG4BmO> (2022). [Accessed on June 8th 2022].
- [6] Ciputra Hospital, Organ Paru-Paru Manusia. [Online] from <https://ciputrahospital.com/organ-paru-paru-manusia/> (2021). [Accessed on June 8th 2022].
- [7] Keluarga, M. Fakta Seputar Kanker Paru: Penyebab, Gejala, dan Pengobatan. [Online] from <https://www.mitrakeluarga.com/artikel/artikel-kesehatan/kanker-paru> (2022). [Accessed on June 10th 2022].
- [8] Mount Elizabeth, *Lung Cancer*. [Online] from <https://www.mountelizabeth.com.sg/id/facilities-services/centre-excellence/cancer/lung-cancer>. [Accessed on June 10th 2022].
- [9] DocDoc: Transforming Healthcare, Empowering Lives, Apa itu *CT Scan* paru-paru: gambaran umum, manfaat, dan hasil yang diharapkan. [Online] from <https://www.docdoc.com/id/info/procedure/pemindaian-ct-paru-paru> (2020). [Accessed on June 10th 2022].
- [10] M. Fathurahman, R.A. Nurmufthi, E. Suherlan. *Jurnal Teknologi Informasi YARSI (JTIY). Klasifikasi Tipe Sel Normal/Abnormal Berdasarkan Citra Pap-Smear Menggunakan Convolutional Neural Network*, **6**,1:35-41(2019).
- [11] I. Pelindungan, Risnawati. *Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer dan Aplikasinya (SENAMIKA). Pengenalan Tanaman Cabai Dengan Teknik Klasifikasi Menggunakan Metode CNN* (2020).
- [12] Felix, S. Faisal, T. F. M. Butarbutar, P. Sirait. *Jurnal SIFO Mikroskil. Implementasi CNN dan SVM untuk Identifikasi Penyakit Tomat via Daun*, **20**, 2, (2019).
- [13] Bumrungrad International Hospital, *Kanker Paru-paru - Pulmonary Center*. [Online] from <https://www.bumrungrad.com/id/conditions/lung-cancer>. [Accessed on June 18th 2022].
- [14] Klasifikasi - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas
- [15] Doavers, Apa itu ekstraksi fitur pada citra digital. [Online] from <https://www.doavers.com/blog/apa-itu-ekstraksi-fitur-pada-citra-digital> (2018). [Accessed on June 18th 2022].
- [16] Pemrograman Matlab, Ekstraksi ciri citra. [Online] from <https://pemrogramanmatlab.com/pengolahan-citra-digital/ekstraksi-ciri-citra-digital/> (2019). [Accessed on June 18th 2022].
- [17] M. A. Rohman, P. Mudjirahardjo, M. A. Muslim. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro. Implementasi Filter Gray Level Co-Occurance Matriks Terhadap Sistem Klasifikasi Kanker Payudara Dengan Metode Convolutional Neural Network*, **23**, 4, (2021).
- [18] Mathworks, *Graycoprops*. [Online] from <https://www.mathworks.com/help/images/ref/graycoprops.html>. [Accessed on June 25th 2022].
- [19] Medium, *Confusion matrix* untuk evaluasi model pada *supervised learning*. [Online] from [Confusion Matrix untuk Evaluasi Model pada Supervised Learning | by Kuncachyo Setyo Nugroho | Medium](https://www.medium.com/@kuncachyo-setyo-nugroho/evaluation-matrix-for-supervised-learning) (2019). [Accessed on June 25th 2022].

Rancang Bangun Sistem Informasi Pengelolaan Kontrakan Berbasis Web

Raihan Hafiz¹, Desti Fitriati¹

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

Abstrak. Semakin meningkatnya jumlah pendatang membuat maraknya bentuk usaha rumah kontrakan. Para pekerja ataupun mahasiswa yang berasal dari luar daerah tentunya membutuhkan tempat tinggal dengan informasi yang benar, akurat serta lengkap mengenai tempat tinggal tersebut. Para pekerja atau mahasiswa harus mendatangi satu per satu untuk mencari informasi seputar tempat tinggal tersebut yang memakan waktu serta biaya. Rumah kontrakan merupakan salah satu tempat penyedia jasa penginapan atau tempat tinggal sementara yang terdiri dari beberapa kamar. Dengan beberapa fasilitas yang ditawarkan atau disediakan dan juga memiliki harga yang telah ditentukan oleh pemilik kontrakan. Metode pengumpulan data yang dilakukan untuk memperoleh data sistem yaitu dengan cara studi literatur, wawancara dengan narasumber dan observasi. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan penyampaian informasi yang digunakan oleh Kharasa House masih melalui word of mouth, serta mengiklankan di berbagai media sosial. Namun penyampaian informasi yang dilakukan tersebut masih belum maksimal. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka diperlukan sistem informasi berbasis web pada pemasaran bisnis kontrakan Kharasa House, dengan menyajikan informasi kontrakan yang lengkap dan akurat serta membantu dalam mengelola ketersediaan kontrakan secara realtime efektif, dan cepat. Metode perancangan yang digunakan yaitu dengan pemodelan System Development Life Cycle (SDLC) Waterfall. Membangun serta menerapkan sistem informasi berbasis web untuk memasarkan serta mengelola kontrakan pada Kharasa House dengan tujuan agar pemilik mudah dalam mengelola kontrakan dan penghuni kontrakan. Serta dapat memaksimalkan pemasaran dengan menyajikan informasi yang lengkap sehingga para pencari kontrakan mudah dalam menerima informasi dan melakukan pemesanan kontrakan.

Kata kunci—sistem informasi; rumah kontrakan; sdlc.

1. PENDAHULUAN

Setiap tahun tidak sedikit orang mencari pekerjaan ataupun melanjutkan studinya diluar kota. Para pekerja ataupun mahasiswa yang berasal dari luar daerah tentunya membutuhkan tempat tinggal, baik itu menumpang dirumah saudara ataupun tinggal di kontrakan. Semakin meningkatnya jumlah pendatang membuat maraknya bentuk usaha rumah kontrakan[1]. Para pekerja ataupun mahasiswa yang akan mencari rumah kontrakan sebagai tempat tinggalnya tentunya memerlukan informasi yang benar, akurat serta lengkap mengenai rumah kontrakan ini, para pekerja ataupun mahasiswa biasanya menggunakan cara manual seperti bertanya pada masyarakat setempat yang dekat dengan kampus maupun tempat pekerjaan, berkeliling di sekitar tempat kerja atau kampus dimana mereka akan bekerja ataupun kuliah, membaca iklan di pamflet yang ditempel di tiang, mencari informasi seputar kontrakan melalui media sosial seperti, facebook dan lain-lain.

Seiring berkembang pesatnya teknologi informasi sebagian besar aspek kehidupan manusia telah dibantu dengan adanya komputer, laptop, smartphone dan lainnya[2]. Salah satu manfaatnya dalam kehidupan manusia adalah untuk mengelola, mengakses dan menyebarluaskan informasi juga mempengaruhi kegiatan dari bisnis yang dikelola. Dengan teknologi informasi, semua informasi yang bersifat publik dapat mudah diakses oleh siapapun dan kapanpun. Informasi bersifat publik dan dapat diakses dengan mudah sangat diperlukan oleh penyedia jasa penginapan atau tempat tinggal sementara dalam memasarkan kontrakannya.

¹ Corresponding author: raihanhafiz307@gmail.com

Peran teknologi informasi menjadi solusi dalam memasarkan kontrakan yang dikelola, salah satunya sistem informasi. Sistem informasi mempunyai dampak yang cukup besar terhadap perkembangan suatu usaha yang dikelola[3]. Informasi yang berkualitas atau bernilai tinggi hanya akan dapat dihasilkan dari sebuah sistem informasi yang juga berkualitas. Penggunaan atau pemanfaatan sistem informasi dalam suatu usaha sangat penting, bahkan di era seperti sekarang ini hampir semua pekerjaan menggunakan sistem informasi untuk mempermudah proses pelayanan ataupun penyediaan informasi. Banyak sekali manfaat dari penggunaan suatu sistem informasi bagi suatu usaha yaitu akan lebih mudah dan cepat dalam penyelesaian suatu urusan ataupun pekerjaan. Selain itu, akan lebih akuratnya suatu data yang disajikan dibandingkan dengan proses manual dan apabila terjadi kesalahan data, akan mudah untuk mengidentifikasinya. Banyak aktivitas manusia yang berhubungan dengan sistem informasi. Sistem informasi telah banyak diterapkan dimana-mana, di kantor, pasar, dan bahkan di rumah ketika pemakai bercengkrama dengan dunia internet melalui teknologi informasi.

Dalam rancang bangun sebuah sistem informasi tidak lepas dari pengembangan dari sistem itu sendiri. System Development Life Cycle (SDLC) merupakan metode yang umum digunakan untuk pengembangan sistem informasi. System Development Life Cycle (SDLC) memiliki banyak model yang dapat menyesuaikan pengembangan dari sistem yang akan dijadikan penelitian. SDLC Waterfall merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan dalam pengembangan sistem. Sering juga disebut air terjun karna prosesnya yang sistematis atau beruwaterutan, dipandang terus mengalir ke bawah melewati fase-fase requirement gathering and analysis, design, implementation, integration and testing, deployment dan operation and maintance.

Penyebaran informasi melalui website lebih efektif dibandingkan melalui media sosial, karena website tidak memiliki batasan dalam penyampaian informasi[4]. Penyebaran informasi berbasis web dapat berperan menyampaikan informasi secara sistematis. Sistem informasi berbasis web merupakan pilihan yang tepat untuk memecahkan masalah yang terjadi pada pemasaran bisnis kontrakan Kharasa House, dengan menyajikan informasi kontrakan yang lengkap dan akurat serta membantu dalam mengelola ketersediaan kontrakan secara realtime efektif, dan cepat.

2. LANDASAN TEORI

a. Sistem Informasi

Menurut O'brian dalam Yakub[5] mengemukakan bahwa Sistem informasi (*information system*) merupakan kombinasi teratur dari orang-orang, perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), dan sumber daya data yang mengumpulkan, dan menyebarkan informasi dalam sebuah organisasi.

Sistem informasi adalah kesatuan sistem terdiri atas orang, *hardware*, *software*, jaringan komunikasi, sumber daya data yang mengumpulkan, mengolah dan menyebarkan informasi dalam sebuah perusahaan[6].

Dari pengertian di atas maka dapat disimpulkan bahwa sistem informasi yaitu kesatuan sistem yang bertujuan untuk menghasilkan informasi dan sebuah sistem yang terdiri dari pengumpulan, pemasukan, pemrosesan data, penyimpanan, pengolahan, pengendalian, dan pelaporan sehingga tercapai sebuah informasi yang mendukung pengambilan keputusan didalam suatu organisasi untuk dapat mencapai sasaran dan tujuannya.

b. Kontrakan

Kontrakan secara sederhana didefinisikan sebagai menempati satu ruang (kamar) rumah seseorang, dengan perjanjian membayar dalam jumlah tertentu sebagai kompensasi sewa dan fasilitas lain di dalamnya[7].

c. Macam-Macam Kontrakan

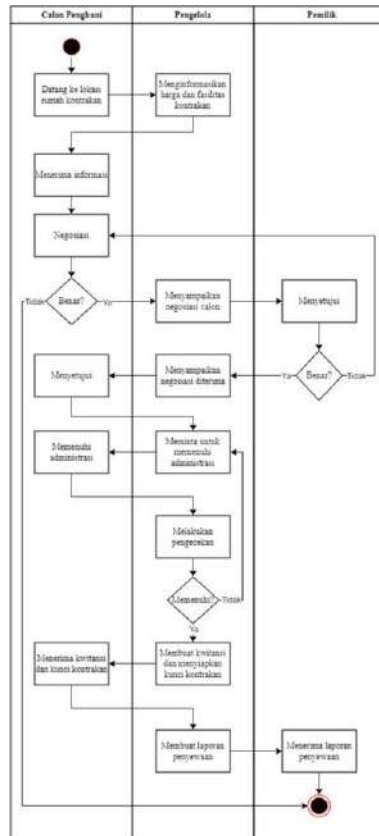
Definisi kontrakan hari ini sebenarnya sudah tidak melulu tepat. Banyak kos dibangun terpisah dari rumah induk, menjadi satu ragam bangun tersendiri. Kamar-kamar kos dibangun membentuk blok berbanjar. Rumah kos modern bahkan dibangun tidak hanya satu kamar dengan kamar mandi dan dapur komunal, tetapi telah dilengkapi kamar mandi di dalam (rumah), dapur, hingga ruang tamu dan ruang keluarga[7].

3. ANALISIS SISTEM YANG SEDANG BERJALAN

Deskripsi sistem yang sedang berjalan bertujuan untuk mengetahui lebih jelas bagaimana kerja suatu sistem dan mengetahui masalah yang dihadapi sistem untuk dapat dijadikan landasan usulan perancangan

sistem yang baru. Adapun deskripsi sistem yang sedang berjalan di rumah kontrakan Kharasa House adalah sebagai berikut :

a. Workflow Pengajuan Sewa

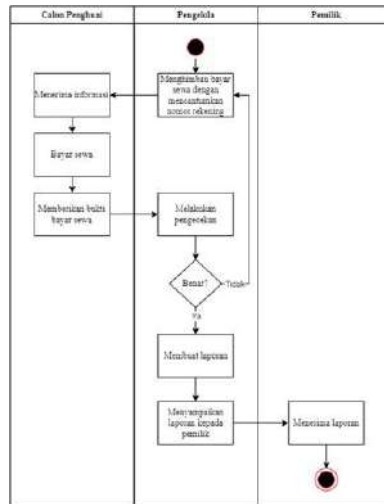


Gambar 1. Workflow Pengajuan Sewa

Mendesripsikan *workflow* pengajuan sewa yang sedang berjalan pada rumah kontrakan Kharasa House. Calon penghuni mengunjungi lokasi rumah kontrakan, pengelola melayani dan menginformasikan harga dan fasilitas kontrakan, calon penghuni menerima informasi lalu melakukan negosiasi, jika tidak melakukan negosiasi proses selesai, namun jika benar maka pengelola menyampaikan negosiasi kepada pemilik, jika pemilik tidak menyetujui maka kembali ke proses negosiasi.

Jika menyetujui maka pengelola menyampaikan persetujuan pemilik kepada calon penghuni, lalu calon penghuni menyetujui, setelah itu pengelola meminta calon penghuni menyelesaikan administrasi, calon penghuni menyelesaikan administrasi dengan menyiapkan ktp dan pembayaran sewa, pengelola melakukan pengecekan, jika tidak memenuhi maka pengelola meminta calon penghuni untuk kembali memenuhi administrasi, jika benar sudah memenuhi pengelola membuat kwitansi dan menyiapkan kunci kontrakan, calon penghuni menerima kwitansi dan kunci kontrakan, lalu pengelola membuat laporan penyewaan dan menyampaikan kepada pemilik, setelah itu pemilik menerima laporan dan proses selesai.

b. Workflow Bayar Sewa

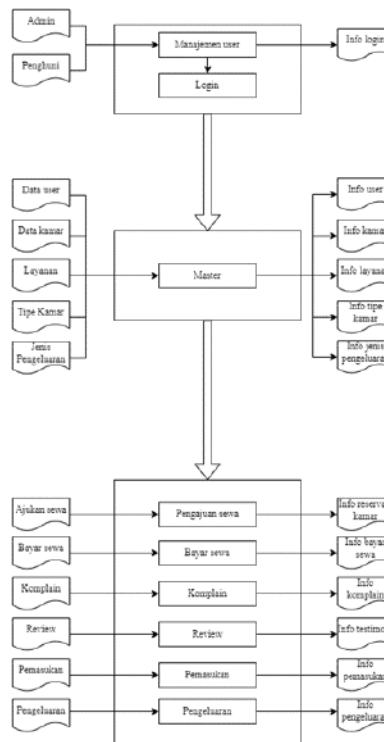


Gambar 2. Workflow Bayar Sewa

Mendeskripsikan *workflow* bayar sewa yang sedang berjalan pada rumah kontrakan Kharasa House. Pengelola menghimbau bayar sewa dengan mencantumkan nomor rekening kepada penghuni, penghuni menerima informasi dan melakukan bayar sewa, lalu penghuni memberikan bukti bayar sewa, pengelola melakukan pengecekan, jika pengecekan tidak benar maka pengelola meminta penghuni untuk kembali melakukan bayar sewa, jika pengecekan benar maka pengelola membuat laporan lalu menyampaikan kepada pemilik, pemilik menerima laporan dan proses selesai.

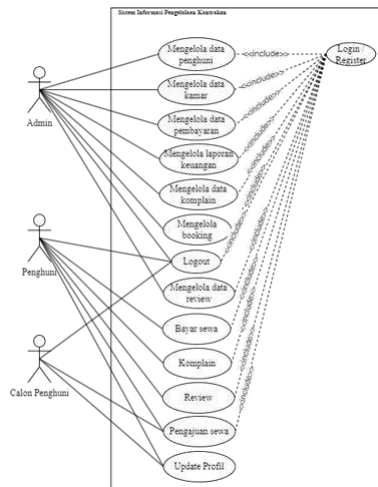
4. PERANCANGAN SISTEM

a. Arsitektur Perangkat Lunak



Gambar 3. Arsitektur Perangkat Lunak

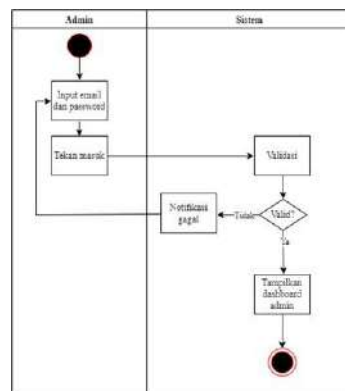
b. Use Case Diagram



Gambar 4. Use Case Diagram

Use Case Diagram terdapat 3 aktor yaitu admin, penghuni dan calon penghuni. Admin perlu melakukan admin terlebih dahulu untuk dapat mengakses pengelolaan data penghuni, mengelola data kamar, mengelola data pembayaran, mengelola laporan keuangan, mengelola data komplain, mengelola booking, dan logout. Penghuni perlu melakukan login atau jika belum memiliki perlu melakukan register untuk dapat mengakses bayar sewa, komplain, testimoni, pengajuan sewa, dan logout. Calon penghuni perlu melakukan login untuk melakukan pengajuan sewa dan logout.

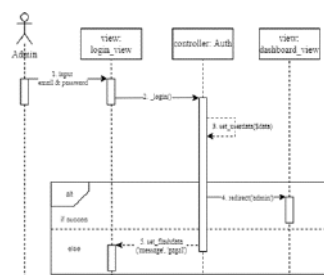
c. Activity Diagram



Gambar 5. Activity Diagram

Activity Diagram Login untuk admin. Proses diawali dengan menginputkan email dan password lalu tekan masuk, sistem akan memvalidasi, jika tidak valid, sistem akan menampilkan notifikasi gagal dan kembali melakukan penginputan email dan password. Namun, jika valid, menampilkan dashboard admin.

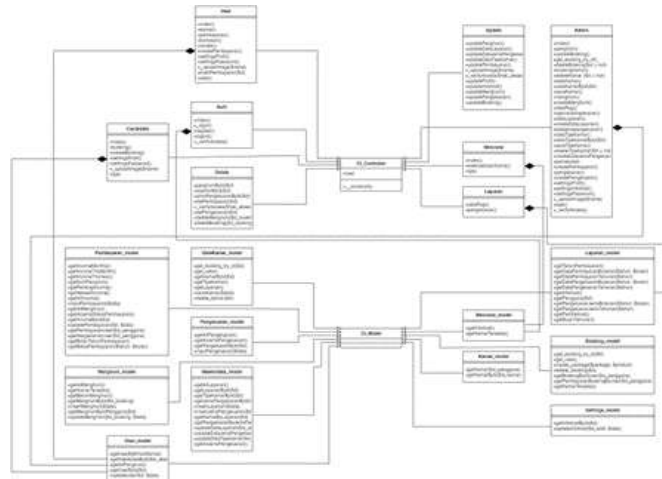
d. Sequence Diagram



Gambar 6. Sequence Diagram

Sequence Diagram Login Admin merupakan proses login oleh admin. Proses dimulai dengan admin input email & password pada login_view, lalu memanggil function _login() pada controller Auth. Controller Auth melakukan set_userdata(\$data), jika sukses maka akan diarahkan ke dashboard_view role admin, jika gagal maka set_flashdata('message', 'gagal').

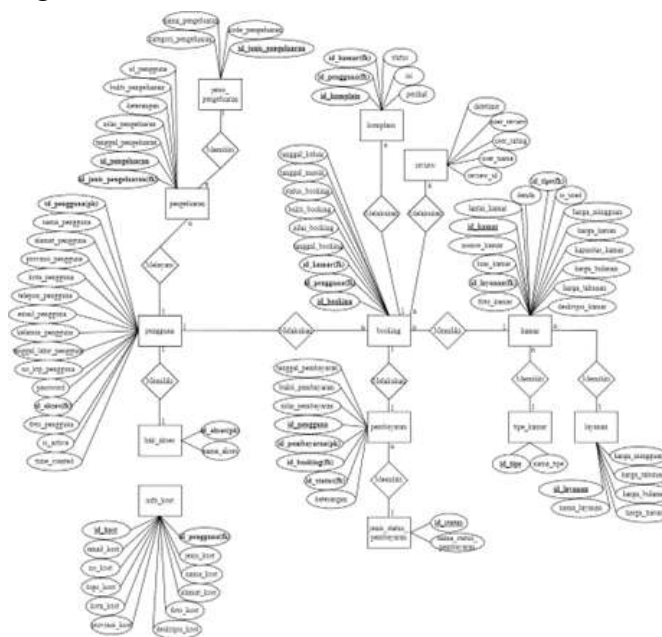
e. Class Diagram



Gambar 7. Class Diagram

Pada Gambar 7 diatas merupakan sebuah class diagram yang memiliki 21 class.

f. Entity Relationship Diagram



Gambar 8. Entity Relationship Diagram

Deskripsi dari gambar Entity Relationship Diagram yang terdiri dari 13 tabel, adalah sebagai berikut :

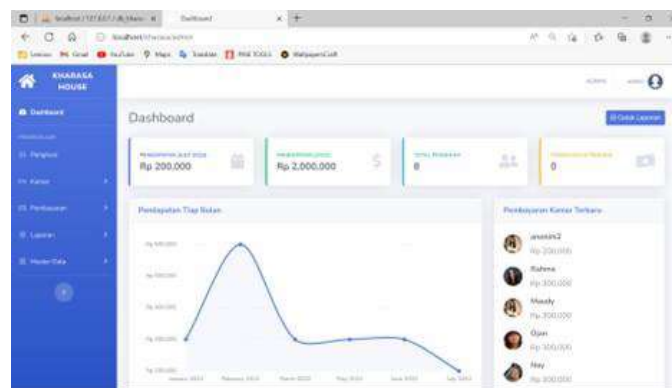
1. info_kost terdiri dari fields : id_kost, jenis_kost, nama_kost, alamat_kost, provinsi_kost, kota_kost, no_kost, email_kost, logo_kost, foto_kost, deskripsi_kost.
2. hak_akses terdiri dari fields : id_akses dan nama_akses.
3. booking terdiri dari fields : id_booking, id_kamar, id_pengguna, tanggal_booking, nilai_booking, bukti_booking, status_booking, tanggal_masuk, dan tanggal_keluar.
4. pengeluaran terdiri dari fields : id_pengeluaran, id_jenis_pengeluaran, tanggal_pengeluaran,

nilai_pengeluaran, keterangan, bukti_keterangan, id_pengguna.

5. komplain terdiri dari fields : id_komplain, id_pengguna, id_kamar, perihal, isi, status.
6. pembayaran terdiri dari fields : id_pembayaran, id_booking, tanggal_pembayaran, nilai_pembayaran, bukti_pembayaran, keterangan, id_status, dan id_pengguna.
7. jenis_status_pembayaran terdiri dari fields : id_jenis_pengeluaran, kode_pengeluaran, kategori_pengeluaran dan nama_status_pembayaran.
8. layanan terdiri dari fields : id_layanan, nama_layanan, harga_harian, harga_mingguan, harga_bulanan, dan harga_tahunan.
9. review terdiri dari fields : review_id, user_name, user_rating, user_review, dan datetime.
10. tipe_kamar terdiri dari fields : id_tipe dan nama_tipe.
11. jenis_pengeluaran terdiri dari fields : id_jenis_pengeluaran, kode_pengeluaran, kategori_pengeluaran, dan nama_pengeluaran.
12. pengguna terdiri dari fields : id_pengguna, nama_pengguna, alamat_pengguna, provinsi_pengguna, kota_pengguna, telepon_pengguna, email_pengguna, kelamin_pengguna, tanggal_lahir_pengguna, no_ktp_pengguna, password, id_akses, foto_pengguna, is_active, time_created
13. kamar terdiri dari fields : id_kamar, nomor_kamar, id_tipe, luas_kamar, lantai_kamar, lantai_kamar, kapasitas_kamar, deskripsi_kamar, id_layanan, harga_bulanan, harga_tahunan, denda, foto_kamar, is_used.

14. IMPLEMENTASI

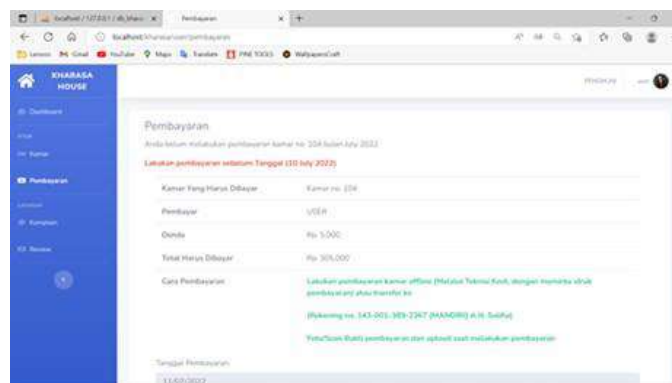
a. Implementasi Menu



Gambar 9. Implementasi Menu

Mendeskripsikan implementasi menu dashboard (admin). Sistem menampilkan dashboard disertai sub-menu pada role admin.

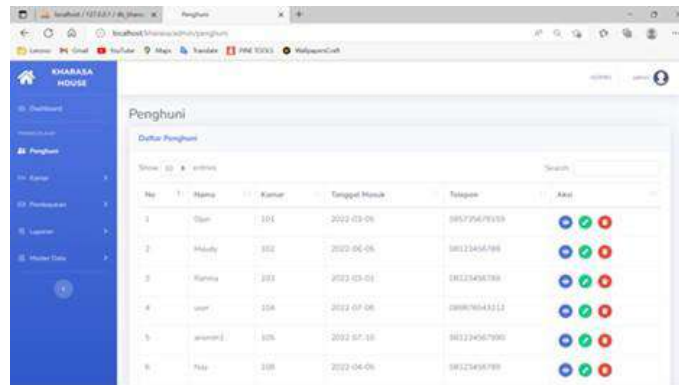
b. Implementasi Input



Gambar 10. Implementasi Input

Mendeskripsikan implementasi input bayar sewa. Sistem menampilkan form input untuk melakukan bayar sewa.

c. Implementasi *Output*

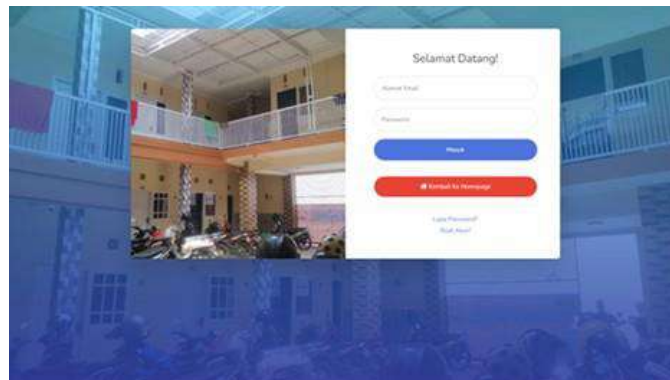


No	Nama	Kamar	Tanggal Masuk	Telepon	Aksi
1	Dimas	101	2022-03-01	08577567833	[Edit] [Hapus] [Tambah]
2	Mahyul	102	2022-04-01	08122454788	[Edit] [Hapus] [Tambah]
3	Rahma	103	2022-03-01	08122454788	[Edit] [Hapus] [Tambah]
4	Yani	104	2022-07-01	08887664311	[Edit] [Hapus] [Tambah]
5	Arwan L	105	2022-07-10	08122454788	[Edit] [Hapus] [Tambah]
6	Nisa	106	2022-04-01	08122454788	[Edit] [Hapus] [Tambah]

Gambar 11. Implementasi *Output*

Mendesripsikan implementasi output data penghuni. Sistem menampilkan data penghuni.

d. Implementasi Proses



Gambar 12. Implementasi Proses

Mendesripsikan implementasi proses login. Pengguna melakukan login ke sistem dengan mengisi form login yang tersedia.

15. **KESIMPULAN**

Kesimpulan dari Sistem Informasi Pengelolaan Kontrakan Berbasis Web pada Kharasa House adalah sebagai berikut:

1. Sistem informasi rumah kontrakan dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP, codeigniter 3 serta phpmySQL sebagai database server. Pengumpulan data diperoleh melalui studi literatur, wawancara dan observasi. Lalu, pengolahan data yang dilakukan menggunakan metode *System Development Life Cycle (SDLC) Waterfall*.
2. Berdasarkan hasil evaluasi kepuasan pengguna yang melibatkan 30 responden, hasil tertinggi yang didapatkan memiliki poin sebesar 55% untuk pernyataan “sangat setuju”, dilanjutkan dengan 44% untuk pernyataan “setuju”, 1% untuk pernyataan “tidak setuju” dan 0% untuk pernyataan “tidak setuju”.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih saya ucapkan kepada semua pihak yang terlibat dalam pembuatan Jurnal Penelitian ini, Ibu Desti Fitriati, S.Kom selaku Dosen Pembimbing saya, Keluarga saya tercinta dan Kawan-kawan Program Studi Fakultas Teknik Informatika Universitas Pancasila. Saya sadari bahwa penelitian ini tidak mungkin dapat selesai tanpa adanya bimbingan dan masukan dari berbagai pihak, semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan melimpah berkah dari Allah SWT. TerimaKasih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Siswidiyanto, Munif, A., Diah, W., & haryadi, E. (2020). Sistem Informasi Penyewaan Rumah Kontrakan Berbasis Web Dengan Menggunakan Metode Prototype. *Interkom*, 38-45.
- [2]. Pratama, K. (2019). RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI BENGKEL ALSINTAN MITRA JAYA BERBASIS WEB MENGGUNAKAN PHP DAN MYSQL. BATUSANGKAR: INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI.
- [3]. Hidayati, N. (2019). Penggunaan Metode Waterfall Dalam Rancang Bangun Sistem Informasi Penjualan. *Generation Journal*, 1-10.
- [4]. Yulistina, D., Baiq, & Arianti, D. D. (2019). E-Katalog Sebagai Sistem Informasi Pemasaran Kopi Sapit Berbasis Web. *EDUMATIC: Jurnal Pendidikan Informatika*, 45-52.
- [5]. Ikke Yamalia, S. S. (2019). Analisa Sistem Informasi Pengolahan Data Nilai Siswa Berbasis Web. *Journal V-Tech*, 75 - 80.
- [6]. Azizah, N., Syawall, M. F., & Fikriansyah, D. C. (2016). SISTEM INFORMASI ABSENSI PEGAWAI PADA SMA NEGERI 15 TANGERANG BERBASIS WEB . *IPSIKOM*, 1 - 7.
- [7]. Pratama, Randi Novian. (2019). Sistem Informasi E-Kosan Sebagai Layanan Pencarian Serta Pemesanan Berbasis Web.

SISTEM INFORMASI PENGELOLAAN INVENTARIS DAN PEMINJAMAN BARANG DI SENAT MAHASISWA FAKULTAS TEKNIK KELUARGA MAHASISWA UNIVERSITAS PANCASILA (SEMA FT-KMUP) BERBASIS WEB

Muhammad Nauval Sesario^{1*} dan Desti Fitriati¹

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

Abstrak. Senat Mahasiswa Fakultas Teknik Keluarga Mahasiswa Universitas Pancasila merupakan lembaga eksekutif mahasiswa yang berada di Fakultas Teknik Universitas Pancasila. Dalam menjalankan roda lembaga mahasiswa, SEMA FT- KMUP memiliki aset berupa barang inventaris dan barang inventaris ini sering kali dipinjamkan ke sesama lembaga mahasiswa yang ada di Universitas Pancasila, saat ini SEMA FT-KMUP dalam melaksanakan pengelolaan barang dan peminjaman barang masih mengalami permasalahan. Dimana masih menggunakan proses konvensional, sehingga dalam hal pencatatan barang inventaris masih terkendala, dan ketika barang dipinjamkan sering kali mempunyai kendala seperti barang yang dipinjamkan tidak kembali dan tidak mempunyai data peminjaman apabila catatan hilang. Maka dari itu untuk menyelesaikan masalah tersebut penelitian ini membuat sebuah sistem informasi berbasis web dalam pembuatannya menggunakan metode *Software Development Life Cycle (SDLC)* dengan model *Waterfall*. Dan pengujian sistem menggunakan *Black Box*. Pembuatan sistem ini bertujuan untuk mempermudah pihak SEMA FT-KMUP untuk mengelola barang inventaris serta peminjaman barang, hasil dari penelitian ini adalah sebuah sistem yang dapat melihat jadwal peminjaman, melakukan peminjaman, pengembalian barang, serta penggantian barang rusak.

Kata kunci—*sistem Informasi; software development life cycle; waterfall, inventaris.*

1. PENDAHULUAN

Sistem informasi sangat dibutuhkan pada saat ini untuk meningkatkan pengawasan segala pekerjaan sehingga dapat dilakukan dengan mudah untuk melakukan pengawasan. Sebuah sistem informasi sangat mempengaruhi kinerja pekerjaan sehingga dalam penggunaan sistem informasi dapat memberikan rasa kepercayaan yang lebih kepada pengguna serta mempercepat dalam pengaksesan yang ada di zaman yang sangat maju saat ini, karena mengharuskan keberadaan sistem informasi untuk sebagai media sarana informasi yang ada. termasuk juga dalam hal untuk proses pengolahan data inventarisasi barang yang ada pada suatu organisasi dan peminjaman barang yang dilakukan sangat membutuhkan sebuah sistem informasi ini [1].

Senat Mahasiswa Fakultas Teknik Keluarga Mahasiswa Universitas Pancasila (SEMA FT-KMUP) merupakan lembaga eksekutif tertinggi di tingkat Fakultas Teknik Universitas Pancasila (SEMA FT-KMUP) sudah pasti memiliki barang dan fasilitas yang tersedia. Biasanya barang dan fasilitas yang dimiliki dicatat didalam catatan inventaris.

Namun Senat Mahasiswa Fakultas Teknik Keluarga Mahasiswa Universitas Pancasila (SEMA FT-KMUP) memiliki masalah ketika mengelola data inventaris yang tersedia, seperti hilangnya catatan yang ada sehingga sulit memproses pencarian barang yang tersedia sehingga pendataan barang inventaris yang ada masih kurang efektif. Dan pada saat ada lembaga mahasiswa lain yang ada di Universitas Pancasila melakukan peminjaman barang masih belum ada proses transaksi peminjaman yang jelas karena proses peminjamannya masih dicatat menggunakan buku, serta tidak ada informasi yang jelas apakah barang yang ingin dipinjam tersedia atau tidak, dan masih mengalami kesalahan informasi terkait barang yang ingin dipinjam memiliki dua peminjam

* Corresponding author: muhammadnauval196@gmail.com

atau lebih di hari yang sama sehingga menyebabkan kesalahan antara peminjam dan pihak Senat Mahasiswa Fakultas Teknik Keluarga Mahasiswa Universitas Pancasila (SEMA FT-KMUP), karena masih banyak kendala terkait informasi yang tidak jelas akan ketersediaan barang itu dapat dipinjam atau tidak. Serta laporan peminjaman dan pengembalian barang mempunyai perbedaan dan tidak diketahui siapa yang mencatat setiap peminjaman dan pengembalian barang. Ketika barang yang dipinjamkan dikembalikan kondisi atau jumlahnya tidak sesuai ketika dipinjam juga masih belum ada, sehingga rata – rata dari peminjam yang merusak atau menghilangkan barang ketika meminjam tidak mengganti barang yang rusak atau dihilangkan.

Dengan melihat permasalahan yang ada diatas maka perlu dibuatnya perancangan sistem informasi pengelolaan inventaris dan peminjaman barang yang terkomputerisasi pada Senat Mahasiswa Fakultas Teknik Keluarga Mahasiswa Universitas Pancasila (SEMA FT-KMUP). Dan perlu adanya fitur untuk melihat jadwal peminjaman barang yang ada sampai kapan, jumlah barang yang tersedia, fitur formulir penggantian barang untuk peminjam ketika diharuskan mengganti barang yang rusak atau dihilangkan. karena hal ini dapat menanggulangi masalah yang ada di Senat Mahasiswa Fakultas Teknik Keluarga Mahasiswa Universitas Pancasila (SEMA FT-KMUP) serta dapat meningkatkan kinerja pada divisi inventaris yang mengatur pengelolaan data barang inventaris dan peminjaman barang yang ada.

Dengan adanya sistem informasi ini diharapkan Senat Mahasiswa Fakultas Teknik Keluarga Mahasiswa Universitas Pancasila (SEMA FT-KMUP) dapat menanggulangi kesalahan kesalahan pada pengelolaan data inventaris serta peminjaman barang yang terjadi antara peminjam dan pihak Senat Mahasiswa Fakultas Teknik Keluarga Mahasiswa Universitas Pancasila (SEMA FT-KMUP).

2. LANDASAN TEORI

a. Sistem

Sistem adalah suatu kumpulan dari jaringan unsur kerja dari prosedur yang saling berhubungan dan terorganisir, saling bergantung antar satu sama lain, berkumpul bersama-sama untuk melakukan tujuan tertentu [2].

b. Informasi

Informasi adalah adalah data yang sudah diolah menjadi sebuah bentuk yang mempunyai arti kepada penerima, informasi juga dapat dikatakan sebagai pengetahuan yang didapat dari pembelajaran, pengalaman, atau instruksi [3].

c. Sistem Informasi

Sistem informasi adalah sistem dalam suatu organisasi yang memenuhi kebutuhan manajemen transaksi sehari-hari, mendukung operasi, secara inheren bersifat administratif, dan menyediakan laporan yang diperlukan untuk pihak luar tertentu [4].

d. Inventaris

Inventarisasi merupakan proses mengelola pencatatan, pengadaan atau persediaan barang yang dimiliki oleh suatu organisasi atau Perusahaan dalam melakukan kegiatan operasionalnya. Inventaris barang perlu dikelola dengan baik agar kegiatan operasional suatu organisasi atau perusahaan dapat berjalan dengan baik pula [5].

e. Senat Mahasiswa

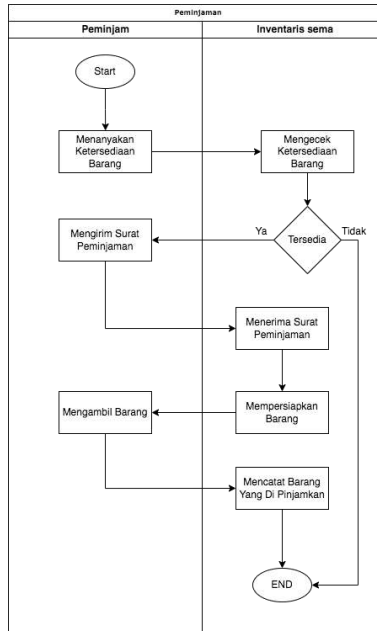
Senat Mahasiswa adalah lembaga kemahasiswaan yang menjalankan organisasi sejenis dengan pemerintahan (eksekutif) yang dipimpin oleh ketua/presiden yang dipilih setiap tahunnya melalui musyawarah mahasiswa disetiap universitas yang mempunyai Senat Mahasiswa [6].

3. ANALISIS SISTEM YANG SEDANG BERJALAN

Sistem pengelolaan dan peminjaman barang yang sedang berjalan pada Senat Mahasiswa Fakultas Teknik Keluarga Mahasiswa Universitas Pancasila (SEMA FT-KMUP) masih menggunakan cara konvensional sehingga terjadi kesulitan dalam pencatatan barang inventaris, mendata peminjaman barang dan pengembalian barang, dan masih mengalami kesalahan informasi terkait barang yang ingin dipinjam memiliki dua peminjam atau lebih di hari yang sama sehingga menyebabkan kesalahan antara peminjam dan

pihak Senat Mahasiswa Fakultas Teknik Keluarga Mahasiswa Universitas Pancasila (SEMA FT-KMUP), karena masih banyak kendala terkait informasi yang tidak jelas akan ketersediaan barang itu dapat dipinjam atau tidak. Serta catatan peminjaman dan pengembalian barang mempunyai perbedaan dan tidak diketahui siapa yang mencatat setiap peminjaman dan pengembalian barang. Ketika barang yang dipinjamkan dikembalikan kondisi atau jumlahnya tidak sesuai. Sehingga rata – rata dari peminjam yang merusak atau menghilangkan barang ketika meminjam tidak mengganti barang yang rusak atau dihilangkan.

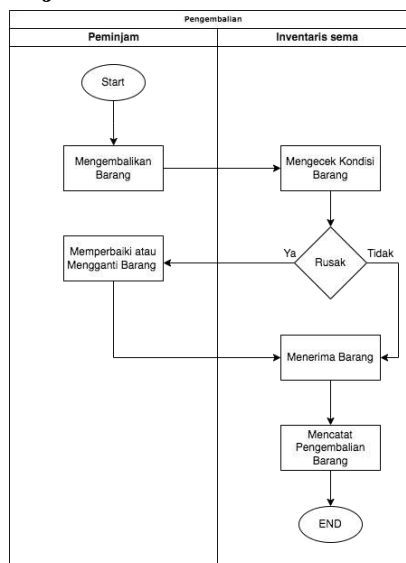
a. Workflow Peminjaman Yang Sedang Berjalan



Gambar 1 Workflow Peminjaman Sedang Berjalan

Mendeskripsikan bagaimana proses peminjaman yang dilakukan oleh peminjam dimana peminjam harus menanyakan terlebih dahulu apakah barang yang akan dipinjam tersedia atau tidak, dan admin akan mengecek terlebih dahulu apabila barang tersedia maka akan menginfokan kepada peminjam, dan peminjam harus segera mengirim surat peminjaman. Dan barang akan segera disiapkan oleh admin agar dapat diambil oleh peminjam.

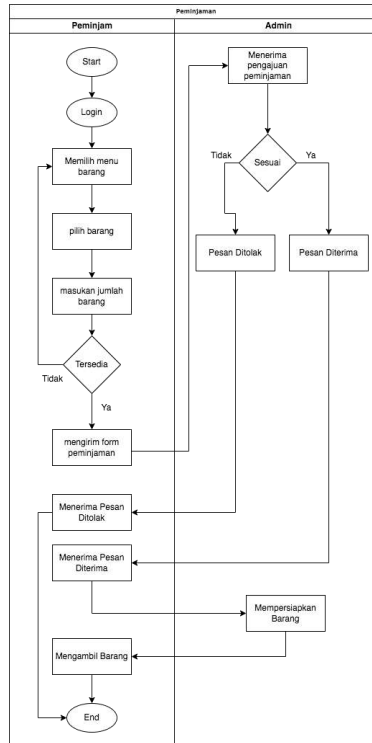
b. Workflow Pengembalian Sedang Berjalan



Gambar 2 Workflow Pengembalian Sedang Berjalan

Mendeskripsikan bagaimana proses pengembalian barang yang dilakukan oleh peminjam dimana, admin harus mengecek barang yang dikembalikan terlebih dahulu, apabila terjadi kerusakan maka peminjam harus memperbaiki atau mengganti barang terlebih dahulu sebelum diterima oleh admin, setelah itu admin akan mencatat pengembalian barangnya.

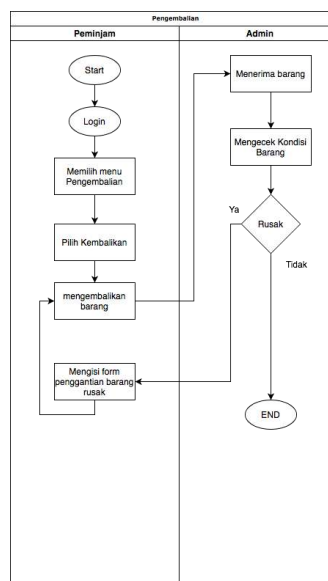
c. Workflow Peminjaman Yang Diajukan



Gambar 3 *Workflow* Peminjaman Diajukan

Mendeskripsikan *workflow* peminjaman, dimulai peminjam harus *login* terlebih dahulu ke sistem, setelah itu memilih menu pengembalian, memilih kembalikan, setelah itu peminjam mengembalikan barang sesuai dengan yang dipinjam, admin akan menerima barang dan mengecek kondisi barang jika barang ada kerusakan peminjam mengisi form penggantian barang, jika tidak admin akan menerima barang yang telah dipinjam.

d. Workflow Pengembalian Yang Diajukan

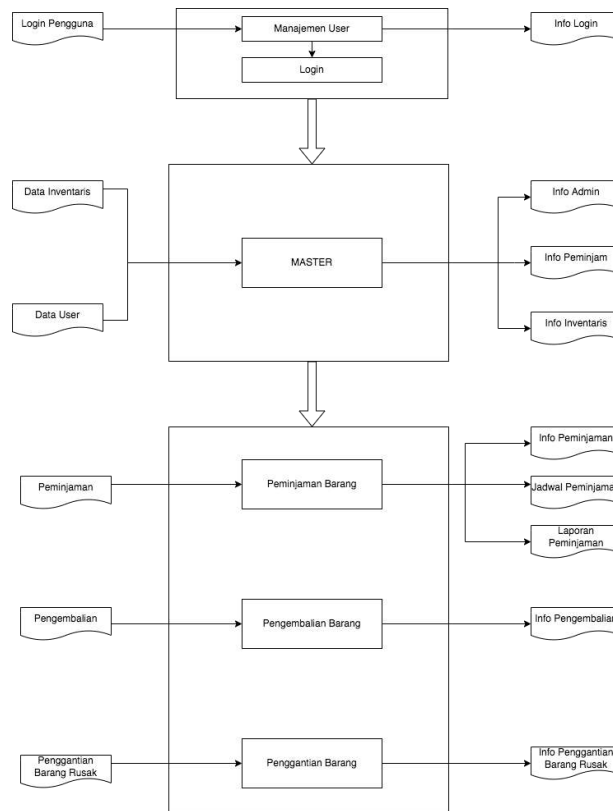


Gambar 4 *Workflow* Pengembalian Yang Diajukan

Mendeskripsikan workflow peminjaman, dimulai peminjam harus login terlebih dahulu ke sistem, setelah itu memilih menu pengembalian, memilih kembalikan, setelah itu peminjam mengembalikan barang sesuai dengan yang dipinjam, admin akan menerima barang dan mengecek kondisi barang jika barang ada kerusakan peminjam mengisi form penggantian barang, jika tidak admin akan menerima barang yang telah dipinjam.

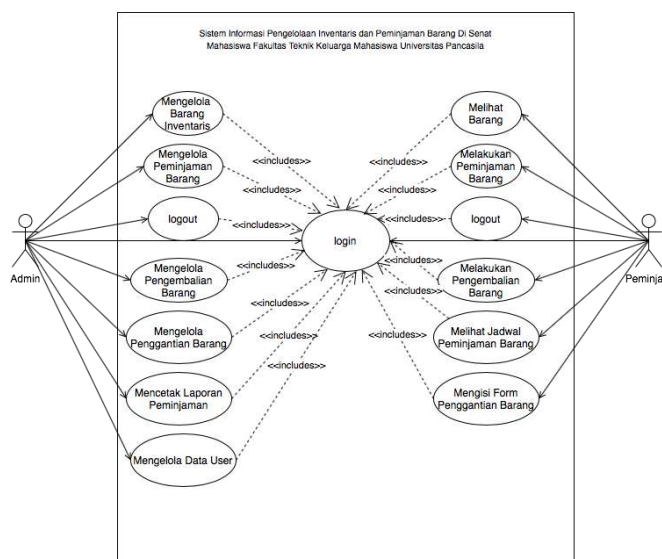
4. PERANCANGAN SISTEM

a. Arsitektur Perangkat Lunak



Gambar 1 Arsitektur Perangkat Lunak

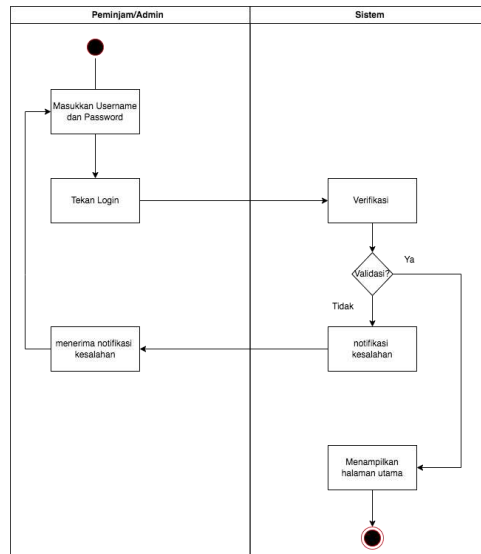
b. Use Case Diagram



Gambar 2 Use Case Diagram

Use case diagram yang ada pada penelitian ini terdapat 2 aktor yaitu admin dan peminjam, dimana admin dapat melakukan semua fungsi yang ada di sistem ini sedangkan peminjam dapat melakukan peminjaman, pengembalian, dan penggantian barang.

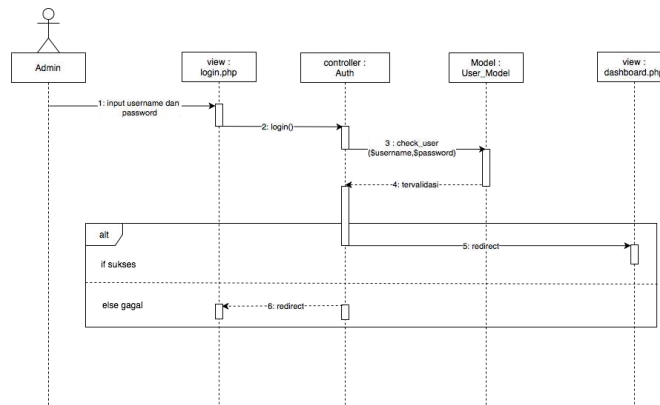
c. Activity Diagram



Gambar 3 Activity Diagram Login

Activity diagram login di peruntukan untuk admin dan peminjam, untuk melakukan login, hal pertama yang harus dilakukan adalah mengisi username dan password kemudian sistem akan melakukan verifikasi apabila berhasil akan masuk ke halaman utama, dan apabila salah maka akan dikembalikan ke halaman login dan akan menampilkan “username tidak ditemukan dan password anda salah”.

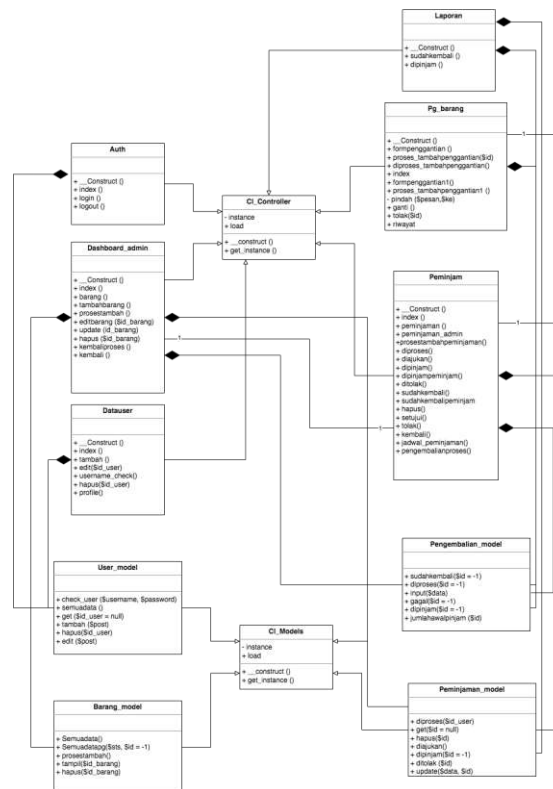
d. Sequence Diagram



Gambar 4 Sequence Diagram Login

Mendeskripsikan Proses login admin memasukkan username dan password kemudian mengakses controller auth dan model user_model setelah berhasil akan menampilkan view dashboard, apabila gagal akan kembali ke view login.

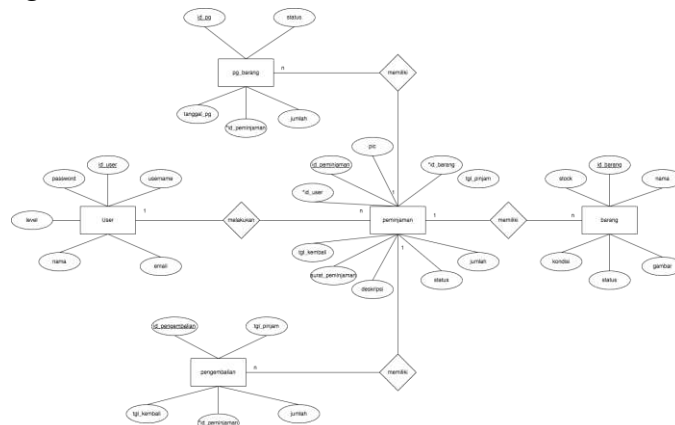
e. Class Diagram



Gambar 5 Class Diagram

Pada Gambar 5 di atas merupakan sebuah *class diagram* yang dimana mempunyai *class* sebanyak 12 *class*.

f. Entity Relationship Diagram



Gambar 6 Entity Relationship Diagram

Mendesripsikan *Entity Relationship Diagram* yang terdiri dari 5 tabel, yaitu tabel :

1. *User* terdiri dari atribut : *id_user*, *username*, *password*, *nama*, *email*, *level*.
2. *Peminjaman* terdiri dari atribut : *id_peminjaman*, *id_user*, *id_barang*, *tgl_pinjam*, *tgl_kembali*, *surat_peminjaman*, *status*, *jumlah*, *pic*, *deskripsi*.
3. *Barang* terdiri dari atribut : *id_barang*, *nama*, *stock*, *kondisi*, *status*, *gambar*.
4. *Pengembalian* terdiri dari atribut : *id_pengembalian*, *tgl_pinjam*, *tgl_kembali*, *jumlah*.

5. IMPLEMENTASI

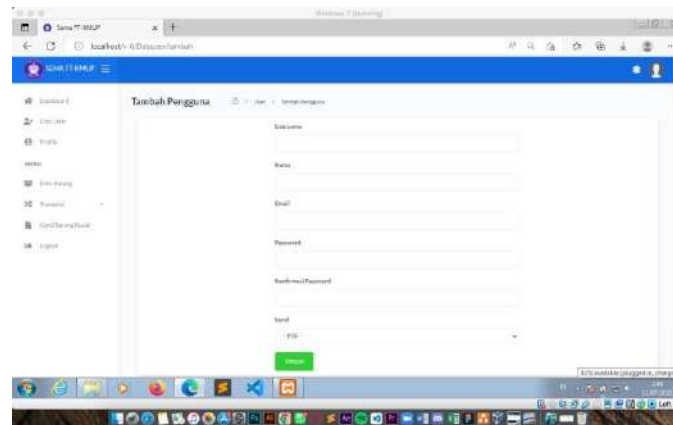
a. Implementasi Menu



Gambar 1 Implementasi Menu

Pada Gambar 1 di atas Mendeskripsikan menu *home* peminjam yang merupakan tampilan awal setelah melakukan *login*.

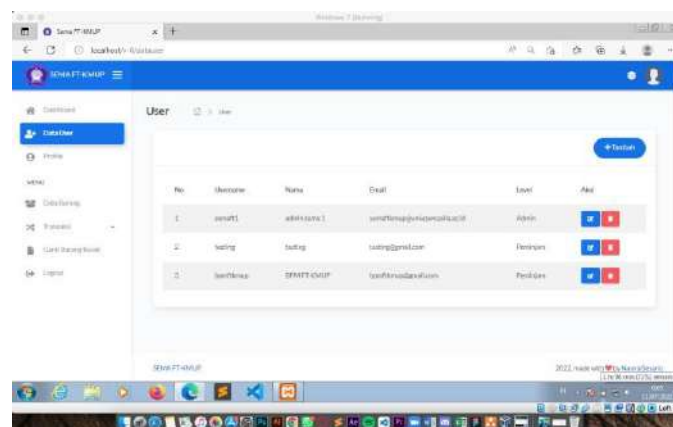
b. Implementasi Input



Gambar 2 Implementasi *Input*

Pada Gambar 2 di atas Mendeskripsikan *input* data *user* yang dilakukan oleh admin untuk menambah data *user* yang ingin ditambah.

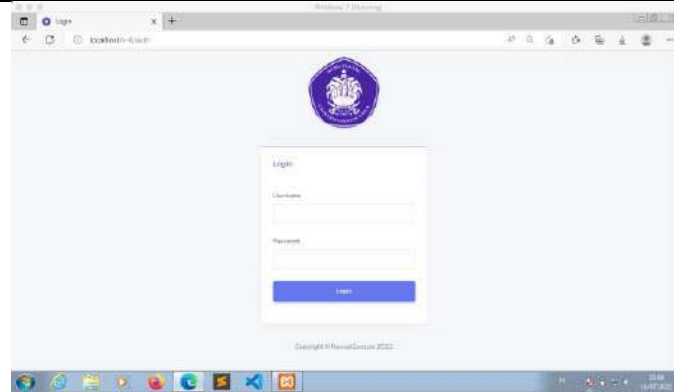
c. Implementasi Output



Gambar 3 Implementasi *Output*

Pada Gambar 3 di atas mendeskripsikan tampilan data *user* dimana admin dapat melihat user yang tersedia.

d. Implementasi Proses



Gambar 4 Implementasi Proses

Pada Gambar 4 di atas merupakan tampilan *login admin* dimana harus memasukkan *username* dan *password* terlebih dahulu sebelum *login*.

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah didapat dari pembahasan yang ada diatas dapat diambil kesimpulan bahwa Sistem Informasi Pengelolaan Inventaris dan Peminjaman Barang di Senat Mahasiswa Fakultas Teknik Keluarga Mahasiswa Universitas Pancasila (SEMA FT-KMUP) adalah sebagai berikut :

1. Sistem ini dapat melihat jadwal peminjaman secara langsung.
2. Sistem ini dapat membantu dalam hal pengelolaan barang inventaris.
3. Sistem ini dapat membantu dalam hal transaksi peminjaman dan pengembalian barang.
4. Sistem ini dapat membantu dalam hal penggantian barang hilang atau rusak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kedua Orang Tua penulis yang telah memberikan dukungan dan juga motivasi serta semangat, kemudian kepada Ibu Desti Fitriati selaku Pembimbing dalam penelitian skripsi ini dan dalam penulisan jurnal ini, dan kepada Senat Mahasiswa Fakultas Teknik Keluarga Mahasiswa Universitas Pancasila (SEMA FT-KMUP) yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian serta memberikan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Septiawan, R dan Firmansyah, R. Perancangan Sistem Informasi Manajemen Aset Peminjaman Barang Berbasis Web Pada PT MOTION. *eProsiding Teknik Informatika (PROTEKTIF)*, 1(1), 105-111 (2021).
- [2] Anggraini, Y., Pasha, D., dan Damayanti, D. Sistem Informasi Penjualan Sepeda Berbasis Web Menggunakan Framework Codeigniter. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 1(2), 64-70 (2020).
- [3] Frisdayanti, A. Peranan Brainware Dalam Sistem Informasi Manajemen. *Jurnal Ekonomi Manajemen Sistem Informasi*, 1(1), 60-69 (2019).
- [4] Harumy, T. H. F. Sistem Informasi Absensi Pada Pt. Cospar Sentosa Jaya Menggunakan Bahasa Pemrograman Java. *Jurnal Teknik dan Informatika*, 5(1), 63-70 (2018).
- [5] Susandi, D., dan Sukisno, S. Sistem Informasi Inventaris Berbasis Web di Akademi Kebidanan Bina Husada Serang. *JSiI (Jurnal Sistem Informasi)*, 5(2) (2018).
- [6] Nurdi, P. B. R., Laikuallo, S., & Meiliska, A. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Minat Mahasiswa Berorganisasi. *Jurnal Manajemen dan Organisasi Review (MANOR)*, 2(2), 122-131 (2020)

Sistem Pakar Untuk Perawatan Jenis Kulit Wajah Menggunakan Metode *Forward Chaining* (Studi Kasus: Klinik XYZ)

Anida Maghfiraturrahmah^{1*}, dan Desti Fitriati¹

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

Abstrak. Kulit merupakan organ terluar dari tubuh yang berfungsi untuk melindungi manusia dari gesekan ataupun benturan, terlebih lagi dari paparan sinar matahari. Untuk kulit wajah, paparan sinar matahari cukup berbahaya apabila kita tidak melindungi kulit wajah dengan produk yang dapat menangkal radiasi sinar ultraviolet (UV). Hal ini disebabkan karena kurangnya pengetahuan masyarakat terutama perempuan dalam memilih produk kecantikan sesuai dengan jenis kulit mereka. Semakin berkembangnya teknologi hal ini juga mempengaruhi penggunaan teknologi di bidang kesehatan terutama kesehatan kulit. Peran ahli kecantikan wajah saat ini penting untuk memudahkan masyarakat dalam menentukan jenis kulit wajah dan solusi perawatan yang tepat. Terlebih lagi maraknya klinik kecantikan serta produk-produk perawatan kulit wajah yang mulai bermunculan dan semakin menjadi daya tarik tersendiri. Maka dari itu dibutuhkan sebuah sistem pakar untuk membantu masyarakat dalam menganalisis jenis kulit wajah menggunakan metode *Forward Chaining* berdasarkan fakta gejala yang dialami oleh pengguna dan berakhir menjadi kesimpulan menggunakan suatu aturan IF- AND- THEN. Sistem pakar ini dapat memberikan informasi terkait jenis kulit wajah dan juga solusi untuk perawatan yang tepat berdasarkan 3 data jenis kulit dan gejala yang bersumber dari studi kasus di klinik XYZ yaitu jenis kulit wajah kering, normal, dan berminyak. Hasil dari penelitian ini berupa akurasi dari 30 kasus keberhasilan sistem pakar dalam menentukan diagnosa jenis kulit wajah serta solusi perawatan yang tepat dengan nilai akurasi sebesar 40% pasien perempuan pada klinik XYZ memiliki jenis kulit kering, 26,67% pasien memiliki jenis kulit berminyak, dan 33,33% pasien memiliki jenis kulit normal.

Kata kunci— Kulit wajah, Jenis Kulit, Metode *Forward Chaining*, Aplikasi Sistem Pakar, Kecantikan.

1. PENDAHULUAN

Kulit merupakan salah satu organ bagian luar tubuh yang memiliki peran dan fungsi penting untuk melindungi tubuh dari gesekan dan benturan, sehingga meminimalisir terjadinya luka serta menjadi pelindung organ dibawahnya [1]. Karena kulit adalah bagian terluar dari tubuh seringkali kulit terpapar polusi, sinar matahari, dan zat-zat kimia yang berpotensi merusak kulit itu sendiri. Terlebih lagi paparan sinar matahari dengan intensitas yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada kulit akibat radiasi sinar ultraviolet (UV). Dampak negatif radiasi bagi kulit juga dapat menimbulkan penuaan dini, menurunkan sistem kekebalan tubuh, kanker kulit, flek hitam [2], dan permasalahan kulit lainnya, terutama pada kulit wajah. Bukan hanya radiasi saja yang berdampak buruk bagi kulit wajah, penggunaan masker medis secara terus-menerus pada kondisi Covid-19 ini juga mempengaruhi kondisi kulit dan menimbulkan efek samping, yang paling sering ialah dapat membuat iritasi di bagian wajah seperti ruam, gatal, dan juga munculnya jerawat [3]. Oleh karena itu sangat penting bagi kita untuk menjaga kebersihan serta merawat kulit terlebih lagi kulit wajah agar tetap sehat.

Tentunya memiliki kulit wajah yang sehat dan bersih merupakan dambaan dari setiap wanita. Kulit wajah yang sehat menjadi salah satu faktor penting bagi wanita di zaman sekarang, karena hal tersebut dapat menunjang penampilan di kalangan sosial maupun dunia kerja. Selain itu mempunyai kulit yang sehat merupakan salah satu cara untuk meningkatkan rasa kepercayaan diri. Beberapa tahun terakhir banyak sekali produk perawatan kulit yang bermunculan mulai dari produk lokal hingga luar negeri. Produk-produk tersebut tentunya mempunyai fungsi dan kandungan bahan yang berbeda-beda. Fenomena ini cukup menarik perhatian bagi para wanita remaja hingga dewasa. Berdasarkan hasil survey sebanyak 72% wanita Indonesia menggunakan skincare untuk merawat kulit, dan rata-rata pemakaiannya sudah dimulai sejak usia 13 tahun [4]. Kesadaran akan pentingnya merawat kulit wajah semakin berkembang menjadi kebutuhan sehari-hari. Ada banyak cara untuk merawat kulit agar tetap sehat yaitu melakukan perawatan dari dalam dengan mengonsumsi makanan sehat serta menjaga pola hidup seperti rajin berolahraga dan tidur teratur. Adapun perawatan dari luar yaitu dengan menggunakan produk-produk kecantikan (*skincare*) dan melakukan treatment dan berkonsultasi dengan pakar di klinik kecantikan. Dengan adanya klinik-klinik tersebut

* Corresponding author: 4518210024@univpancasila.ac.id

masyarakat indonesia terutama wanita jadi lebih peduli tentang bagaimana cara merawat kulit wajahnya, terlebih lagi bila ditangani langsung oleh ahlinya. Namun adanya permasalahan lain seperti terkendala biaya, waktu praktek dokter, dan juga jarak tempuh membuat sebagian wanita enggan untuk berkonsultasi ke klinik. Kendala lainnya adalah kurangnya ilmu pengetahuan mengenai jenis kulit dan cara merawat kulit sesuai kebutuhan yang dapat menimbulkan permasalahan baru pada kulit dan berujung semakin parah karena pemakaian produk yang tidak sesuai dapat merusak jaringan kulit dan mengakibatkan kondisi wajah menjadi rusak [5]. Oleh karena itu hadirilah Sistem pakar (*Expert System*) berbasis web yang dapat digunakan oleh masyarakat untuk berkonsultasi dengan aman dan nyaman. Adanya teknologi sistem pakar yang semakin berkembang pesat saat ini sangat membantu dokter dan juga pasien, karena sistem pakar ini merupakan aplikasi komputer untuk membantu proses pengambilan keputusan ataupun pemecahan persoalan yang bekerja berdasarkan *Knowledge Based System* atau pengetahuan serta metode analisis dari seorang pakar sesuai dengan bidang keahliannya. Sistem ini mempunyai fungsi dan peran yang sama layaknya seperti seorang ahli dengan berbagai pengetahuan, pengalaman, dan kemampuan dalam memecahkan persoalan [6].

Beberapa penelitian terdahulu terkait sistem pakar sudah banyak dilakukan. Dengan ditelitinya beberapa jenis kulit wajah yaitu kulit normal, kering, berminyak, sensitif, dan kombinasi [7] [8] dapat memperkuat lagi pentingnya keberadaan sistem pakar ini. Pada beberapa penelitian penerapan metode *Forward Chaining* sering digunakan, karena metode ini merupakan metode pelacakan ke depan berdasarkan sekumpulan fakta dan berakhir menjadi kesimpulan. Metode ini berawal dari fakta-fakta yang sudah ditetapkan dalam suatu sistem pakar yang kemudian menggunakan premis-premis pengguna untuk disesuaikan dengan fakta-fakta tersebut menggunakan suatu aturan IF- AND- THEN [9] yang nantinya akan menghasilkan sebuah kesimpulan.

Pada penelitian Petrus Sokibi1, Ridho Taufiq Subagio, dan Devie Claudea Natalie [10] yang berjudul Implementasi Sistem Pakar Dalam Menentukan Jenis Perawatan Kulit Wajah Menggunakan Metode *Forward Chaining* mempunyai kendala dengan waktu praktek dokter di Klinik Charisma Skin Careter karena konsultasi yang disediakan gratis, maka pasien yang perlu melakukan treatment jadi terhambat karena banyaknya peminat dan tidak dilayani secara maksima. Hasil penelitian tersebut dengan menggunakan metode *Forward Chaining* ialah aplikasi sistem pakar ini dapat mempercepat proses konsultasi pasien serta waktu treatment dokter sesuai dengan waktu treatment yang sudah ditetapkan, dan pasien juga mendapatkan informasi lebih detail mengenai jenis perawatan kulit yang sesuai. Berikutnya pada penelitian Indah Syahputri, Agus Perdana Windarto, Dedi Suhendro, Eka Irawan, dan M. Fauzan yang berjudul Sistem Pakar dengan Proses *Forward Chaining* pada Kulit Wajah Berminyak [11], melakukan penelitian terhadap jenis kulit wajah berminyak dan mendapatkan hasil bahwa sistem dapat menganalisis kulit wajah berminyak dan memberikan definisi, pengobatan serta pencegahannya, sehingga dapat membantu pengguna dalam mengenali gejala. Penelitian ini menggunakan data dari proses identifikasi jenis penyakit kulit dan gejala yang ditimbulkan pengguna, yang kemudian dilakukan tahap pengujian. Didapatkan hasil olahan aplikasi dari sistem ini yaitu 100% sesuai seperti hasil analisis dari pakar. Berdasarkan permasalahan dan juga referensi dari beberapa penelitian yang sudah disebutkan diatas, diharapkan sistem pakar yang akan peneliti rancang yaitu untuk perawatan jenis kulit wajah menggunakan metode *Forward Chaining* (Studi Kasus: Klinik XYZ) dapat membantu konsumen pada klinik tersebut khususnya wanita dalam berkonsultasi dan juga mengetahui diagnosa serta solusi terkait permasalahan untuk jenis kulit kering, normal, dan berminyak.

2. METODE PENELITIAN

Berdasarkan hasil wawancara dan juga studi literatur Pada Studi kasus yang dilakukan di klinik XYZ didapatkan beberapa masalah yang sering dialami dokter dan juga pasien saat berkonsultasi, yaitu sebagai berikut :

a. Analisis Permasalahan

Pada studi kasus ini permasalahan yang terjadi di klinik XYZ adalah proses konsultasi yang masih berlangsung melalui nomor WhatsApp dengan pasien mengirim foto kondisi wajah mereka dan menyebutkan gejala permasalahan yang dialami. Kemudian setelah berkonsultasi terdapat 2 opsi jawaban, yaitu:

1. Pasien mendapatkan rekomendasi dari dokter perihal produk yang sesuai dengan kondisi kulit wajah serta treatment apa saja yang juga sesuai dengan kondisi kulit wajah.
2. Pasien datang langsung ke klinik untuk memeriksakan kondisi kulit wajah dan melakukan treatment.

3. IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN

a. Teknik Evaluasi

Teknik evaluasi yang dipakai pada penelitian ini adalah akurasi pada 30 kasus di klinik XYZ dengan menggunakan metode *Forward Chaining* untuk menganalisis apakah metode tersebut dapat menghasilkan tingkat akurasi dengan persentase ketepatan dalam proses pengklasifikasian terhadap data yang diuji. Tingkat akurasi dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Akurasi} = \frac{\sum \text{match} \times 100\%}{\sum \text{tp}} \quad (1)$$

Keterangan :

$\sum \text{match}$ = Jumlah klasifikasi yang benar

$\sum \text{tp}$ = Jumlah data testing

Hasil dari penelitian ini berupa akurasi keberhasilan sistem pakar dalam menentukan diagnosa jenis kulit wajah serta solusi perawatan yang tepat didapatkan hasil sebagai berikut :

- Kulit Kering

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= \frac{\sum 12}{\sum 30} \times 100\% \\ &= 40\% \end{aligned}$$

Maka 40% pasien perempuan pada klinik XYZ memiliki jenis kulit kering.

- Kulit Berminyak

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= \frac{\sum 8}{\sum 30} \times 100\% \\ &= 26,67\% \end{aligned}$$

Maka 26,67% pasien perempuan pada klinik XYZ memiliki jenis kulit berminyak.

- Kulit Normal

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= \frac{\sum 10}{\sum 30} \times 100\% \\ &= 33,33\% \end{aligned}$$

Maka 33,33% pasien perempuan pada klinik XYZ memiliki jenis kulit normal.

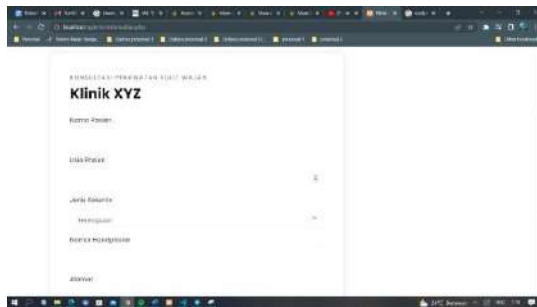
Berdasarkan hasil yang sudah dijelaskan, Sistem Pakar ini dapat menentukan jenis kulit serta solusi perawatan yang tepat dan sesuai dengan kondisi permasalahan kulit pasien pada klinik XYZ.

1. Implementasi Program Input dan Output

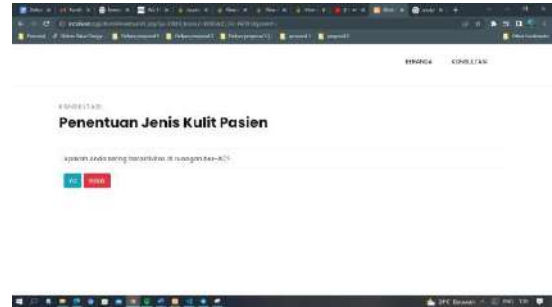
- Input

Pada Gambar 1 dan 2 merupakan tampilan dari aplikasi sistem pakar berbasis web. Pada tahap ini pengguna mengisi form konsultasi dengan mengisi data diri seperti nama, usia, jenis kelamin,

nomor handphone, dan alamat. Setelah itu pengguna masuk ke halaman pertanyaan resiko gejala untuk menentukan jenis kulit wajah.



(a)

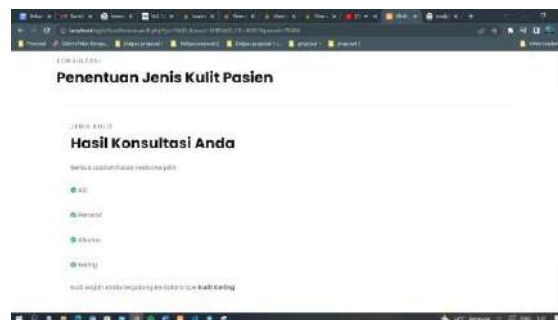


(b)

Gambar 2 Tampilan Web Sistem Pakar : Halaman Beranda (a) ; Halaman Pertanyaan (b)

- Output

Selanjutnya pada Gambar 3 merupakan tampilan hasil diagnosa dari konsultasi yang telah dilakukan oleh pengguna dengan menjawab beberapa pertanyaan terkait gejala dan permasalahan kulit. Hasil konsultasi ini memberikan informasi berupa jenis kulit wajah, rekomendasi produk, dan juga treatment yang sesuai dengan jenis kulit wajah.



Gambar 3 Tampilan Web Sistem Pakar Halaman Hasil Konsultasi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada beberapa bab sebelumnya melalui proses analisis, perancangan, serta pengujian pada sistem pakar untuk menentukan jenis kulit wajah menggunakan metode *Forward Chaining* maka dapat disimpulkan :

1. Pembuatan aplikasi web sistem pakar untuk menentukan diagnosa jenis kulit dan juga perawatan wajah menggunakan metode *Forward Chaining* dapat membantu pendiagnosaan awal gejala yang berkaitan dengan kulit dan dapat menentukan perawatan kulit yang sesuai dengan jenis kulit wajah.
2. Dengan adanya aplikasi sistem pakar ini dapat dijadikan solusi alternatif bagi masyarakat terutama pasien pada klinik XYZ untuk melakukan diagnosa dini terhadap gejala-gejala kulit wajah secara cepat dan efisien, sebelum nantinya melakukan konsultasi lanjutan secara langsung kepada pakar dalam hal ini adalah dokter.
3. Berdasarkan perhitungan evaluasi akurasi dari 30 kasus yang diujikan, didapatkan hasil yaitu 40% pasien perempuan pada klinik XYZ memiliki jenis kulit kering, 26,67% pasien memiliki jenis kulit berminyak, dan 33,33% pasien memiliki jenis kulit normal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada keluarga dan para sahabat atas dukungan serta bantuannya selama proses penelitian sehingga jurnal ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Terima kasih juga kepada Ibu Desti Fitriati S.Kom, M.Kom selaku dosen pembimbing yang senantiasa selalu memberikan dukungan, arahan dan motivasi selama proses penelitian hingga penulisan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lubis, N.I.R., Saniman, S. and Halim, J., 2022. Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Ephelis (Flek Hitam) Pada Kulit Wajah Dengan Menggunakan Metode Teorema Bayes. *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD*, 5(1), pp.33-44.
- [2] Mumtazah, E.F., Salsabila, S., Lestari, E.S., Rohmatin, A.K., Ismi, A.N., Rahmah, H.A., Mugiarto, D., Daryanto, I., Billah, M., Salim, O.S. and Damaris, A.R., 2020. Pengetahuan Mengenai Sunscreen dan Bahaya Paparan Sinar Matahari serta Perilaku Mahasiswa Teknik Sipil terhadap Penggunaan Sunscreen. *Jurnal Farmasi Komunitas*, 7(2), pp.63-68.
- [3] Hidajat, D., 2020. Maskne: akne akibat masker. *Jurnal Kedokteran*, 9(3), pp.202-214.
- [4] Fauzia, A.Z.N. and Sosianika, A., 2021, September. Analisis Pengaruh Brand Image, Perceived Quality, dan Country of Origin Terhadap Minat Beli Produk Skincare Luar Negeri. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar (Vol. 12, pp. 1068-1072)*.
- [5] Kusbianto, D., Ardiansyah, R. and Hamadi, D.A., 2017. Implementasi sistem pakar forward chaining untuk identifikasi dan tindakan perawatan jerawat wajah. *Jurnal Informatika Polinema*, 4(1), pp.71-71.
- [6] Hayadi, B.H., 2018. Sistem pakar. Deepublish.
- [7] Dr. Kevin Adrian. Jenis kulit wajah [Internet]. Alodokter.com. Tersedia dari : <https://www.alodokter.com/kenali-jenis-kulit-wajah-dan-cara-merawatnya-di-sini> (2020)
- [8] Santi, I.H. and Andari, B., 2019. Sistem pakar untuk mengidentifikasi jenis kulit wajah dengan metode certainty factor. *INTENSIF: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Penerapan Teknologi Sistem Informasi*, 3(2), pp.159-177.
- [9] Ulti Desi Arni. Sistem Pakar Dengan Metode Forward Chaining [Internet]. Garudacyber.co.id. Tersedia dari: <https://garudacyber.co.id/artikel/1530-sistem-pakar-dengan-metode-forward-chaining> (2019)
- [10] Subagio, R.T. and Natalie, D.C., 2019. Implementasi Sistem Pakar Dalam Menentukan Jenis Perawatan Kulit Wajah Menggunakan Metode Forward Chaining. *SMATIKA JURNAL*, 9(02), pp.65-72.
- [11] Syahputri, I., Windarto, A.P., Suhendro, D., Irawan, E. and Fauzan, M., 2020. Sistem Pakar dengan Proses Forward Chaining pada Kulit Wajah Berminyak. *Journal of Information System Research (JOSH)*, 2(1), pp.26-34.
- [12] Julianti, Muhammad Ramaddan, Agus Budiman, and Intan Ardinda Pramanova. "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kulit Berbasis Web dengan Metode Forward Chaining." *JURNAL SISFOTEK GLOBAL* 8.2 (2018).
- [13] Sasmita, M., No, J.S. and Kota, S.M.K.D.T., 2020. Penerapan Metode Forward Chaining Untuk Mendiagnosa Penyakit Kulit Pada Manusia. *Jurnal Ilmiah Betrik*, 10(03), p.196.
- [14] Monalisa, M. and Mahendra, I., 2017. SISTEM INFORMASI KLINIK BERBASIS WEB PADA KLINIK UMUM DAN KECANTIKAN DOKTER GALUH DWI ANANDHITA JAKARTA. *CKI ON SPOT*, 10(2).
- [15] Nurajizah, S. and Saputra, M., 2018. Sistem Pakar Berbasis Android Untuk Diagnosa Penyakit Kulit Kucing Dengan Metode Forward Chaining. *Jurnal Pilar Nusa Mandiri*, 14(1), pp.7-14.

Analisis Spasial Faktor Yang Mempengaruhi Angka Positif COVID-19 Dengan Metode *Geographically Weighted Regression (GWR)*

Tamara Anindita Pinastikadewi^{1*} dan Desti Fitriati¹

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

Abstrak. Pandemi COVID-19 telah mewabah di seluruh dunia selama lebih dari dua tahun dan telah memberikan berbagai dampak negatif. Langkah mitigasi perlu dilakukan untuk mencegah penyebaran COVID-19. Salah satu bentuk pencegahan yang disarankan oleh WHO dan CDC adalah dengan menghindari kerumunan dan menjaga jarak sehingga interaksi antar individu dapat berkurang mengingat COVID-19 dapat menular melalui droplet yang dikeluarkan individu saat batuk, bersin, maupun berbicara. Kepadatan penduduk merupakan salah satu faktor yang berpotensi mempengaruhi jumlah angka positif COVID-19 pada suatu wilayah. Faktor lain yang juga berpotensi memberikan pengaruh terhadap jumlah angka positif COVID-19 pada suatu wilayah adalah jumlah tempat perbelanjaan pada wilayah tersebut karena tempat perbelanjaan merupakan salah satu fasilitas umum yang dapat menciptakan kerumunan. Dalam penelitian ini dilakukan sebuah analisis spasial terhadap faktor yang berpotensi mempengaruhi banyaknya angka positif COVID-19. Analisis spasial dilakukan karena dalam penelitian terkait penyakit menular, keadaan kawasan dapat memiliki pengaruh terhadap penyebaran. Hasil perhitungan menggunakan metode GWR dengan metode penentuan *bandwidth* optimal menggunakan metode CV dan kernel *adaptive bi-square* menunjukkan performa terbaik. Hasil nilai *R-squared* menunjukkan bahwa variabel kepadatan penduduk dan jumlah tempat perbelanjaan hanya mampu menjelaskan 49% dari variabel angka positif COVID-19.

Kata kunci—*COVID-19, Kepadatan Penduduk, Jumlah Tempat Perbelanjaan, GWR*

1. PENDAHULUAN

COVID-19 telah dinyatakan sebagai pandemi global sejak tanggal 11 Maret 2020 oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) [1]. Sejak saat itu, angka kasus positif COVID-19 terus mengalami peningkatan. Hingga bulan Maret 2022, total angka positif COVID-19 di seluruh dunia telah mencapai lebih dari 470 juta kasus dengan angka kematian mencapai lebih dari 6 juta jiwa [2]. Selain menyebabkan angka kematian yang tinggi, pandemi COVID-19 juga membawa dampak negatif pada berbagai sektor ekonomi [3]. Langkah mitigasi perlu dilakukan untuk mencegah penularan dan memperlambat laju penyebaran COVID-19. Agar langkah mitigasi yang dilakukan sesuai dengan yang diharapkan maka sebelumnya perlu diketahui faktor yang mempengaruhi angka positif COVID-19.

Sebagai negara yang menduduki peringkat ke-4 di dunia dengan kategori total populasi terbanyak [4], jumlah kasus positif COVID-19 di Indonesia juga menduduki peringkat yang cukup tinggi yakni peringkat ke-18 di dunia per tanggal 22 Maret 2022 dengan angka positif mencapai lebih dari 5 juta kasus [2]. Di Indonesia sendiri, total angka positif COVID-19 tertinggi diduduki oleh kota Jakarta yang juga menduduki peringkat tertinggi sebagai kota dengan jumlah penduduk terbanyak di Indonesia dengan jumlah penduduk mencapai lebih dari 8 juta penduduk [5]. Dengan jumlah penduduk yang banyak maka kemungkinan adanya interaksi sosial antar warga nya juga akan semakin besar, sedangkan interaksi antar individu merupakan penyebab utama penyebaran COVID-19 karena penyakit ini dapat menular melalui transmisi droplet yang dikeluarkan saat seseorang bersin, batuk, maupun berbicara [6]. Hal ini menunjukkan bahwa kepadatan penduduk berpotensi memberikan pengaruh terhadap angka positif COVID-19.

Menghindari kerumunan merupakan salah satu cara yang disarankan oleh CDC untuk mencegah penyebaran COVID-19 [7]. Tempat berbelanja merupakan salah satu fasilitas umum yang memiliki potensi sangat besar menciptakan kerumunan karena fungsinya sebagai tempat penjualan bahan pokok yang dibutuhkan oleh setiap orang setiap harinya. Dicky Budiman, seorang epidemiolog dari Universitas Griffith Australia mengingatkan akan bahaya munculnya kluster pusat perbelanjaan mengingat kasus COVID-19 yang pertama kali ditemukan di Wuhan, China juga diawali dari kluster pusat perbelanjaan [8]. Juru Bicara Pemerintah untuk penanganan COVID-19, Wiku Adisasmito, juga mengatakan bahwa kerumunan di tempat

* Corresponding author: tamarandt@gmail.com

perbelanjaan memiliki potensi menjadi titik awal terbentuknya kluster COVID-19 [9]. Dari hal tersebut maka dapat diperkirakan adanya kemungkinan bahwa tempat perbelanjaan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi angka positif COVID-19.

Untuk mengetahui apakah kepadatan penduduk dan jumlah tempat perbelanjaan memiliki pengaruh terhadap angka positif COVID-19 maka dapat digunakan metode analisis regresi yang merupakan metode untuk mengetahui hubungan antar variabel. Pada penelitian ini, analisis regresi yang digunakan merupakan analisis spasial menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR). Dalam bidang kesehatan, analisis spasial perlu dilakukan karena dalam penyebaran penyakit sangat ditentukan oleh faktor lingkungan terutama pada kasus penyakit menular [10]. Dalam penelitiannya, Ivan Franch-Pardo dkk menyimpulkan bahwa analisis regresi spasial penting diterapkan pada pengujian kasus COVID-19 sehubungan dengan mobilitas dan respon sosial pada lokasi terkait sehingga dapat dibuat peraturan mitigasi yang tepat [11].

Beberapa penelitian yang memanfaatkan penggunaan GWR telah dilakukan sebelumnya. Nurul Lutfiana menyimpulkan dalam penelitiannya bahwa kernel *gaussian* memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan kernel *bi-square* [12]. Sedangkan pada penelitian terkait faktor yang mempengaruhi angka harapan hidup di provinsi Jawa Tengah disimpulkan bahwa penggunaan kernel *gaussian* memiliki performa yang lebih baik [13]. Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini akan diuji besar pengaruh variabel kepadatan penduduk dan jumlah tempat perbelanjaan terhadap angka kasus positif COVID-19 serta kernel mana yang akan memiliki performa terbaik untuk memodelkan permasalahan tersebut.

2. METODE

a. Data Spasial

Data spasial dapat diartikan sebagai data yang berisi referensi geografis dari lokasi tertentu serta informasi yang terkait dengan lokasi tersebut. Referensi geografis merupakan informasi titik koordinat yang menunjukkan sebuah lokasi pada permukaan bumi yang ditandai dengan nilai lintang dan bujur. Dalam bukunya, Fischer dan Wang mengatakan bahwa dalam bentuk paling sederhana nya, data spasial dapat menghubungkan lokasi geografis suatu tempat dengan atribut yang terkait dengan lokasi tersebut baik berupa atribut waktu, atribut fisik, atribut yang berkaitan dengan lingkungan disekitar lokasi, serta atribut yang berkaitan dengan sosial-ekonomi [14]. Edy Irwansyah menerangkan dalam bukunya bahwa terdapat dua cara untuk merepresentasikan data spasial yaitu sebagai data raster yang artinya data digambarkan dalam bentuk piksel dan data vektor yang artinya data digambarkan sebagai titik, garis, ataupun poligon yang merupakan entitas dasar dalam penggambaran data spasial [15]. Foto udara merupakan contoh dari data raster sedangkan untuk data vektor contohnya berupa shapefile. Shapefile sendiri merupakan sebuah format penyimpanan data vektor dimana di dalamnya terdapat informasi geografis, entitas data spasial (titik, bentuk, atau garis), serta atribut yang terkait dengan data tersebut [16].

b. Analisis Regresi

Analisis regresi merupakan sebuah teknik pengolahan data yang bisa digunakan untuk melihat apakah variabel atau atribut data yang diuji memiliki pengaruh satu sama lain. Ahmad Effendi dkk mendeskripsikan analisis regresi sebagai sebuah teknik yang dapat digunakan untuk memeriksa dan memodelkan hubungan antar variabel [17]. Bentuk analisis regresi terhadap banyak variabel dapat dirumuskan sebagai :

$$y = a_1X_1 + a_2X_2 + a_nX_n + b \quad (1)$$

dimana,

- y = variabel terikat (dependen)
- a_1, a_2, \dots, a_n = koefisien regresi ke-1, koefisien regresi ke-2, hingga koefisien regresi ke-n
- X_1, X_2, \dots, X_n = variabel bebas ke-1, variabel bebas ke-2, hingga variabel bebas ke-n
- b = nilai konstanta

c. *Geographically Weighted Regression* (GWR)

Sesuai namanya, GWR dapat diartikan sebagai sebuah metode regresi yang mempertimbangkan pembobotan secara geografis. Metode GWR dapat dirumuskan sebagai :

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i \quad (2)$$

dimana,

- y_i = nilai variabel dependen pada lokasi ke- i
- x_{ik} = nilai variabel independen ke- k pada lokasi ke- i
- $\beta_0(u_i, v_i)$ = nilai konstanta pengamatan ke- i
- $\beta_k(u_i, v_i)$ = nilai koefisien regresi pada lokasi ke- i
- (u_i, v_i) = nilai koordinat dari lokasi pengamatan ke- i
- ε_i = nilai error pada lokasi ke- i

Dalam perhitungan menggunakan metode GWR, nilai regresi pada setiap data yang diolah akan memiliki perbedaan dikarenakan adanya pembobot yang nilainya bergantung pada data setiap lokasi pengamatan. Nilai pembobot digunakan untuk mewakili perbedaan nilai observasi pada setiap lokasi yang berbeda. Terdapat dua jenis pembobot yang bisa digunakan pada metode GWR yaitu kernel *gaussian* dan kernel *bi-square*. Perumusan kernel *gaussian* dapat dituliskan sebagai :

$$w_{ij} = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{d_{ij}}{b} \right)^2 \right] \quad (3)$$

dimana,

- b = konstanta bandwidth yang mengatur radius jarak lokasi i dan j
- d_{ij} = jarak Euclidean antar lokasi ke- i dan ke- j

Sedangkan untuk perumusan kernel *bi-square* dapat dituliskan sebagai :

$$w_{ij} = \begin{cases} \left[1 - \left(\frac{d_{ij}}{b} \right)^2 \right]^2 \\ 0 \end{cases} \quad (4)$$

dimana,

- b = konstanta *bandwidth* yang mengatur radius jarak lokasi i dan j
- d_{ij} = jarak Euclidean antar lokasi ke- i dan ke- j

Konstanta *bandwidth* dalam perhitungan ini digunakan untuk menghitung radius data di sekitar lokasi pengamatan, apabila data sudah melebihi radius maka data tersebut dianggap tidak berpengaruh terhadap pengamatan [12]. Beberapa cara yang bisa digunakan dalam menentukan *bandwidth*, yaitu dengan metode *Cross Validation (CV)* dan *Bayesian Information Criterion (BIC)*. Metode CV dapat dirumuskan sebagai :

$$CV = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_{\neq i}(b)]^2 \quad (5)$$

dimana,

- y_i = nilai variabel dependen pada lokasi ke- i
- $\hat{y}_{\neq i}(b)$ = nilai prediksi y_i tanpa nilai pengamatan pada lokasi ke- i

Sedangkan untuk metode BIC dapat dirumuskan sebagai :

$$BIC = \ln(n) k - 2 \ln(\hat{L}) \quad (6)$$

dimana,

- L = nilai maksimum likelihood model
- n = ukuran sample

k = jumlah parameter yang diamati

Selanjutnya hasil perhitungan dengan model GWR akan dianalisis untuk menentukan apakah variabel independen yang diuji memiliki pengaruh terhadap variabel dependen. Untuk menganalisis hal ini maka dapat dilakukan dengan melihat nilai *R-Squared*. Nilai *R-Squared* merupakan sebuah koefisien determinasi yang menunjukkan seberapa baik variabel independen memiliki hubungan dengan variabel dependen. Nilai *R-Squared* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS} = \frac{\sum(y_i - \hat{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \quad (7)$$

dimana,

R^2 = Koefisien korelasi

RSS = Jumlah Kuadrat Residu

TSS = Total Kuadrat Selisih Nilai Y dan Y rata-rata

\hat{y} = Nilai Y Prediksi

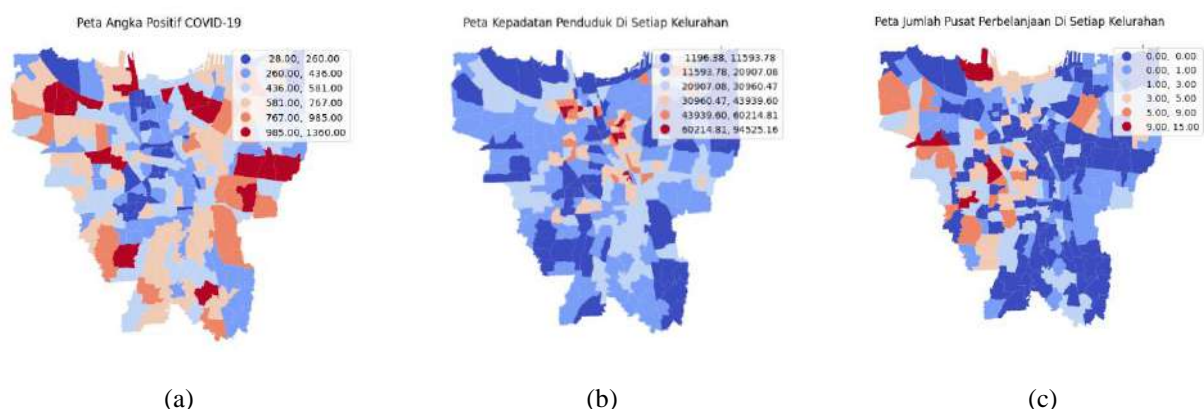
\bar{y} = Nilai Y Rata-Rata

y_i = nilai variabel dependen pada lokasi ke- i

3. HASIL

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang diunduh dari situs internet. Acuan data geografis dalam penelitian ini menggunakan data batas wilayah kelurahan di Jakarta yang diambil dari situs <https://jakartasatu.jakarta.go.id/>. Kemudian untuk variabel angka positif COVID-19 digunakan data yang diambil dari situs <https://riwayat-file-covid-19-dki-jakarta-jakartagis.hub.arcgis.com/> yang merupakan data riwayat kasus COVID-19 pada tanggal 31 Desember 2020 di setiap kelurahan wilayah Jakarta. Untuk variabel kepadatan penduduk tahun 2020 pada setiap kelurahan di Jakarta diambil dari situs <https://data.jakarta.go.id/>, sedangkan untuk variabel jumlah tempat perbelanjaan diambil dari situs <https://jakartasatu.jakarta.go.id/>.

Penelitian diawali dengan melakukan *pre-processing* terhadap data yang sudah dikumpulkan. Proses *pre-processing* dilakukan dengan menggabungkan 3 data tersebut dan melakukan seleksi atribut mana saja yang akan digunakan dalam perhitungan menggunakan metode GWR. Dalam penelitian ini, atribut yang akan digunakan merupakan atribut nama kelurahan, angka positif COVID-19 pada setiap kelurahan, atribut jumlah tempat perbelanjaan, serta atribut kepadatan penduduk pada setiap kelurahan.

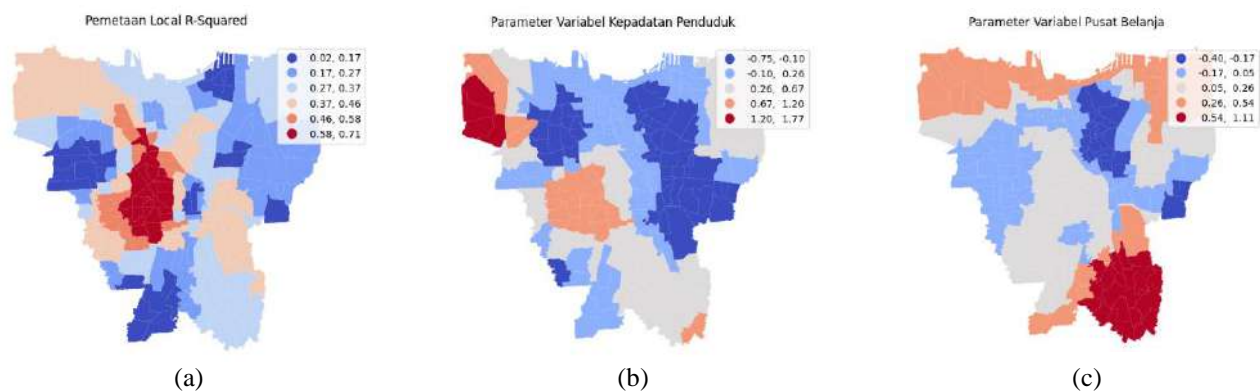


Gambar 1 Pemetaan Data Jakarta: (a) Peta Angka Positif COVID-19 Pada Setiap Kelurahan; (b) Peta Kepadatan Penduduk Pada Setiap Kelurahan; (c) Peta Jumlah Tempat Perbelanjaan Pada Setiap Kelurahan

Gambar di atas merupakan gambar pemetaan dari atribut yang akan digunakan dalam perhitungan. Pada gambar tersebut terlihat adanya klusterisasi pada beberapa wilayah. Contohnya pada pemetaan angka positif COVID-19, nilai angka positif pada wilayah yang berdekatan cenderung memiliki kesamaan. Daerah yang berwarna biru menunjukkan angka variabel yang rendah sedangkan daerah yang berwarna merah menunjukkan tingginya nilai variabel pada lokasi tersebut. Angka positif cukup tinggi dapat terlihat pada beberapa

kelurahan yang terdapat pada wilayah Jakarta Timur yakni pada kelurahan Jatinegara, Penggilingan, Pulo Gebang, Klender, Duren Sawit, Pondok Bambu, dan Halim Perdana Kusuma. Selain itu, angka positif yang cukup tinggi juga terlihat pada wilayah Jakarta Barat yaitu pada kelurahan Cengkareng Barat, Cengkareng Timur, Kalideres, dan Duri Kosambi, sedangkan angka positif tertinggi yaitu sebanyak 1360 kasus positif yang berada pada kelurahan Kapuk yang juga berada pada wilayah Jakarta Barat. Klasterisasi dapat dilihat pada pemetaan angka kepadatan penduduk dan jumlah tempat perbelanjaan pada setiap kelurahan dimana daerah yang berdekatan cenderung memiliki nilai serupa.

Langkah selanjutnya, data akan dihitung menggunakan metode GWR. Penentuan *bandwidth* dilakukan dengan metode *golden search* dengan criterion CV menghasilkan nilai sebesar 47 sedangkan hasil penentuan *bandwidth* menggunakan metode BIC menghasilkan nilai 53. Hal ini berarti jumlah tetangga yang mempengaruhi merupakan tetangga yang berada pada radius 47 tetangga terdekat dari metode CV dan tetangga pada radius 53 tetangga terdekat dari metode BIC, sedangkan tetangga lain yang telah melampaui batas tersebut maka pengaruhnya akan semakin kecil ketika jaraknya semakin jauh dari titik pengamatan. Kemudian untuk kernel yang digunakan merupakan kernel *adaptive gaussian* dan kernel *adaptive bi-square*. Pemetaan hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Pemetaan Hasil : (a) Peta Hasil Nilai *R-squared* Pada Setiap Lokasi Pengamatan; (b) Peta Parameter Regresi Variable Kepadatan Penduduk; (c) Peta Parameter Regresi Variable Jumlah Tempat Perbelanjaan

Dari gambar pemetaan tersebut terlihat adanya perbedaan nilai pada setiap lokasi. Hal ini disebabkan adanya pengaruh bobot yang diberikan sehingga model regresi pada setiap lokasi memiliki perbedaan. Selain itu, pada pemetaan tersebut juga terlihat adanya klasterisasi dimana lokasi yang berdekatan cenderung memiliki nilai serupa yang menunjukkan bahwa faktor geografis memiliki pengaruh terhadap angka positif COVID-19 di Jakarta. Pada pemetaan parameter regresi setiap variabel terdapat angka yang bernilai negatif dan positif. Parameter yang bernilai negatif menunjukkan hubungan terbalik antara variabel dependen dan variabel independen, artinya semakin tinggi angka variabel independen justru angka variabel dependen semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Sedangkan untuk parameter bernilai positif artinya ada hubungan yang sejajar sehingga semakin besar nilai variabel independen maka nilai variabel dependen juga semakin besar.

Tabel 1 Hasil Perhitungan

Model	<i>Bandwidth</i>	<i>R-squared</i>
Global Regression	-	0.002
GWR (<i>Bandwidth</i> CV, Kernel <i>Adaptive Gaussian</i>)	47,00	0.148
GWR (<i>Bandwidth</i> CV, Kernel <i>Adaptive Bi-square</i>)	47,00	0.490
GWR (<i>Bandwidth</i> BIC, Kernel <i>Adaptive Gaussian</i>)	53,00	0.135
GWR (<i>Bandwidth</i> BIC, Kernel <i>Adaptive Bi-square</i>)	53,00	0.463

Tabel 1 merupakan tabel hasil perhitungan nilai R -squared dengan cara penentuan bandwidth optimal dan kernel yang berbeda. Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa metode penentuan bandwidth terbaik untuk data yang sedang diteliti adalah metode CV dengan jumlah bandwidth sebesar 47 yang menghasilkan nilai R -Squared lebih baik dibanding dengan model yang menggunakan metode BIC. Kemudian untuk kernel, performa lebih baik ditunjukkan oleh kernel *bi-square* dengan nilai R -squared sebesar 0.490. Hasil ini dapat diartikan bahwa variabel kepadatan penduduk dan jumlah tempat perbelanjaan pada setiap kelurahan di Jakarta hanya mampu menjelaskan 49% dari variabel angka positif COVID-19.

4. KESIMPULAN

Analisis spasial terhadap pengaruh angka kejadian COVID-19 menggunakan metode GWR yang dilakukan pada penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan :

1. Secara bersama-sama variabel kepadatan penduduk dan jumlah tempat perbelanjaan memiliki pengaruh kecil terhadap variabel angka positif COVID-19 pada tanggal 31 Desember 2020 dimana kedua variabel tersebut hanya mampu menjelaskan 49% dari variabel angka positif COVID-19.
2. Metode penentuan bandwidth yang paling optimal pada penelitian ini adalah metode CV sedangkan kernel yang memiliki performa terbaik adalah kernel *adaptive bi-square*.
3. Dari pemetaan terlihat adanya klusterisasi yang menunjukkan adanya pengaruh spasial yang berperan pada data yang diuji.

Analisis lebih lanjut dapat dilakukan dengan menganalisis hasil visualisasi yang dibuat dari penelitian yang telah dilakukan untuk menentukan faktor lain yang juga berpotensi memberikan pengaruh terhadap angka positif COVID-19 sehingga dalam penelitian selanjutnya variabel independen lainnya dapat diuji. Diharapkan hasil penelitian ini dapat membantu dalam pertimbangan pembuatan keputusan terkait mitigasi penyebaran COVID-19 serta dalam pembuatan penelitian serupa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Desti Fitriati, S.Kom., M.Kom. selaku pembimbing atas arahan dan bimbingan nya dalam penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada keluarga, rekan, dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini baik secara moriil maupun materiil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] WHO Director. *General's opening remarks at the media briefing on COVID-19* [Online] from <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020> (2020)
- [2] WHO. *Coronavirus (COVID-19) Dashboard*. (n.d.). [Online] from <https://covid19.who.int/> (2020)
- [3] Muliati, N. K. Widya Akuntansi Dan Keuangan, 2(2), 78–86 (2020)
- [4] Worldometer. *Population by Country* [Online] <https://www.worldometers.info/world-population/population-by-country/> (2020)
- [5] World Population Review, *Population of Cities in Indonesia* [Online] from <https://worldpopulationreview.com/countries/cities/indonesia>. (2020)
- [6] CDC, *COVID-19 and Your Health*. [Online] from <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/how-covid-spreads.html> (2021)
- [7] CDC, *Prevent Getting Sick* [Online] from <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/index.html> (2021)
- [8] Prabowo, D. *Epidemiolog Ingatkan Bahaya Penyebaran Virus Corona dari Pusat Perbelanjaan Halaman all - Kompas.com* [Online] from <https://nasional.kompas.com/read/2021/05/03/11263391/epidemiolog-ingatkan-bahaya-penyebaran-virus-corona-dari-pusat-perbelanjaan?page=all> (2021)
- [9] Mufarida, B. *Kerumunan di Pusat Perbelanjaan, Satgas: Berpotensi Jadi Titik Awal Klaster COVID-19*. [Online] from <https://nasional.sindonews.com/read/417798/15/kerumunan-di-pusat-perbelanjaan-satgas-berpotensi-jadi-titik-awal-klaster-covid-19-1620115510> (2021)
- [10] Caraka, R. E. *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR): 2017*. [Online] from [http://eprints.undip.ac.id/78379/3/GEOGRAPHICALLY_WEIGHTED_REGRESSION_\(REZZY_EKO_CARAK_A\)PDF.pdf](http://eprints.undip.ac.id/78379/3/GEOGRAPHICALLY_WEIGHTED_REGRESSION_(REZZY_EKO_CARAK_A)PDF.pdf) (2017)
- [11] Franch-Pardo, I., Napoletano, B. M., Rosete-Verges, F., & Billa, L. *Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19. A review*. Science of The Total Environment, 739, 140033. (2020).

-
- [12] Lutfiani, N., Sugiman, S., & Mariani, S. *Pemodelan Geographically Weighted Regression (GWR) dengan Fungsi Pembobot Kernel Gaussian dan Bi-Square*. [Skripsi] UNNES Journal of Mathematics, 8(1), 82-91. (2019).
- [13] Yuninda, D.P., Mariani, S., & Hendikawati, P. *Pemodelan Regresi Spasial Menggunakan Geographically Weighted Regression Dengan Pembobot Fixed Kernel Gaussian Dan Adaptive Kernel Bisquare*. UNNES Journal of Mathematics, 8(2). (2019).
- [14] Fischer, M. M., & Wang, J. *Spatial Data Analysis: Models, Methods and Techniques (SpringerBriefs in Regional Science) (2011th ed.)*. [Online] from https://www.google.co.id/books/edition/Spatial_Data_Analysis/Pa6q0muVIRYC (2011)
- [15] Irwansyah, E. *Sistem Informasi Geografis : Prinsip Dasar dan Pengembangan Aplikasi*. [Online] from <https://books.google.co.id/books?id=sH06bnsuStcC> (2013)
- [16] ESRI, *FAQ: What is the difference between a shapefile and a layer file? (n.d.)*. [Online] from [https://support.esri.com/en/technical-article/000011516#:~:text=A%20shapefile%20\(..and%20contains%20one%20feature%20class](https://support.esri.com/en/technical-article/000011516#:~:text=A%20shapefile%20(..and%20contains%20one%20feature%20class)
- [17] Efendi, A., Wardhani, N. W. S., Fitriani, R., & Sumarminingsih, E. *Analisis Regresi*. [Online] from https://www.google.co.id/books/edition/Analisis_Regresi/ggPEAAAQBAJ (2020).

Fungsi Pintu Air Manggarai sebagai Pengendalian Banjir Jakarta Pusat

Nicco Plamonia^{1,2*}, Elang Bayu Merapi²

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

²Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta

³Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

Abstrak. Pada level praktis, Pintu Air Manggarai merupakan salah satu Infrastruktur pengendali banjir di Jakarta. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengendalian banjir melalui Pintu Air Manggarai dengan mempertimbangkan operasional pintu air, daerah terdampak banjir dan aman banjir, serta debit banjir maksimum. Debit banjir maksimum yang melewati pintu air Manggarai dihitung menggunakan metode Haspers berdasarkan data hujan dari stasiun hujan Katulampa, Depok dan pintu air Manggarai. Operasional Pintu Air Manggarai terbagi menjadi 2 operasional pengendalian tinggi muka air di Manggarai dan operasional dalam mengantisipasi pasang surut air laut. Curah hujan maksimum periode waktu ulang 25 tahun sebesar 775,294 mm dan debit banjir periode waktu ulang 25 tahun sebesar 376,564 m³/detik. Bila Q25 melewati penampang saluran di Pintu Air Manggarai, akan terjadi tinggi muka air = 1,65 meter. Maka pintu air Manggarai yang mengarah Ciliwung lama akan dibuka setinggi 30 cm. Dokumen ini merupakan panduan penulisan untuk Seminar Rekayasa Teknologi 2022.

Kata kunci— *hujan, banjir, debit, pintu air manggarai*

1. PENDAHULUAN

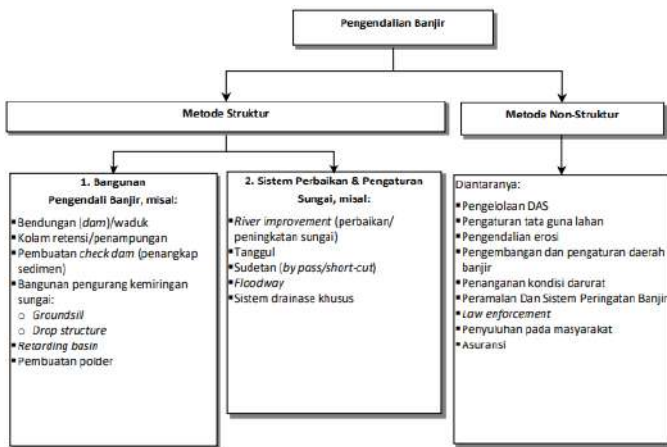
Infrastruktur pengendali banjir salah satunya adalah flood gate. Banjir sendiri adalah peristiwa meluapnya saluran terbuka melebihi palung air atau ambang batas. Dengan demikian pengertian banjir dalam tulisan ini adalah meluapnya saluran terbuka manggarai melebihi ambang batas flood gate [1]. Berdasarkan asal usulnya banjir bisa tidak hanya disebabkan oleh curah hujan yang ekstrim akan tetapi juga disebabkan oleh akibat kegagalan (otoritas) mengatur saluran kota dan drainase. Bentuk upaya teknis menanggulangi dan mencegah banjir adalah dengan membuat bangunan pelimpahan banjir (i.e. flood gate and pumping) dan mengatur operasional pintu air. In this article we focus on flood gate. Jakarta memiliki tiga pintu air utama yaitu (1) Pintu Air Banjir Kanal Barat (BKB) yang mengatur overflow Bendung Katulampa menuju Muara Angke; (2) Pintu Air Ciliwung Lama yang mengatur debit air yang masuk ke Jakarta kemudian mengalirkannya menuju Waduk Pluit dan Laut Marina; terakhir (3) Pintu Air Manggarai yang mengatur luapan sungai Ciliwung agar tidak membanjiri kawasan Kebon Baru, Bukit Duri, dan Kampung Melayu. Tujuan penelitian ini adalah memberikan rekomendasi kepada pengambil keputusan terkait pengendalian pintu air manggarai banjir puncak, tinggi permukaan, dan kapasitas pintu air Manggarai dalam mengendalikan banjir. Pertanyaan penelitian yang mau dijawab adalah ‘Bagaimana pintu air manggarai berfungsi dalam mengatur banjir di Jakarta?’ Pertanyaan penelitian ini dapat dijawab dengan menjawab sub pertanyaan penelitian sebagai berikut : (1) Bagaimana gambaran kondisi curah hujan rata-rata DAS Ciliwung selama 15 tahun? (R.Q.1) ; (2) Berapa debit banjir maksimum yang dilewati di Pintu Air Manggarai?; (3) Daerah mana saja terdampak banjir karena adanya operasional Pintu Air Manggarai?.

Artikel ini terdiri dari lima bagian sebagai berikut: Pertama, bagian pendahuluan yang menjelaskan tentang latar belakang penelitian, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian; Kedua, pada bagian kedua artikel ini diejelaskan mengenai metoda penelitian, pengamatan dan analisa; ketiga, pada bagian ketiga akan di sajikan hasil penelitian ; keempat, pada bagian keempat akan dilakukan analisa dan pembahasan terhadap data yang sudah diperoleh ; dan terakhir pada bagian kelima akan di berikan kesimpulan dari hasil analisa.

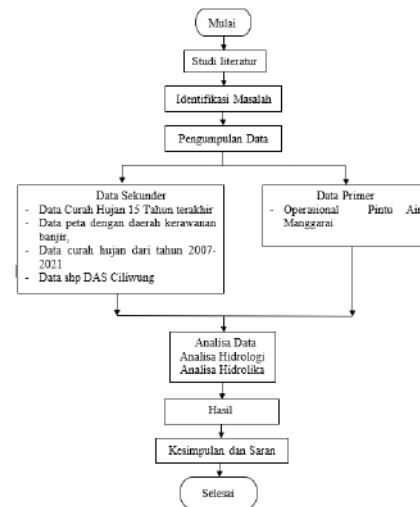
* Corresponding author: nicco.plamonia@brin.go.id; niccoplamonia@univpancasila.ac.id

2. METODA

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif dan kuantitatif. Dalam pelaksanaannya, peneliti mengumpulkan data primer dan skunder.



Gambar 1 Pengendalian Banjir dengan Metode Struktur dan Non Struktur

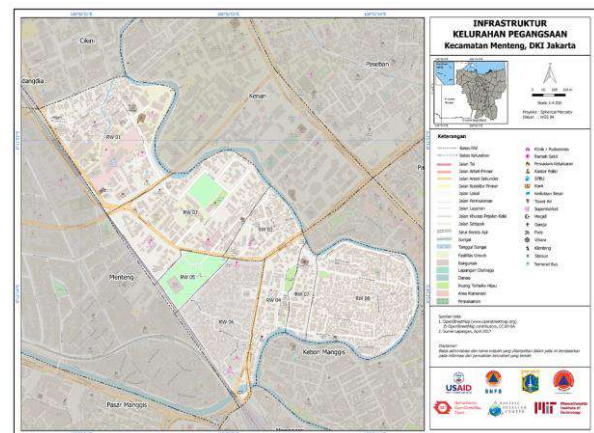


Gambar 2 Diagram Alir Pengamatan

Waktu Pengamatan Pintu Air dilakukan antara jam jam 09.00 12.00. di Pos Pintu Air Manggarai yang terletak di Jl. Tambak No.70, RT.7/RW.6, Kelurahan Pegangsaan, Kecamatan Menteng, Kota Jakarta Pusat.



Gambar 3 Aliran Kali Ciliwung Lama



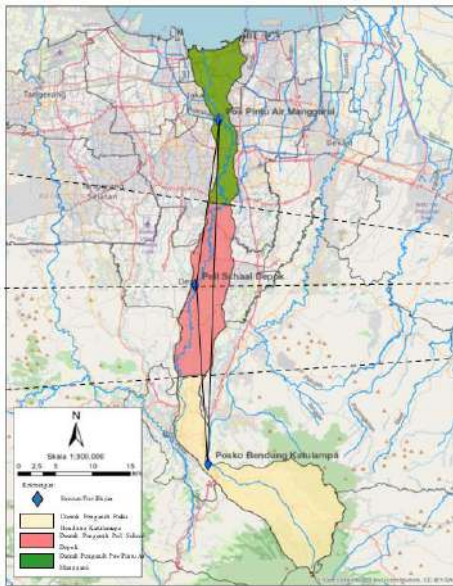
Gambar 4 Lokasi Penelitian

a. Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata

Pendekatan untuk menjawab pertanyaan utama penelitian adalah dengan menjawab sub pertanyaan penelitian pertama yaitu dengan menghitung curah hujan rata rata wilayah menggunakan dari 3 stasiun hujan. Menghitung hujan rata – rata rentang 15 tahun (2007-2021) menggunakan Metode poligon thiessen [2]. Data hujan yang diambil stasiun observation yang berada dalam DAS Ciliwung, yaitu: (1) Pos Bendung Katulampa; (2) Peil Schaal Depok; dan (3) Pos Pintu Air Manggarai. Hasil analisa mendapatkan luasan (daerah) (bobot) pengaruh dari masing-masing stasiun pengamatan.

$$P = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + A_3P_3 + \dots + A_nP_n}{N} \quad (1)$$

Keterangan : P = Hujan rerata Kawasan ; P_1, P_2, P_3, P_n = adalah jumlah curah hujan di stasiun 1, 2, 3, ..., n ; A_1, A_2, A_3, A_n = Luas daerah yang mewakili stasiun 1,2,3, ..., n. Didalam hitungan hanya menggunakan 3 stasiun pengukuran yaitu P1, P2, dan P3 (lihat Gambar 5):



Gambar 5 Metode Poligon Thiessen[3]



Gambar 6 Daerah Rawan Banjir Akibat Berada Pada Sempadan Sungai

Pendekatan untuk menjawab pertanyaan utama penelitian adalah dengan menjawab sub-pertanyaan penelitian pertama yaitu dengan menghitung curah hujan rata-rata wilayah menggunakan dari 3 stasiun hujan. Menghitung hujan rata-rata rentang 15 tahun (2007-2021) menggunakan Metode poligon thiessen [2]. Data hujan yang diambil stasiun observation yang berada dalam DAS Ciliwung, yaitu: (1) Pos Bendung Katulampa; (2) Peil Schaal Depok; dan (3) Pos Pintu Air Manggarai. Hasil analisa mendapatkan luasan (daerah) (bobot) pengaruh dari masing-masing stasiun pengamatan.

b. Perhitungan Debit saluran

- 1) Debit Saluran : volume air yang melewati melalui penampang saluran banjir Manggarai, dihitung dengan persamaan :

$$Q_{\max} = V \times A \quad (2)$$

Keterangan: (1) Q = Debit aliran ($m^3/detik$) ; (2) A = Luas penampang basah (m^2) ; (3) V = Rerata kecepatan aliran ($m/second$)

- 2) Dimensi Saluran: debit mengikuti dimensi saluran kapasitas maximum. Menganalisis aliran air dalam saluran terbuka digunakan Persamaan Manning dan aliran dianggap tunak seragam (*uniform steady state flow*). Volume air yang melewati melalui penampang saluran banjir Manggarai, dihitung dengan persamaan :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$A = (b + m \times h) \times h \quad (4)$$

$$Q = n \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \times (b + m \times h) \times h \quad (5)$$

$$P = b + 2h \sqrt{1 + m^2} \quad (6)$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(b + m \times h) \times h}{b + 2h \sqrt{1 + m^2}} \quad (7)$$

Keterangan: (1) Q = debit ($m^3/detik$) ; (2) A = Luas penampang (m^2) ; (3) P = Keliling basah (m) ; (4) R = Jari-jari hidrolis (m) ; (5) b = lebar saluran (m) ; (6) h = tinggi muka air (m) ; (7) m = kemiringan dinding saluran ; (8) n = angka kekasaran saluran manning ; (9) I = kemiringan memanjang saluran (talud)

- 3) Debit Banjir: pengertian debit banjir dalam penelitian ini adalah meluapnya aliran dalam saluran melebihi kapasitas tampungan sehingga meluap dan menggenangi dataran atau daerah yang lebih rendah disekitarnya [4]. Menghitung debit maksimum di saluran Manggarai menggunakan Metode Haspers [5, 6] :

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \times A^{0,7}}{1 + 0,75 \times A^{0,7}} \quad (8)$$

$$\frac{1}{\beta} = \frac{t + (3,7 \times 10^{-0,4 \times t})}{t^2 + 15} \times \frac{A^{\frac{3}{4}}}{12} \quad (9)$$

$$t_c = 0,1 \times L^{0,8} \times S^{-0,3} \quad (10)$$

Keterangan: (1) Q_{max} = debit maksimum (m³/detik); (2) α = koefisien pengaliran; (3) β = koefisien reduksi; (4) I = intensitas hujan (m³/dt/km²); (4) A = Luas DAS (km²); (5) koefisien pengaliran (α); (6) Koefisien reduksi (β); (7) Waktu konsentrasi (t_c); (8) L = Panjang sungai utama (Km)

- 4) Curah Hujan : besarnya curah hujan r (mm) dan lama hujan tertentu $t = t_c$ (jam) dan hujan harian maksimum R_{24} (mm) dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Untuk } t < 2 \text{ jam} \quad r = \frac{t \times R_{24}}{t + 1 - 0,0008 \times (260 - R_{24}) \times (2 - t)^2} \quad (11)$$

$$\text{Untuk } 2 \text{ jam} < t < 19 \text{ jam} \quad r = \frac{t \times R_{24}}{t + 1} \quad (12)$$

$$\text{Untuk } 19 \text{ jam} < t < 30 \text{ hari} \quad r = 0,707 \times R_{24} \times (t + 1)^{1/2} \quad (13)$$

- 5) Intensitas Hujan : besarnya intensitas hujan bisa dihitung dengan hubungan antara r (mm) dan t (jam) dengan rumus:

$$I = \frac{r}{3,6 \times t} \quad (14)$$

Debit saluran dapat diketahui dengan menghitung dimesi saluran, sedangkan debit banjir adalah debit berlebih yang tidak dapat ditampung oleh saluran. Untuk mendapatkan debit yang mengalir dalam saluran maka intensitas hujan harus dihitung dan curah hujan harus diamati melalui stasiun yang terdapat di dalam Daerah Aliran Sungai Ciliwung.

3. HASIL

Hasil analisa terhadap pengumpulan data dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu : (1) Analisis terhadap Curah Hujan; (2) Menghitung kapasitas penampung saluran; dan (3) Menghitung debit banjir atau *overflow* saluran

a. Analisis Curah Hujan

Nilai curah hujan wilayah dengan metode poligon Thiessen (lihat Persamaan (1)) adalah $P = (0,624 \times 762 + 0,298 \times 123 + 0,215 \times 811) / (0,624 + 0,298 + 0,215) = 603,78$ mm. Sedangkan luas daerah pengaruh dan pembobotan masing masing stasiun hujan Daerah Aliran Sungai Ciliwung dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Daerah Pengaruh Stasiun Pengamatan Curah Hujan.

No	Stasiun Pengamatan	Luas Daerah (km ²)	Faktor Pembobot
1	Posko Bendung Katulampa	192,03	0,497
2	Peil Schaal Depok	112,87	0,292
3	Pos Pintu Air Manggarai	81,14	0,210
Total		386,04	1

Faktor pembobot pada masing-masing stasiun kemudian digunakan untuk menghitung curah hujan maksimum rata-rata pada DAS Ciliwung hasilnya dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Data Curah Hujan Maksimum

Tahun	Curah Hujan Stasiun Pengamatan			Bobot Luas Wilayah Pengaruh			Hujan Max Rata-Rata (mm)
	Katu lampa	Peil Schaal	Pos Pintu Air	Katu	Peil	Pos Pintu	
				0,497	0,292	0,210	
2007	728	639	493,5	362,133	186,830	103,727	652,690
2008	641	513	602,5	318,856	149,990	126,637	595,483
2009	514	462,5	392,5	255,682	135,225	82,498	473,405
2010	660	427	328,5	328,307	124,846	69,046	522,199
2011	490	397	296,5	243,743	116,074	62,320	422,138
2012	636	531	343	316,369	155,253	72,094	543,716
2013	654	487	406	325,323	142,389	85,335	553,047
2014	862	630	835,5	428,789	184,199	175,610	788,598
2015	812	490	578	403,918	143,266	121,487	668,671
2016	735	498	450,5	365,615	145,605	94,689	605,908
2017	509	626	437	253,195	183,029	91,851	528,075
2018	509	327	367,5	253,195	95,608	77,243	426,046
2019	587	556,5	300	291,995	162,709	63,056	517,759
2020	529	518	922	263,143	151,452	193,791	608,387
2021	632	398,5	576	314,379	116,513	121,067	551,959

- 1) Distribusi Curah Hujan: dari hasil perhitungan analitis, didapatkan distribusi yang memenuhi adalah distribusi Log Pearson III. Dimana perhitungan curah hujan rencana dengan metode sebaran Log Pearson III [7] dihitung dengan rumus :

$$\log xi = \log \bar{x} + k \cdot (S \log \bar{x}) \quad (13)$$

Keterangan: (1) $\log xi$: curah hujan rencana pada T tahun (mm); (2) $\log \bar{x}$: curah hujan rata-rata (mm) ; (3) k : koefisien distribusi normal ; (4) S : standar deviasi (lihat Tabel 3).

Tabel 3 Nilai Faktor Frekuensi (k) dengan Cs = 0,413

Periode	T = 2 tahun	T = 5 tahun	T = 10 tahun	T = 20 tahun	T = 50 tahun	T = 100 tahun
K	-0,029	0,918	1,431	1,993	2,363	2,702

- 2) Periode Ulang Curah Hujan: perhitungan curah hujan rencana dengan periode ulang 25 tahun di hitung dengan metode Log Pearson III lihat tabel 4 berikut.

Tabel 4 Curah Hujan Rencana

Tr	$\log \bar{x}$	Cs	k	S	$\log x$	$Xt = 10^{\log Xt}$
2	2,746	0,159	-0,029	0,072	2,743	553,924
5			0,918		2,812	648,318
10			1,431		2,849	706,141
25			1,993		2,889	775,294
50			2,363		2,916	824,451
100			2,702		2,941	872,206

Dari hasil analisis, hujan maksimum untuk periode waktu ulang yang akan digunakan yaitu 25 tahun sebesar 775,294 mm

b. Kapasitas Penampung Saluran

- 1) Penampang Saluran: Untuk menghitung dimensi saluran menggunakan Persamaan (3); Persamaan (4); Persamaan (5); Persamaan (6); Persamaan (7). Diketahui dimensi saluran di titik pintu air Manggarai sebagai berikut: (1) B = 32 m; (2) H = 7 m; (3) m = 2.
- 2) Luas Tampang aliran dihitung menggunakan persamaan (4) maka Luas Tampang Aliran (A) = $(B+2m.h).h = (32+2 \times 7) \times 7 = 322 \text{ m}^2$.
- 3) Keliling Basah dihitung dengan menggunakan persamaan (6) maka Keliling Basah (P) = $32+2.7\sqrt{(1+2^2)} = 63,3 \text{ m}$
- 4) Jari jari hidrolis dihitung dengan menggunakan persamaan (7) maka Keliling Basah $R = 322/63,3 = 5 \text{ m}^2$
- 5) Kecepatan Aliran dihitung dengan menggunakan persamaan (3) maka kecepatan aliran $V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} = 1/0,0167 \times 5^{2/3} \times 0,0068^{1/2} = 14 \text{ m}^2/\text{s}$
- 6) Perhitungan Tinggi Muka Air bila terjadi Q_{25} menggunakan persamaan (3) dan Persamaan (4) sebagai berikut menggunakan $Q = A \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$. Diketahui (1) Kemiringan Saluran (I) sebesar 0,0068; (2) Debit dengan periode ulang 25 tahun (Q) sebesar 375,564 m³/s; (3) Koefisien Manning (n) sebesar 0,0167; (4) Lebar Saluran (B) sebesar 32 m ; (5) Kemiringan dasar saluran (M) sebesar 2.

Jika $A = \frac{(bh + mh^2)^{5/2}}{(b + 2h\sqrt{1 + m^2})^{3/2}} = \frac{Q_n}{S_0}$ maka dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut ini:

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times (b + m \times h) \times h \quad (14)$$

- 7) Jari Jari hidrolis dihitung menggunakan persamaan (6) dan persamaan (7) sebagai berikut:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(b+h \times h) \times h}{b+2h \sqrt{1+m^2}} \quad (15)$$

- 8) Tinggi muka air dihitung melalui iterasi terhadap persamaan (6) dan Persamaan (7) maka diperoleh Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5 Tinggi Muka air di Pintu Air Manggarai

Untuk lokasi pintu air manggarai		
n	0,0167	
b	32	m
m	2	m/m
Pintu air Manggarai		
I	0,0068	m/m
Q25	376,564	m³/s
Trial h	Equ 1	Equ 2
0,5	10,14263	76,2607
1	32,44572	76,2607
1,48	62,88152	76,2607
1,5	64,32752	76,2607
1,6	71,76453	76,2607
1,658	76,2349	76,2607
1,6583	76,25832	76,2607
1,6583	76,25832	76,2607
1,65833	76,26066	76,2607
1,658331	76,26074	76,2607

Bila Q_{25} melewati penampang saluran di Pintu Air Manggarai, akan terjadi tinggi muka air 1,65 meter

(lebih rendah dari tinggi pintu air Manggarai)

c. Debit Banjir (Overflow)

Debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan hasil perhitungan intensitas curah hujan periode ulang 50 tahun. Besarnya debit rencana dapat ditentukan berdasarkan besarnya curah hujan rencana dan karakteristik daerah aliran sungai. Adapun data yang diperlukan adalah : (1) Luas DAS Cliwiung (A) : 70,8 km²; (2) Panjang Sungai (L) : 109,7 km; dan (3) kemiringan Sungai (S) : 0,014. Dalam menghitung debit banjir maximum di Pintu Air Manggarai metode yang digunakan ialah metode haspers sebagaimana disajikan di persamaan (8). Adapun tahap perhitungan debit banjir rencana dalam penelitian ini sebagai berikut :

- 1) Menentukan koefisien pengaliran (α) menggunakan persamaan (8):

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \times A^{0,7}}{1 + 0,75 \times A^{0,7}} = \frac{1 + 0,012 \times 370,8^{0,7}}{1 + 0,75 \times 370,8^{0,7}} = 0,036$$

- 2) Menentukan koefisien reduksi (β) menggunakan persamaan (9):

$$\frac{1}{\beta} = \frac{t + (3,7 \times 10^{-0,4 \times t})}{t^2 + 15} \times \frac{370,8^{\frac{3}{4}}}{12}$$

Waktu konsentrasi (t_c) dihitung dengan rumus : $t_c = 0,1 \times L^{0,8} \times S^{-0,3} = 0,1 \times 109,7^{0,8} \times 0,014^{-0,3} = 15,429$ maka koefisien reduksi

$$\frac{1}{\beta} = \frac{15,492 + (3,7 \times 10^{-0,4 \times 15})}{15,492^2 + 15} \times \frac{370,8^{\frac{3}{4}}}{12} = 2,216$$

- 3) Besarnya curah hujan (r), lama hujan tertentu $t = t_c$, dan hujan harian maksimum R_{24}

- Untuk $t < 2$ jam

$$r = \frac{15,429 \times 775,294}{15,429 + 1}$$

$$r = \frac{t \times R_{24}}{t + 1 - 0,0008 \times (260 - R_{24}) \times (2 - t)^2}$$

$$r = 728,102$$

$$r = \frac{15,429 \times 775,294}{15,429 + 1 - 0,0008 \times (260 - 775,294) \times (2 - 15,429)^2}$$

- 19 jam $< t < 30$ hari

$$r = 0,707 \times R_{24} \times (t + 1)^{\frac{1}{2}}$$

$$r = 131,786$$

$$r = 0,707 \times 775,294 \times (15,429 + 1)^{\frac{1}{2}}$$

- 2 jam $< t < 19$ jam

$$r = 2221,704$$

$$r = \frac{t \times R_{24}}{t + 1}$$

- 4) Besarnya intensitas hujan yang dihitung dengan hubungan antara r dan t Karena nilai nilai t_c berada diantara 2 jam $< t < 19$ jam, maka digunakan nilai $r = 728,102$

$$I = \frac{728,102}{3,6 \times 15,429} = 13,109$$

- 5) Perhitungan debit banjir

$$Q_{\max} = \alpha \times \beta \times I \times A$$

$$Q_{\max} = 0,036 \times 2,216 \times 13,109 \times 370,8$$

$$Q_{\max} = 376,564 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 6 Debit Banjir Rencana

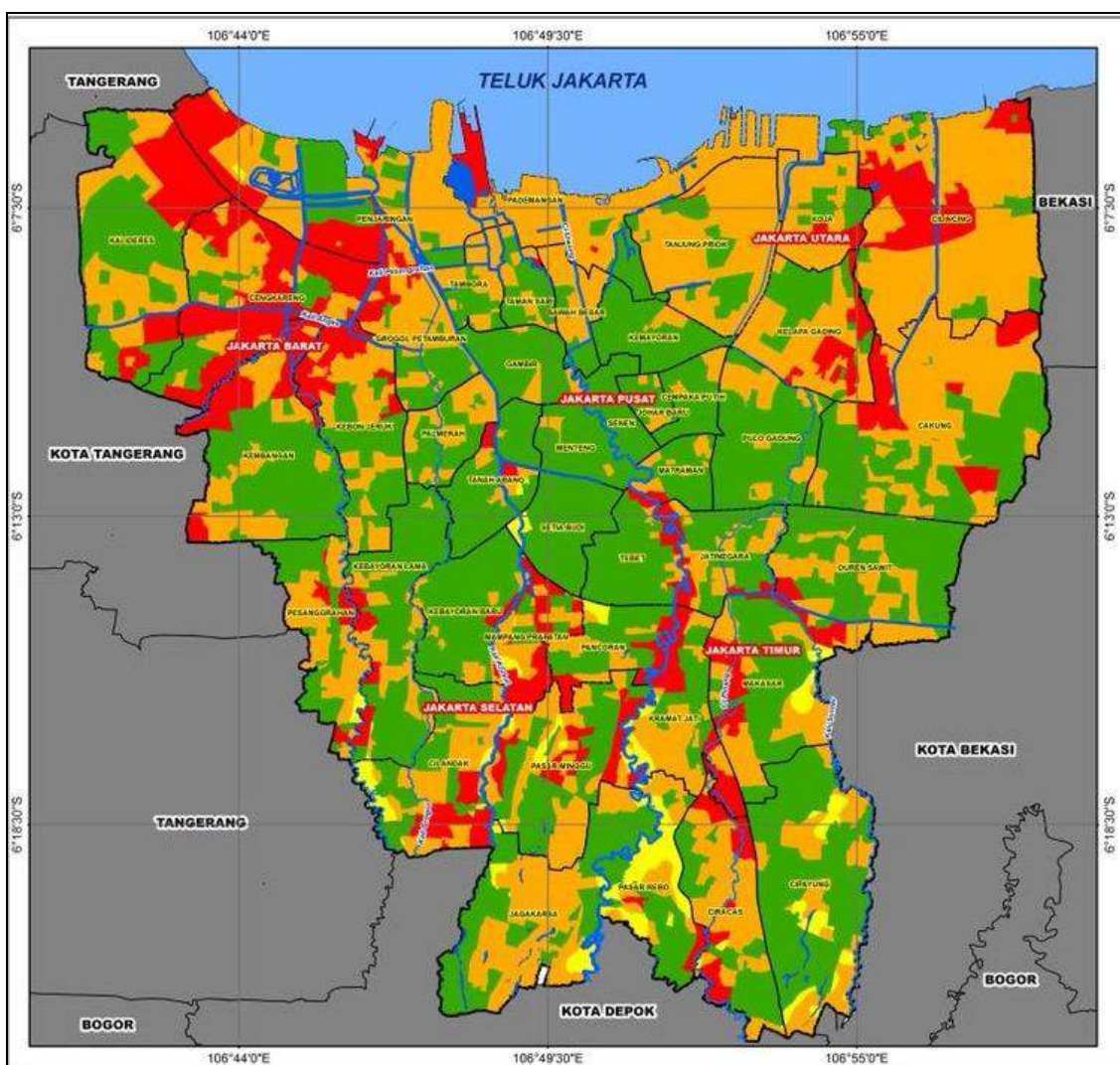
Periode Ulang	R_{24}	α	t_c	β	r	I m ³ /dt/km ²	Q _{max} m ³ /dt
					2 jam $< t < 19$ jam		
2	553,92	0,036	15,429	2,126	520,207	9,366	269,044
5	648,32	0,036	15,429	2,126	608,855	10,962	314,891
10	706,14	0,036	15,429	2,126	663,159	11,940	342,976
25	775,29	0,036	15,429	2,126	728,102	13,109	376,564
50	824,45	0,036	15,429	2,126	774,267	13,940	400,439
100	872,21	0,036	15,429	2,126	819,115	14,747	423,634

Dari hasil perhitungan debit banjir yang sudah ditampilkan pada tabel 6, didapatkan bahwa nilai debit periode waktu ulang 25 tahunan didapatkan sebesar 376,564 m³/detik.

4. PEMBAHASAN

Curah hujan dianalisis selama 15 tahun terakhir (2007-2021). Selama 15 tahun terakhir, hujan maksimum rata-rata tertinggi berada pada tahun 2014, sebesar 788,598 mm dan hasil analisis menunjukkan bahwa hujan maksimum untuk periode waktu ulang yang akan digunakan yaitu 5 tahun, sebesar 648,318 mm. Debit banjir maksimum di Pintu Air Manggarai dianalisis menggunakan metode haspers. Diketahui bahwa luas DAS Ciliwiung 370,8 km²; panjang sungai 124,1 km; dan kemiringan sungai 0,014. Hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai debit untuk periode waktu ulang 5 tahunan didapatkan sebesar 73,229 m³/detik.

Daerah aman banjir diperoleh melalui simulasi menggunakan scenario ketika tinggi muka air dipintu air Manggarai mencapai 1,65 m, dikombinasikan dengan ketika ketinggian muka laut pada saat pasang dan pada saat surut. Hampir seluruh sungai di Jakarta sangat dipengaruhi oleh Pasang dan Surut air laut (lihat gambar 7).



Gambar 7 Daerah Rawan Banjir Ketika puncak Banjir dengan ketinggian 1,65 m di Pintu Air Manggarai dan Pasang Surut Tertinggi

Sebagaimana pada Gambar 7 diatas, dapat dilihat bahwa daerah hilir dari Pintu Air Manggarai cenderung sangat rendah mengalami banjir. Sedangkan Daerah rawan banjir berada di daerah hulu Pintu Air Manggarai (berwarna merah) adalah bentuk efektivitas performa pintu Air Manggarai. Maka dari itu dapat disimpulkan peran dari pintu air Manggarai sangat berpengaruh terhadap daerah hilir dari pintu air tersebut. Penting untuk disebutkan bahwa selain kemampuan saluran menampung air sungai dan pasang surut banjir

juga dapat disebabkan oleh Kondisi topografi, geometri sungai, tingkat permeabilitas tanah, dan aktivitas manusia dalam hal penggunaan lahan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengendalian banjir melalui Pintu Air Manggarai Jakarta Pusat di kombinasikan dengan hasil pemodelan Arc GIS dan verifikasi dengan pertugas pintu air Manggarai maka dapat disimpulkan dalam bentuk tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7 Operasional Pintu Air Manggarai dalam pengendalian Tinggi Muka Air

Parameter	P.A Manggarai arah Ciliwung lama	P.A arah KBB			Keterangan
		1	2	3	
TMA Manggarai					
595 – 750 cm	100 cm	800 cm	800 cm	800 cm	Tinggi muka air Manggarai Normal siaga 4 < 750 cm tinggi bukaan P.A arah Ciliwung lama 100 cm
750 – 850 cm	150 cm	800 cm	800 cm	800 cm	Tinggi muka air Manggarai Waspada siaga 3 750 – 850 tinggi bukaan P.A arah Ciliwung lama ditambah menjadi 150 cm
850 – 950 cm	175 cm	800 cm	800 cm	800 cm	Tinggi muka air Manggarai Siaga, siaga 2 850 cm – 950 cm tinggi bukaan P.A arah Ciliwung lama ditambah menjadi 175 cm
>950 Cm	200 cm	800 cm	800 cm	800 cm	Tinggi muka air Manggarai dengan status Waspada, siaga 1 > 950 cm tinggi bukaan P.A Ciliwung lama ditambah menjadi 200 cm

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Tidak hanya mengandalkan kemampuan pintu air Manggarai, Pasat Surut air laut di bagian hilir sungai Ciliwung sangat menentukan. Menentukan dalam arti bahwa pada saat pasang tertinggi, akan terjadi perlambatan di badan Sungai Ciliwung ketika banjir dari hulu sungai mengalir kelaut, lihat Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8 Operasional Pintu Air Manggarai dalam persiapan pasang surut air laut

Parameter	P.A Manggarai arah Ciliwung lama	P.A arah KKB			Keterangan
		1	2	3	
Tma laut Marina					
170 cm	100 cm	800 cm	800 cm	800 cm	Saat tinggi muka air laut di P.A Marina mencapai ketinggian 170 cm tinggi bukaan P.A arah ciliwung lama di buka sebesar 100 cm
<160 cm	150 cm	800 cm	800 cm	800 cm	Saat tinggi muka air laut di P.A Marina mencapai ketinggian 160 cm tinggi bukaan P.A arah Ciliwung lama dibuka sebesar 150 cm
130 cm	200 cm	800 cm	800 cm	800 cm	Saat tinggi muka air laut di P.A Marina mengalami penurunan hingga ketinggian 130 cm tinggi bukaan P.A arah Ciliwung lama ditambah tinggi bukaannya sebesar 200 cm
160 cm	100 cm	800 cm	800 cm	800 cm	Saat tinggi muka air laut di P.A Marina kembali mengalami kenaikan hingga mencapai di ketinggian 160 cm tinggi bukaan P.A arah Ciliwung lama dikurangi menjadi 100 cm

170 cm	50 cm	800 cm	800 cm	800 cm	Saat tinggi muka air laut di P.A Marina kembali mengalami kenaikan hingga mencapai di ketinggian 170 cm tinggi bukaan P.A arah Ciliwung lama dikurangi menjadi 50 cm
--------	-------	--------	--------	--------	--

Sumber : Hasil pengamatan

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel sederhana ini menggunakan data Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Pengendalian Banjir Melalui Pintu Air Manggarai Jakarta Pusat”. Perkenankan penulis agar dapat mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini terutama pada : Dekan Fakultas Teknik Universitas Pancasila Dr. Ir. Budhi M. Suyitno, IPM; Ketua Program Studi Teknik Sipil Dr. Ir. Ar Indra Tjahjani.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. P. Umum, "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai," *Jakarta: PU*, 2011.
- [2] F. R. Fiedler, "Simple, practical method for determining station weights using Thiessen polygons and isohyetal maps," *Journal of Hydrologic engineering*, vol. 8, no. 4, pp. 219-221, 2003.
- [3] N. Plamonia and A. Sabar, "Iklim Rezim Hidrologi Dan Manajemen Air Berkelanjutan Ihwal Kawasan Terbangun Di Zona Monsoon Indonesia," *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu Dan Berkelanjutan Dalam Rangka Adaptasi Perubahan Sistem Iklim Global*, p. 30, 2011.
- [4] A. S. Nugraha, "ANALISA DEBIT BANJIR MENGGUNAKAN METODE RATING CURVE (LENGKUNG DEBIT)."
- [5] M. Marcelia, T. Haricahyono, and A. Abu, "Ketelitian Metode Empiris untuk Menghitung Debit Banjir Rancangan di DAS Bangga," *JOURNAL TEKNIK SIPIL DAN INFRASTRUKTUR*, vol. 4, no. 1.
- [6] A. Herison, Y. Romdania, O. T. Purwadi, and R. Effendi, "Kajian Penggunaan Metode Empiris dalam Menentukan Debit Banjir Rancangan pada Perencanaan Drainase," *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 16, no. 2, pp. 77-86, 2018.
- [7] N. Plamonia, "Kajian Pengaruh Kenaikan Muka Air Laut, Reklamasi Pantai dan Degradasi Lahan di DAS Hulu Terhadap Banjir di pesisir Terbangun DKI Jakarta–DAS Ciliwung," Tesis Magister Teknik Teknik Lingkungan, ITB 2010. Bandung, Indonesia, 2010.

Analisis Prioritas Pengembangan Kawasan Poris Plawad Dengan Konsep *Transit Oriented Development* (TOD)

Herawati Zetha Rahman¹, Maudi Gau Tenripada¹

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

Abstrak. Letak kota Tangerang yang sangat strategis dari pusat Ibu Kota membuat pertumbuhan kota tersebut cukup signifikan, baik dari segi populasi penduduk, pergerakan mobilisasi hingga pertumbuhan ekonomi yang terjadi di kota Tangerang. Dimana terdapat terminal tipe A Poris Plawad sebagai sarana pendukung transportasi. Konsep TOD merupakan pola pengembangan yang mengintegrasikan jaringan transportasi umum massal dan melengkapi strategi pengembangan lingkungan di sekitar simpul transit. Namun penerapan konsep TOD belum dapat direalisasikan karena belum adanya arahan prioritas pada pengembangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kriteria-kriteria konsep TOD yang sesuai serta prioritas pengembangan di area transit Poris Plawad. Metode yang digunakan yaitu metode Delphi dan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Terdapat 3 kriteria utama dengan masing-masing kriteria utama terdapat sub-kriteria yang akan menjadi variabel pada penelitian ini. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, didapatkan kriteria yang sesuai adalah tingkat kepadatan dengan sub kriteria densitas populasi dengan bobot prioritas sebesar 50%, yang kedua adalah kriteria lingkungan yang berkelanjutan dengan sub-kriteria dukungan lingkungan untuk densitas tinggi sebesar 48% dan yang terakhir adalah kriteria sosial dan ekonomi dengan sub-kriteria nilai keekonomian kawasan sebesar 47%. Dimana ketiga kriteria dan sub-kriteria saling mempengaruhi secara linear satu sama lain terhadap pengembangan konsep TOD yang sesuai di area transit Poris Plawad.

Kata kunci— *Transit Oriented Development (TOD); Metode Delphi; Analytical Hierarchy Process (AHP)*

1. PENDAHULUAN

Letak kota Tangerang yang sangat strategis dari pusat Ibu Kota membuat pertumbuhan kota tersebut cukup signifikan, baik dari segi populasi penduduk, pergerakan mobilisasi hingga pertumbuhan ekonomi yang terjadi di kota Tangerang. Dimana terdapat terminal tipe A Poris Plawad dengan luas 6 Ha yang berperan besar sebagai sarana pendukung transportasi dan memiliki kegiatan heterogen guna menunjang kegiatan ekonomi. Rancangan Tata Ruang Wilayah Kota Tangerang 2018-2038 telah merencanakan kawasan-kawasan yang akan dikembangkan berbasis konsep TOD (*Transit Oriented Development*), salah satunya kawasan TOD Poris Plawad. Dimana dalam perencanaan ini Kawasan TOD Poris Plawad akan difungsikan sebagai penghubung bandara Soekarno Hatta dengan kota Tangerang, kota Jakarta hingga kota-kota yang berada di luar provinsi Banten. Dalam PERMEN Agraria dan Tata Ruang atau Kepala Badan Pertahanan Nasional RI No. 16 Tahun 2017 telah mengatur dan menjelaskan bahwa terminal Poris Plawad dengan Stasiun Batu Ceper merupakan simpul transit yang akan menjadi pengembangan kawasan TOD (*Transit Oriented Development*). Hal yang mendasari kebijakan tersebut karena letak strategi Kawasan Poris Plawad yang didalamnya terdapat terminal tipe A Poris Plawad yang melayani bus bus AKDP, Bus AKAP, Bus Transtangerang, Angkot dan Transjabodetabek. Serta terdapat stasiun batu ceper yang melayani KRL Jabodetabek, KRL Bandara Soekarno Hatta dan nantinya akan melayani LRT Tangerang-Tangerang Selatan. Sebagaimana konsep TOD merupakan pola pengembangan kota yang mengintegrasikan jaringan transportasi umum massal dan melengkapi strategi pengembangan lingkungan yang telah ada di sekitar simpul transit. Namun penerapan konsep TOD belum dapat direalisasikan karena belum adanya arahan prioritas pada pengembangan di Poris Plawad. Dalam kebijakan tersebut juga belum ada prioritas pengembangan, sehingga dibutuhkan prioritas pengembangan guna mempercepat realisasi pengembangan kawasan transit Poris Plawad dengan konsep TOD.

Penelitian ini memiliki dua tujuan yaitu untuk mengidentifikasi kriteria-kriteria konsep TOD yang sesuai dengan kawasan transit Poris Plawad serta untuk menentukan prioritas pengembangan kawasan transit Poris Plawad dengan konsep TOD.

*Corresponding author: mauditenri@gmail.com

a. *Transit Oriented Development (TOD)*

Calthorpe dalam bukunya *The Next American Metropolis* menggagas suatu konsep mengenai pengembangan wilayah yang berorientasi kemudahan transit. Hal yang difokuskan yaitu mengenai kepadatan suatu wilayah yang terdiri dari ruang publik, penggunaan tata lahan dan transportasi. Semua hal tersebut dapat dijangkau dengan berjalan kaki. Hal yang ditekankan dalam konsep *Transit Oriented Development (TOD)* adalah integritas antar tempat transit yang didalamnya terdapat strategi pengembangan wilayah berkelanjutan. Hal ini untuk menunjang peningkatan aksesibilitas dari penggunaan kendaraan pribadi menuju penggunaan transportasi umum. Konsep TOD memiliki dua syarat utama yang harus dipenuhi, yaitu sistem transit dan kawasan yang ramah lingkungan serta berkelanjutan, artinya, kawasan tersebut memiliki lahan yang dapat dikembangkan disekitar lokasi transit. Watson (2003) memiliki pandangan kearah kepadatan yang tinggi pada daerah simpul transit yang berfungsi sebagai lahan campuran (*mixed use*). Dimana lahan campuran ini harus memiliki fasilitas yang dapat menunjang kenyamanan dan keamanan bagi para pejalan kaki (*walkable*). Tingginya tingkat kepadatan bangunan perumahan dalam radius titik simpul mempengaruhi kepadatan Kawasan tersebut. Agar penduduk sekitar simpul transit dapat beraktivitas dalam satu wilayah, maka penggunaan lahan disekitar simpul transit dapat dibangun dan digunakan sebagai lahan perkantoran, lahan permukiman, fasilitas umum maupun lahan komersial.

b. Metode Delphi

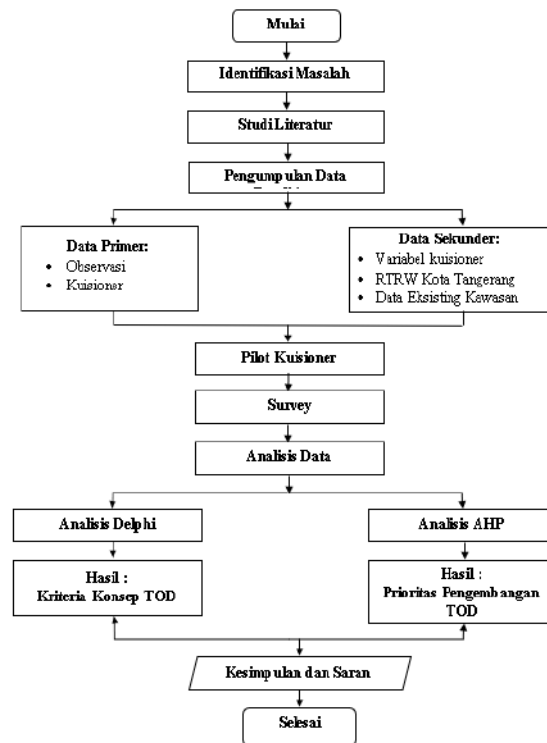
Analisis metode Delphi merupakan proses untuk mendapatkan kesepakatan atau konsensus melalui umpan balik yang dikontrol dari sebuah panel atau kelompok yang terdiri dari para ahli atau individu dengan pengetahuan tentang subjek tersebut. Metode delphi dapat diwakili oleh sampel populasi sasaran. Metode delphi terdiri dari memilih panel, mengembangkan survey topik terkait dan melakukan tahapan iteratif sehingga mendapatkan konsensus antar panelis. Dimana para panelis dipilih oleh peneliti dan menjawab survey secara berulang serta secara anonim.

c. *Analytical Hierarchy Process (AHP)*

Prinsip kerja AHP adalah penyederhanaan suatu persoalan yang kompleks, tidak terstruktur, menjadi bagian-bagian yang lebih sederhana, serta menata dalam suatu hirarki. Secara grafis, persoalan keputusan AHP dapat dikonstruksikan sebagai diagram bertingkat, yang dimulai dengan tujuan (*goal*), lalu kriteria sebagai level pertama, subkriteria dan akhirnya alternatif dengan melakukan perbandingan berpasangan (*pairwise comparisons*). Agar diperoleh skala yang bermanfaat ketika membandingkan dua unsur, maka digunakan skala untuk membandingkan unsur-unsur yang ada oleh Saaty dibuat dalam tabel skala perbandingan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan berupa penelitian deskriptif kuantitatif, Menurut Sukmadinata (2006) dalam Muzakky (2016) penelitian ini merupakan penelitian yang memiliki sifat pengukuran dan memakai komponen yang formal dan terstruktur. Penelitian kuantitatif merupakan penelitian yang pengambilan data, pengolahan data hingga penyajian data hasil penelitian dipaparkan dalam bentuk angka. Penelitian secara deskriptif kuantitatif dilakukan dengan beberapa pertimbangan, yaitu bentuk deskriptif pada penelitian mendominasi untuk menjabarkan secara jelas, kerangka berpikir deduktif pada penelitian kuantitatif merupakan suatu gambaran dengan penggunaan konsep untuk menjelaskan proses penelitian yang bersifat khusus, serta jenis metode deskriptif kuantitatif membuat penelitian ini lebih terstruktur dan sistematis dan aktual dengan bantuan angk-angka yang pasti dan logis. Adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

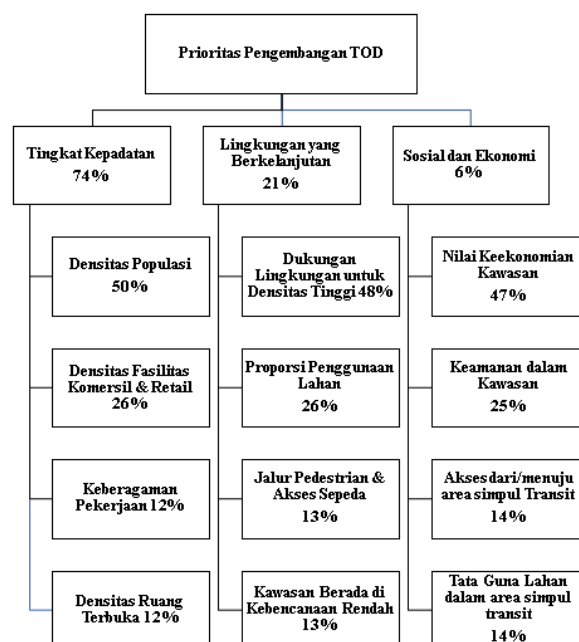
Tujuan pertama yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu melakukan identifikasi terkait kriteria-kriteria konsep TOD yang sesuai dengan pengembangan kawasan transit Poris Plawad di Tangerang. Dalam pelaksanaannya, dilakukan dengan menggunakan analisis metode Delphi. Diawali dengan menentukan responden, dilakukan pre-test serta uji validitas dan realibilitas. Setelah itu dapat dilakukan penyebaran kuisisioner dan dilakukan analisis tahap pertama, Hasil yang didapatkan dari tahap pertama didapatkan tiga variabel yang belum mencapai konsensus, maka dilakukan tahap selanjutnya yaitu tahap iterasi untuk mencapai konsensus dari semua responden. Pada variabel utama tingkat kepadatan, terdapat sub- variabel densitas populasi, densitas fasilitas komersil & retail, densitas ruang terbuka, serta keberagaman pekerjaan. Pada variabel utama lingkungan yang berkelanjutan terdapat sub-variabel jalur pedestrian & akses sepeda, proporsi penggunaan lahan, dukungan lingkungan untuk densitas tinggi, serta kawasan berada di kebencanaan rendah. Pada variabel utama sosial dan ekonomi, terdapat sub- variabel tata guna lahan dalam area simpul transit, akses dari/menuju sistem transit, nilai keekonomian kawasan, serta keamanan dalam area simpul transit.

Berdasarkan pengisian kuisisioner tahap pertama, terdapat sembilan variabel dari 12 variabel yang langsung mendapat kesepakatan dari semua narasumber. Selebihnya yaitu tiga variabel masih belum mencapai kesepakatan antar narasumber. Yaitu variabel pada densitas ruang terbuka, dukungan lingkungan untuk densitas tinggi, dan kawasan berada di kebencanaan rendah. Berkaitan dengan tiga variabel yang belum mencapai kesepakatan atau konsensus, maka perlu dilakukan tahap selanjutnya yaitu tahap kedua atau biasa disebut tahap iterasi. Pada tahap iterasi, dilakukan kembali dengan memberikan pertanyaan terkait variabel yang belum konsensus kepada responden yang tidak setuju sebelumnya dengan memberikan pertimbangan-pertimbangan indikator guna mencapai konsensus seperti dengan responden. Adapun hasil metode Delphi terdapat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Metode Delphi Tahap Iterasi

No.	Variabel	Responden									
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
1.	A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
2.	B	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
3.	C	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
4.	D	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
5.	E	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
6.	F	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
7.	G	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
8.	H	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
9.	I	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
10.	J	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
11.	K	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
12.	L	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Tujuan kedua yang ingin dicapai yaitu besaran persentase prioritas dengan menggunakan metode AHP agar dapat menentukan prioritas pengembangan kawasan transit Poris Plawad yang data-data penilaian didapatkan dari pengisian kusioner oleh para responden. Kemudian data-data yang telah didapatkan akan diolah dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Analisis akan dilakukan dua kali, yaitu level pertama pada analisis variabel utama dan analisis kedua dilakukan analisis pada sub-variabel. Tahap pertama yang dilakukan pada analisis metode AHP yaitu penyajian variabel dalam bentuk matriks dan secara berpasangan (*pairwise comparison*). Kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *eigen vector* (EVN). Nilai EVN yang telah didapatkan merupakan nilai bobot terhadap variabel yang besarnya dapat diurutkan lalu menjadi perankingan pada prioritas variabel utama. Adapun diagram hirarki prioritas pengembangan TOD Kawasan Transit Poris Plawad terdapat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Hirarki Prioritas Pengembangan TOD Kawasan Transit Poris Plawad

Dalam hal prioritas pengembangan TOD di kawasan transit Poris Plawad dapat dilakukan dengan modernisasi jaringan jalan, yaitu dengan jalan lingkaran dan jalan radial. Pada area JABODETABEK sendiri telah terdapat empat jalan lingkaran dan delapan jalan radial, salah satunya jalan radial yang menuju area transit Poris Plawad. Dengan adanya jalan lingkaran dan jalan radial dapat membentuk struktur ruang sebagai sarana pergerakan menuju pusat-pusat publik seperti area komersial, area perkantoran, maupun hunian.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat aspek kepadatan yang harus dipenuhi agar area simpul transit Poris Plawad dapat berkembang sebagaimana mestinya sesuai kaidah TOD, yaitu dengan merencanakan dan membangun hunian secara vertikal di area simpul transit Poris Plawad. Dimana kapasitas ditingkatkan secara vertikal dan ditunjang dengan aksesibilitas berupa jaringan jalan yang memudahkan pergerakan di area simpul transit sehingga kapasitas persatuan luas dapat berfungsi secara efisien.

Hal lain yang mencakup yaitu moda angkutan umum yang efisien untuk membebani jaringan jalan. Moda transportasi umum massal seperti KRL *commuter line* yang menjadi daya dukung konsep TOD di Poris Plawad. Dengan kata lain, pengembangan TOD merupakan pengembangan yang harus memperhatikan kepadatan atau densitas yang ada dan ditunjang dengan pola bangunan secara vertikal sehingga pembangunan tersebut efisien dan terdapat moda transportasi umum massal untuk mencapai pusat-pusat publik lainnya yang terdapat di sekitar area transit Poris Plawad maupun diluar area transit Poris Plawad.

Aspek-aspek seperti densitas tinggi dan dukungan lingkungan untuk densitas tinggi diupayakan untuk memfasilitasi polisentris. Dengan menggunakan metode delphi, yang dapat dideteksi berupa kepadatan yang tinggi, artinya lebih efisien karena dapat menampung kepadatan tinggi sesuai dengan daya dukungnya persatuan luas. Salah satu kelengkapannya yaitu dengan adanya moda transportasi umum massal sehingga dapat meningkatkan kinerja di area transit Poris Plawad.

Dampak positif yang ada yaitu dengan hunian vertikal di area transit yang terintegrasi dengan moda transportasi umum massal yaitu dapat mengurangi polusi di udara serta mengurangi penggunaan emisi yang dikeluarkan, serta kemudahan dalam menjangkau moda transportasi umum lainnya.

4. KESIMPULAN

Rangkaian penelitian dan analisis dengan berbagai metode telah dilakukan, hasil dari penelitian didapatkan setelah dilakukan analisis data. Maka berdasarkan pembahasan dan analisis pada bab sebelumnya terkait analisis prioritas pengembangan kawasan transit Poris Plawad dengan konsep *Transit Oriented Development* (TOD) dapat ditarik kesimpulan.

1. Hasil dari analisis kesesuaian konsep TOD di Poris Plawad menunjukkan 3 kriteria utama yaitu tingkat kepadatan, lingkungan yang berkelanjutan serta sosial dan ekonomi. Adapun dari masing-masing kriteria tersebut terdapat beberapa kriteria yang menunjang kesesuaian konsep TOD di area transit Poris Plawad, yaitu densitas populasi, densitas fasilitas komersial dan retail, keberagaman pekerjaan, densitas ruang terbuka, dukungan lingkungan untuk densitas tinggi, proporsi penggunaan lahan, jalur pedestrian dan akses sepeda, kawasan berada di kebencanaan rendah, nilai keekonomian kawasan, keamanan dalam area transit, akses dari atau menuju sistem transit dan tata guna lahan dalam area simpul transit.
2. Analisis yang telah dilakukan terkait kriteria yang sesuai dengan konsep TOD maka dilakukan analisis untuk menentukan prioritas pengembangan di area transit Poris Plawad dengan menggunakan metode AHP, Adapun tiga kriteria terbesar dari masing-masing kriteria utama yaitu densitas populasi sebesar 50%, dukungan lingkungan untuk densitas tinggi 48%, dan yang terakhir adalah nilai keekonomian Kawasan sebesar 47%. Dengan adanya kriteria yang telah dicari bobot prioritasnya, maka dapat menjadi masukan dan saran kepada regulator dan *developer* untuk mengembangkan kriteria konsep TOD di area transit Poris Plawad berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan masukan dalam pembuatan tugas akhir ini terutama kepada:

1. Allah SWT yang memberikan limpahan nikmat serta karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis diberi keempatan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua Orang tua serta keluarga besar yang sudah setia memberikan doa, motivasi, memberikan dukungan baik moril dan materil kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Mba Dr. Herawati Zetha Rahaman, ST., MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang sudah meluangkan waktu, memberikan bimbingan serta arahan kepada penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
4. Seluruh responden yang sudah membantu saya dalam pengisian kuesioner yang penulis berikan.
5. Dan seluruh pihak yang telah membatu penulis dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

6. REFERENSI

- [1] H. Juniati, "Evaluasi Keterpaduan Terminal Poris Plawad Dan Stasiun Batu Ceper Tangerang Sebagai Perwujudan Simpul Transportasi Evaluation Of The Integrated Public Transport Terminal Of Poris Palawad And Batu Ceper Railway Station As The Implementation Of Transport Node," *J. Penelit. Transp. Darat*, Vol. 17, No. 4, Pp. 221–234, 2015, Doi: <https://doi.org/10.25104/jptd.v17i4.155>.
- [2] Badan Pusat Statistik, *Statistik Daerah Kota Tangerang*. Bps Kota Tangerang, 2020. Accessed: Jun. 26, 2022. [Online]. Available: <https://tangerangkota.bps.go.id/publication/download.html?nrbfveve=Mzfyju1mmq1mzy5mtk1mtm4ytaznwqz&Xzmn=Ahr0chm6ly90yw5nzxjhbmrb3rhlmjwcy5nby5pzc9wdwjsawnhdglvbi8ymdiwlza5lzi4lzmxy2i1ntjknm2ote5ntezogewmzvkm9zdgf0axn0awstzgfclcmfolwtvdgetdgfuz2vvyw5nltiwmjauahrba%3d%3d&Twoadfnarfeauf=Mjajymi0wni0yniaxmtoyngo0nw%3d%3d>
- [3] A. S. Nabila, B. Paramita, R. Minggra, And M. D. Koerniawan, "Transit Integrated Design In Poris-Plawad Tangerang Transit Oriented Development Area: Terminal And Station," *Iop Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, Vol. 520, No. 1, 2020, Doi: 10.1088/1755-1315/520/1/012024.
- [4] J. Frederick And P. Rahardjo, "Rencana Penataan Kawasan Transit Oriented Development (Tod) Poris Plawad," *J. Sains, Teknol. Urban, Perancangan, Arsit.*, Vol. 3, No. 1, P. 1233, May 2021, Doi: 10.24912/Stupa.V3i1.11234.
- [5] P. N. I. Indradjati, "Konsep Dan Prinsip Pengembangan Kawasan Berorientasi Transit/Transit Oriented Development," *Bul. Penataan Ruang*, Vol. 5, Sep. 2019, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/337797818>
- [6] V. S. Ramadhani, "Prioritas Pengembangan Kawasan Transit Stasiun Gubeng Dengan Konsep Transit Oriented Development," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [7] A. Octavianty, "Pengembangan Transit Oriented Development Studi Kasus Kota Bekasi," Fakultas Teknik Universitas Pancasila, Jakarta, 2020.
- [8] K. A. Dan T. R. P. Nasional, "Peraturan Menteri Agraria Dan Tata Ruang/ Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia Tentang Pedoman Pengembangan Kawasan Berorientasi Transit," No. 16, Pp. 1–19, 2017, [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/103801/Permen-AgrariaKepala-Bpn-No-16-Tahun-2017>
- [9] R. Thomas And L. Bertolini, *Transit-Oriented Development Learning From International Case Studies*. Amsterdam: University Of Amsterdam, 2020. Doi: [Doi: Doi.Org/10.1007/978-3-030-48470-5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-48470-5).
- [10] E. Taylor, "We Agree, Don't We? The Delphi Method For Health Environments Research," *Heal. Environ. Res. Des. J.*, Vol. 13, No. 1, Pp. 11–23, 2020, Doi: 10.1177/1937586719887709.
- [11] M. Hafiyusholeh, A. Hanif, And R. Komaria, "Aplikasi Metode Nilai Eigen Dalam Analytical Hierarchy Process Untuk Memilih Tempat Kerja," *J. Mat. Mantik*, Vol. 1, No. 1, Pp. 6–16, 2015.
- [12] N. K. Zahwa, H. Z. Rahman, A. Andreas, And N. K. Nirmala, "Analisis Pengembangan Transit Oriented Development Studi Kasus Terminal Tipe A Poris Plawad," In *Prosiding Seminar Rekayasa Teknologi (Semrestek)*, 2021, Pp. 186–195.

-
- [13] A. R. Muzakkiy, "Arahan Peningkatan Penerapan Konsep Transit Oriented Development (Tod) Pada Kawasan Dukuh Atas, Jakarta," 2016, Accessed: Jun. 25, 2022. [Online]. Available: <https://Repository.Its.Ac.Id/Id/Eprint/63022>

Analisis *Ability To Pay* (ATP) Dan *Willingness To Pay* (WTP) Pada Pengguna Jasa Kereta Api Penumpang Lintas Stasiun Tanjung Karang – Stasiun Kertapati

Danno Anugrah Putra Agnur^{1*}, Herawati Zetha Rahman¹, dan Azaria Andreas¹

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

Abstrak. Sumatra Selatan merupakan wilayah dengan pertumbuhan ekonomi yang cukup besar dengan penambahan jumlah penduduk rata – rata sebesar 8,5 juta jiwa dengan persentase pertumbuhan penduduk sebesar 1,48%. Untuk memenuhi pertumbuhan permintaan operasional maka PT. KAI membangun *double track* jalan rel kereta api yang menghubungkan antara Prabumulih dengan Tarahan di provinsi Sumatra Selatan. Jalur rel ganda dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhan ekonomi. Rel ini bertujuan untuk mampu mengoptimalkan pertumbuhan ekonomi dan mengoptimalkan mobilisasi perpindahan manusia dan barang dengan cepat, nyaman, dan aman. Penelitian ini menggunakan metode kuesioner dengan penumpang kereta api sebagai pengguna kereta api penumpang di Sumatera Selatan dan Lampung. Dari hasil analisis yang dilakukan didapat pendapatan rata – rata penumpang sebesar Rp 2.235.000 dengan pengeluaran rata – rata untuk transportasi dalam satu bulan sebesar Rp 183.250 didapat *Ability To Pay* (ATP) sebesar Rp 3.358 per km dan dengan adanya penambahan fasilitas yang diharapkan dengan rata – rata keinginan membayar Rp 13.700, dari rata – rata tersebut didapat *Willingness To Pay* (WTP) sebesar Rp 62,75 per km, dari hasil analisis *Ability To Pay* (ATP) dan *Willingness To Pay* (WTP) didapat kenaikan tarif yang semula Rp 30.000 untuk kereta Kuala Stabas menjadi Rp 43.000 dengan jarak tempuh 215 km dan kenaikan tarif untuk kereta Rajabasa yang semula Rp 32.000 menjadi Rp 50.000 dengan jarak tempuh 389 km setelah adanya penambahan fasilitas yang diharapkan.

Kata kunci— *Ability To Pay* (ATP), *Willingness To Pay* (WTP), *Kereta Penumpang*

1. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan suatu aspek dalam pembangunan pada suatu negara, baik itu negara yang sudah maju maupun negara yang masih berkembang. Dalam era globalisasi, mobilitas masyarakat dalam beraktifitas sehari-hari sangat membutuhkan layanan jasa transportasi. Dengan adanya transportasi akan memudahkan perpindahan barang ataupun manusia dari satu tempat ke tempat lainnya. Pentingnya transportasi tercermin pada semakin meningkatnya kebutuhan jasa angkutan, mobilitas orang serta barang ke seluruh pelosok tanah air.

Sumatra Selatan merupakan wilayah dengan pertumbuhan ekonomi yang cukup besar dengan penambahan jumlah penduduk rata – rata sebesar 8,5 juta jiwa dengan persentase pertumbuhan penduduk sebesar 1,48%, dari data tersebut dapat mempengaruhi peningkatan penggunaan transportasi yang akan memenuhi kapasitas jalan arteri yang ada.

Kapasitas lalu lintas jalan yang terbatas membuat moda transportasi kereta api semakin menunjukkan keunggulannya. Keunggulan ini tidak terlepas dari kereta api sebagai alat transportasi yang paling berkelanjutan. Selain itu, perkembangan teknologi perkeretaapian yang cepat, aman, hemat energi, dan ramah lingkungan yang belum pernah terjadi sebelumnya semakin meningkatkan keunggulan perkeretaapian dibandingkan moda transportasi lainnya.

Untuk perpindahan mobilitas dan kemudahan dalam berpindah tempat dari suatu tempat ke tempat yang lain dibutuhkan kendaraan yang digerakan dengan mesin atau manusia. Transportasi dapat membantu dan memudahkan mobilitas bagi manusia ataupun barang ke tempat tujuan tertentu. Seiring pertumbuhan ekonomi daerah, kebutuhan akan transportasi juga akan meningkat.

Untuk memenuhi pertumbuhan permintaan operasional maka PT. KAI membangun *double track* jalan rel kereta api yang menghubungkan antara Prabumulih dengan Tarahan di provinsi Sumatra selatan. Jalur rel ganda dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhan ekonomi. Rel ini bertujuan untuk mampu

* Corresponding author: dannoanugrah@gmail.com

mengoptimalkan pertumbuhan ekonomi dan mengoptimalkan mobilisasi perpindahan manusia dan barang dengan cepat, nyaman, dan aman.

Berdasarkan latar belakang diatas untuk itu perlu dilakukan penelitian untuk melakukan analisis ATP (*ability to pay*/kemampuan orang membayar) berdasarkan pendapatan dan pengeluaran (Transportasi umum, Transportasi KA, pengeluaran dalam stasiun) dan WTP (*willingness to pay*/kemauan orang membayar) berdasarkan penambahan operasional dan layanan yang ada.

a. Tarif

Menurut warpani 2002 Tarif ialah penggunaanya membayar jasa dari angkutan umum yang tergantung jarak tempuh penumpang dan satuan berat. Sementara itu ditetapkan tarif dengan serupa sehingga memberikan keuntungan kepada pengusaha angkutan umum penumpang dengan penempatan tarif untuk mendorong agar terciptanya maksud dan tujuannya. Prasarana dan sarana perangkutan secara optimum dengan berbagai pertimbangan yang bersangkutan dengan penggunaanya, pemerintah dapat menetapkan batas dari maksimum yang ditetapkan, agar dianggap menjadi pemacu dengan persaingan secara sehat. Penentuan kebijaksanaan tarif ada beberapa macam jasa angkutan umum yang diserahkan pada mekanisme dipasar, yaitu kesepakatan (proses tawar menawar) antar pengguna jasa dengan penyedia jasa.

b. Ability To Pay (ATP)

Menurut Irmalia Nursita, Budi Yulianto, S. Jauhari Legowo, 2017 *Ability to Pay* (ATP) merupakan seseorang untuk membayar jasa pelayanan berdasarkan penghasilan yang dianggap ideal. Pendekatan yang digunakan dalam analisis ATP didasarkan pada alokasi biaya pengiriman dengan pendapatan normal yang diterima. Dengan kata lain, solvabilitas adalah kemampuan membayar biaya perjalanan yang ditanggung oleh masyarakat. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi *ability to pay* diantaranya :

1. Besaran pendapatan.
2. Kebutuhan transportasi.
3. Total biaya transportasi.
4. Persentase penghasilan yang dikeluarkan

Perhitungan *Ability To Pay* (ATP) dapat dihitung dengan:

$$ATP = \frac{I_t \times P_p \times P_t}{T_p} \quad (1)$$

Keterangan :

I_t = Total pendapatan

P_p = Persentase pendapatan untuk transportasi perbulan

P_t = Persentase untuk angkutan dari pendapatan perbulan

T_p = Total Panjang perjalanan

c. Willingness To Pay (WTP)

Menurut Isnain Anugrah Dkk, 2018 *Willingness To Pay* (WTP) adalah kemampuan calon pelanggan untuk membayar atas jasa yang diperolehnya. Metode yang digunakan dalam analisis *Willingness To Pay* (WTP) berdasarkan pada persepsi pelanggan terhadap tarif dari jasa pelayanan angkutan umum tersebut. Beberapa faktor yang mempengaruhi WTP adalah :

$$WTP = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n nWTP_i \quad (2)$$

Keterangan :

MWTP = Rata – rata WTP

N = Ukuran rsampel

WTP_i = Nilai WTP maksimum responden ke i

d. Hubungan Ability To Pay (ATP) dan Willingness To Pay (WTP)

Ketidaksamaan besaran nilai antara ATP dan WTP dapat didefinisikan menjadi beberapa kesimpulan yaitu :

1. ATP lebih besar dari WTP

Kondisi ini menunjukkan bahwa kemampuan membayar lebih besar daripada keinginan membayar layanan . Ini terjadi ketika pendapatan pengguna relatif tinggi, tetapi kegunaan layanan relatif rendah. Pengguna dalam keadaan ini disebut *choiced riders*.

2. ATP lebih kecil dari WTP

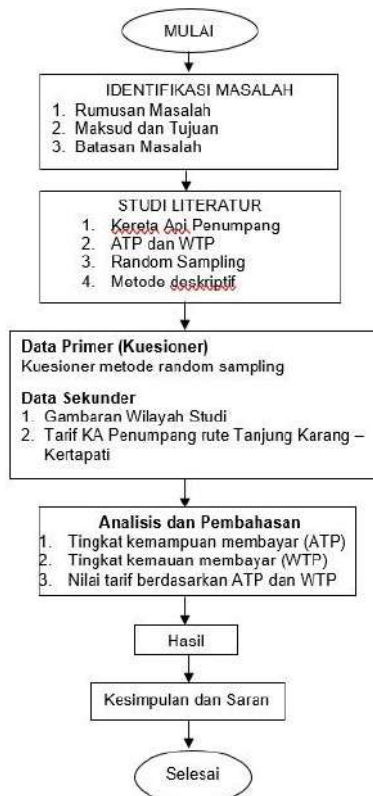
Kondisi ini merupakan kebalikan dari kondisi di atas, dan kesediaan pengguna untuk membayar layanan melebihi kemampuan membayar layanan tersebut. Hal ini dimungkinkan bagi pengguna yang berpenghasilan relatif rendah, tetapi utilitas layanan ini sangat tinggi sehingga kesediaan pengguna untuk membayar layanan ini kemungkinan besar akan terpengaruh oleh utilitas tersebut. Dalam keadaan ini, pengguna disebut *captive riders*.

3. ATP sama dengan WTP

Kondisi ini menunjukkan bahwa pengguna memiliki kemampuan dan kemauan yang sama untuk membayar layanan yang mereka gunakan. Dalam kondisi ini, ada keseimbangan antara kepentingan pengguna dan biaya untuk membayar layanan ini.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Menurut Sugiyono, 2011 Metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Adapun diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengambilan data primer, berupa kuesioner. Kuesioner diambil dari responden yang menggunakan kereta api penumpang relasi stasiun tanjung karang – stasiun kertapati dan diambil secara acak dan tidak membedakan dengan sampel yang lain atau responden dianggap setara atau homogen.

Suatu penelitian akan membutuhkan sekelompok orang yang akan menjadi target atau partisipan penelitian sesuai dengan masalah yang diteliti. Partisipan dalam penelitian disebut dengan populasi. Sampel adalah bagian dari populasi yang di dapatkan dengan menggunakan metode tertentu untuk kemudian dianggap menjadi wakil dari populasi. Dapatlah dikatakan sampel ada di dalam bagian populasi yang dianggap menjadi wakil atau mewakili karakteristik tertentu di dalam populasi yang diambilnya. Sedangkan Sampling adalah kegiatan menentukan sampel. Dalam pengambilan sampel yang perlu diperhatikan adalah bahwa karakteristik yang ada dalam populasi harus terwakili oleh sampel. Pada penelitian kali ini metode yang dipilih untuk menentukan responden dilakukan secara *random sampling*. Jumlah responden ditentukan menggunakan rumus slovin sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1+N e^2} \quad (3)$$

Keterangan:

n = ukuran sampel

N = ukuran populasi

e = persen kelonggaran ketidaktelitian karena kesalahan penarikan sampel yang masih dapat ditolerir atau diinginkan.

Survey ini dilakukan secara *offline* dengan cara penyebaran secara langsung kepada 100 responden yang akan ditinjau dalam penelitian ini. Hasil kuesioner yang telah diisi oleh responden akan dikumpulkan sehingga diperoleh data dari penelitian ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Karakteristik Responden

Karakteristik responden Kereta Api Penumpang lintas Tanjung Karang – Kertapati dibagi menjadi empat yang membahas data pribadi responden yaitu jenis kelamin, usia, pendidikan, pekerjaan. Penentuan variabel responden ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana gambaran umum responden dalam penelitian ini. Berikut merupakan karakteristik responden dengan responden sebanyak 100 orang.

Tabel 1. Karakteristik Responden

Karakteristik	Pernyataan	Persentase (%)
Jenis Kelamin	Wanita	49 %
	Pria	51 %
Usia	20-25 tahun	43 %
	25-30 tahun	14 %
	30-35 tahun	12 %
	35-40 tahun	9 %
	45-50 tahun	10 %
	>50 tahun	12 %
Pendidikan	SMP	8 %
	SMA	59 %
	Diploma	3 %
	Sarjana	29 %
	Pascasarjana	1 %
Pekerjaan	Mahasiswa	25 %
	Pegawai Negeri	8 %
	Pegawai Swasta	33 %
	Wiraswasta	11 %
	Rumah Tangga	23 %

Berdasarkan analisa karakteristik bahwa jenis kelamin yang paling dominan adalah pria sebesar 51% atau 51 orang, usia responden yang paling dominan adalah berkisar 20 - 25 tahun dengan persentase 43% atau 43 orang, pendidikan terakhir responden paling dominan berpendidikan terakhir SMA sebanyak 59% atau 59 orang, pekerjaan responden paling dominan bekerja sebagai pegawai swasta sebanyak 33% atau 33 orang, dengan responden sebanyak 100 orang.

b. Karakteristik Perjalanan Responden

Karakteristik perjalanan penumpang Kereta Api Penumpang lintas Tanjung Karang – Kertapati dibagi menjadi enam yang membahas data perjalanan responden yaitu stasiun asal, stasiun tujuan, maksud perjalanan, moda transportasi menuju stasiun, pengeluaran menuju stasiun, frekuensi perjalanan. Penentuan variabel responden ini digunakan untuk mengetahui gambaran umum dari perjalanan responden dalam penelitian ini.

Tabel 2. Karakteristik Perjalanan Responden

Karakteristik	Pernyataan	Persentase (%)
Stasiun Asal	Kertapati	17 %
	Baturaja	12 %
	Kota Bumi	10 %
	Negeri Agung	1 %
	Tanjung Karang	60 %
Stasiun Tujuan	Tanjung Karang	38 %
	Kota Bumi	14 %
	Batu Raja	15 %
	Kertapati	24 %
	Martapura	6 %
	Prabumulih	11 %
Maksud Perjalanan	Keluarga / Liburan	61 %
	Dinas / Bekerja	27 %
	Lainnya	12 %
Moda Transportasi Menuju Stasiun	Angkutan Pribadi	35 %
	Angkutan Online	32 %
	Angkutan Umum	24 %
	Lainnya	9 %
Pengeluaran Menuju Stasiun (Rp)	< 5000	24 %
	5000 – 10000	19 %
	10000 – 15000	27 %
	15000 – 20000	11 %
	>20000	19 %
Frekuensi Perjalanan	Sangat Jarang (1 – 2 kali/tahun)	45 %
	Jarang (3 – 4 kali/tahun)	16 %
	Sering (5 – 6 kali/tahun)	23 %
	Sangat Sering (> 6 kali/tahun)	16 %

Berdasarkan analisa karakteristik perjalanan responden bahwa stasiun asal yang paling dominan adalah stasiun tanjung karang sebesar 60% atau 60 orang, stasiun tujuan yang paling dominan adalah stasiun tanjung karang sebesar 38% atau 38 orang, maksud perjalanan responden yang paling dominan adalah keluarga/liburan dengan persentase 61% atau 61 orang, moda transportasi menuju stasiun yang paling dominan digunakan adalah angkutan pribadi sebesar 35% atau 35 orang, pengeluaran menuju stasiun responden paling dominan responden mengeluarkan tarif sebesar <5.000 sebanyak 24% atau 24 orang, frekuensi perjalanan responden paling dominan melakukan perjalanan sangat jarang (1 – 2 kali/tahun) dengan persentase 45% atau 45 orang, dengan responden sebanyak 100 orang.

c. Ability To Pay (ATP)

Karakteristik *Ability To Pay* (ATP) Kereta Api Penumpang lintas Tanjung Karang – Kertapati dibagi menjadi empat yang membahas pengeluaran pribadi responden yaitu pendapatan perbulan, pengeluaran transportasi umum dalam satu bulan, pengeluaran transportasi KA dalam sebulan, pengeluaran dalam stasiun. Penentuan variabel responden ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan membayar responden berdasarkan pendapatannya dalam penelitian ini.

Tabel 3. Ability To Pay (ATP)

<i>Ability To Pay (ATP)</i>	Pernyataan	Persentase (%)
Pendapatan Per Bulan	<1500000	49 %
	1500000 – 2000000	7 %
	2000000 – 2500000	13 %
	> 3500000	31 %
Pengeluaran Transportasi Umum Per Bulan	< 150000	64 %
	150000 – 200000	14 %
	> 350000	22 %
Pengeluaran Transportasi KA dalam Per Bulan	< 150000	72 %
	150000 – 200000	13 %
	> 350000	15 %
	< 10000	35 %
	10000 - 20000	25 %
Dalam Stasiun	20000 – 30000	24 %
	30000 – 40000	5 %
	>50000	11 %

Berdasarkan analisa *ability to pay (ATP)* responden bahwa pendapatan perbulan responden yang paling dominan adalah sebesar <1.500.000 dengan persentase sebesar 49% atau 49 orang dengan rata – rata pendapatan seluruh responden sebesar Rp. 2.235.000, pengeluaran transportasi umum dalam sebulan responden yang paling dominan adalah sebesar <150.000 dengan persentase sebesar 64% atau 64 orang dengan rata – rata pengeluaran untuk transportasi umum seluruh responden sebesar Rp. 161.000, pengeluaran transportasi umum dalam sebulan responden yang paling dominan adalah sebesar <150.000 dengan persentase sebesar 72% atau 72 orang dengan rata – rata pengeluaran untuk transportasi KA seluruh responden sebesar Rp. 183.250, pengeluaran dalam stasiun seluruh responden yang paling dominan adalah sebesar <10.000 dengan persentase sebesar 35% atau 35 orang dengan rata – rata pengeluaran dalam stasiun seluruh responden sebesar Rp. 20.500, dengan responden sebanyak 100 orang.

Dalam analisis *Ability To Pay (ATP)* pengguna jasa kereta api penumpang lintas Stasiun Tanjung Karang – Stasiun Kertapati besarnya nilai *Ability To Pay (ATP)* dibuat berdasarkan pendapatan perbulan responden, pengeluaran terhadap transportasi dan pengeluaran dalam stasiun, pengeluaran transportasi KA dalam satu bulan dan perjalanan responden sebagai pendekatan penumpang kereta api lintas Stasiun Tanjung Karang – Stasiun Kertapati.

Dengan kebutuhan data sebagai berikut :

- Pendapatan rata – rata responden : Rp 2.235.000
- Persentase rata rata pengeluaran responden : 17,95%
- Pengeluaran transportasi dan pengeluaran dalam stasiun : Rp 401.250
- Persentase pengeluaran transportasi KA dalam sebulan : 45,67%
- Rata – rata pengeluaran transportasi KA dalam sebulan : Rp 183.250
- Frekuensi perjalanan menggunakan kereta : 3
- Jarak rata – rata perjalanan responden : 218,284 Km

Dari data yang disebutkan diatas dapat dihitung menggunakan rumus 2.2 dan didapat hasil analisis *Ability To Pay (ATP)* sebesar Rp 3.358/km.

d. *Willingness To Pay (WTP)*

Karakteristik *Willingness To Pay (WTP)* Kereta Api Penumpang lintas Tanjung Karang – Kertapati dibagi menjadi dua yang membahas kemauan responden untuk membayar tarif kereta api yaitu fasilitas bangunan stasiun yang diharapkan, dan peningkatan tarif setelah penambahan fasilitas. Penentuan variabel responden ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan membayar responden berdasarkan pendapatannya dalam penelitian ini.

Tabel 4. Fasilitas Bangunan Yang Diharapkan

Keterangan	Persentase (%)
Dilengkapi pendingin udara	13%
Dilengkapi CCTV	10%
Dilengkapi layar informasi	13%
Dilengkapi sistem informasi audio	2%
Dilengkapi pusat informasi	8%
Dilengkapi fasilitas parkir berbayar	5%
Desain interior modern	8%
Toilet yang dibersihkan 3 kali sehari	41%

Pada hasil penelitian ini didapatkan data pengeluaran dalam stasiun, dengan persentase 13% responden mengharapkan bangunan yang dilengkapi pendingin udara atau sebanyak 13 responden, dengan persentase 10% responden mengharapkan bangunan yang dilengkapi CCTV atau sebanyak 10 responden, dengan persentase 13% responden mengharapkan bangunan yang dilengkapi layar informasi atau sebanyak 13 responden, dengan persentase 2% responden mengharapkan bangunan yang dilengkapi sistem informasi audio atau sebanyak 2 responden, dengan persentase 8% responden mengharapkan bangunan yang dilengkapi pusat informasi atau sebanyak 8 responden, dengan persentase 5% responden mengharapkan bangunan yang dilengkapi fasilitas parkir berbayar atau sebanyak 5 responden, dengan persentase 8% responden mengharapkan bangunan dengan desain interior modern atau sebanyak 8 responden, dengan persentase 41% responden mengharapkan bangunan dengan toilet yang dibersihkan 3 kali sehari atau sebanyak 41 responden.

Tabel 5. Peningkatan Tarif Setelah Penambahan Fasilitas

Keterangan	Persentase (%)
Ya	96%
Tidak	4%

Pada hasil penelitian ini didapatkan data peningkatan tarif setelah penambahan fasilitas, dengan persentase 94% responden berkeinginan peningkatan tarif setelah adanya penambahan fasilitas sesuai yang diharapkan atau sebanyak 94 responden, dengan persentase 6% responden tidak berkeinginan adanya peningkatan tarif setelah adanya penambahan fasilitas sesuai yang diharapkan atau sebanyak 6 responden.

Tabel 6. Perhitungan WTP

Tarif KA yang dibutuhkan Rp.	Jumlah
1000	1
3000	14
5000	6
8000	11
10000	8
13000	3
15000	3
18000	13
20000	16
21000	12
25000	1
38000	13
Total	1287011
rata - rata	13406
WTP	61,42

Berdasarkan **Tabel 6.** diatas didapat nilai rata – rata perhitungan *Willingness To Pay* (WTP) menggunakan rumus 2 dan didapat hasil analisis *Willingness To Pay* (WTP) sebesar Rp 61,42/Km. Dimana *Willingness To*

Pay (WTP) terbesar dari responden sebesar Rp 38.000 dengan dilengkapinya fasilitas toilet yang dibersihkan 3 kali sehari, dan *Willingness To Pay* (WTP) terkecil Rp 3.000 dengan dilengkapinya fasilitas toilet yang dibersihkan 3 kali sehari.

e. Tarif

Melihat kondisi $ATP > WTP$ dimana nilai ATP berdasarkan kemampuan membayar yang berlaku saat ini pada kereta api penumpang lintas Stasiun Tanjung Karang – Stasiun Kertapati mampu untuk membayar dengan kondisi tarif diantara kondisi saat ini dan untuk kondisi setelah adanya penambahan fasilitas yang diharapkan pada kereta api penumpang lintas Stasiun Tanjung Karang – Stasiun Kertapati.

Tabel 7. Harga Tiket Setelah Penambahan Fasilitas Yang Diharapkan

Nama Kereta	Jarak (KM)	Harga Tiket (Rp)	Harga per km (Rp)
Kuala Stabas	215	43.000	200
Rajabasa	389	50.000	145
Rata - rata harga KA per km			172,5

4. KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai ATP sebesar Rp. 3.358/km dan nilai WTP sebesar Rp. 61,42/km. Dalam hal ini $ATP > WTP$ dimana pendapatan lebih besar dibandingkan dengan utilitas pengguna yang disebut juga sebagai *choiced riders*.
- Berdasarkan analisis *Ability To Pay* (ATP) dan *Willingness To Pay* (WTP), maka diperoleh hasil tarif setelah adanya penambahan fasilitas :
 - Tarif kereta Kuala Stabas dengan stasiun asal stasiun Tanjung Karang dan stasiun tujuan stasiun Baturaja dengan jarak 215 km berdasarkan nilai *Ability To Pay* (ATP) dan *Willingness To Pay* (WTP) dengan harga tiket sebesar Rp 43.000 masih memenuhi dari kemampuan membayar penumpang
 - Tarif kereta Rajabasa dengan stasiun asal stasiun Tanjung Karang dan stasiun tujuan stasiun Kertapati dengan jarak 389 km berdasarkan nilai *Ability To Pay* (ATP) dan *Willingness To Pay* (WTP) dengan harga tiket sebesar Rp 50.000 masih memenuhi dari kemampuan membayar penumpang.

UCAPAN TERIMA KASIH

- Allah SWT yang memberikan limpahan nikmat serta karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis diberi kesempatan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
- ibu saya Siti Nurul Qomariyah yang senantiasa mendoakan dan memberi dukungan penuh dan Alm. Ayah saya Agus Wahyudi yang menjadi suri tauladan penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
- Mba Dr. Herawati Zetha Rahman, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang sudah meluangkan waktu, memberikan bimbingan serta arahan dan memberikan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
- Bapak Azaria Andreas, S.T., M.T yang telah membantu penulis dalam membimbing, memberi arahan, dan ilmu dalam mengikuti dan menyelesaikan tugas akhir ini.
- Mas Salman, Mas Lero dan Atika sebagai rekan-rekan karyawan PT. Kreasi Pola Utama yang sudah membantu dan memfasilitasi penulis dalam pengambilan data.
- PT KAI yang sudah membantu dalam survey dan seluruh responden yang sudah membantu saya dalam pengisian kuesioner yang penulis berikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. R. Indonesia, *UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 23 TAHUN 2007 TENTANG PERKERETAAPIAN*. 2007.
- [2] U. R. Indonesia, *UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 13 TAHUN 1992 TENTANG PERKERETAAPIAN*. 1992.

-
- [3] W. P. Suwardjoko, *Pengelolaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. 2002.
- [4] H. Herman and R. Tamara, “Penetapan Tarif pada Reaktivasi Kereta Api Bandung – Ciwidey dengan Metode Ability to Pay (ATP) dan Willingness to Pay (WTP),” *RekaRacana J. Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, p. 54, 2020, doi: 10.26760/rekaracana.v6i1.54.
- [5] N. Irmalia, B. Yulianto, and S. J. Legowo, “Analisis Potensi Demand, Ability To Pay (Atp) Dan Willingness To Pay (Wtp) Bst Koridor 1 Dengan Adanya Sistem Contra Flow Di Jalan Brigjen Slamet Riyadi Pada Instansi Sekolah,” *Matriks Tek. Sipil*, vol. 5, no. 1, pp. 229–234, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.uns.ac.id/matriks/article/view/36979>
- [6] A. Anggunani, “Analisis Ability To Pay dan Willingness To Pay Pengguna Layanan Kereta Api Kaligung dan Kereta Api Kamandaka (Studi Kasus: Kereta Api Kaligung dan Kereta Api Kamandaka Lintas Layanan Semarang-Tegal),” no. October, pp. 11–13, 2016.
- [7] I. A. Anugrah, H. Moetriono, and S. W. Mudjanarko, “Analisis Ability To Pay Dan Willingness To Pay Pengguna Jasa Kereta Api Gubeng – Juanda (Lokasi Kota Surabaya – Sidoarjo),” *Astonjadro*, vol. 7, no. 2, 2018, doi: 10.32832/astonjadro.v7i2.2278.
- [8] C. Viryananda, D. Linggasari, and H. Angkat, “Analisis Atp-Wtp Penumpang Kereta Bandara Lintas Manggarai-Soekarno Hatta,” *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, p. 53, 2021, doi: 10.24912/jmts.v0i0.10452.
- [9] I. Sutisna, “Statistika Penelitian: Teknik Analisis Data Penelitian Kuantitatif,” *Univ. Negeri Gorontalo*, vol. 1, no. 1, pp. 1–15, 2020, [Online]. Available: <https://repository.ung.ac.id/get/karyailmiah/4610/Teknik-Analisis-Data-Penelitian-Kuantitatif.pdf>.

Analisis Risiko Terhadap Pembangunan Transit Oriented Development Kawasan Poris Plawad – Tangerang

Herawati Zetha Rahman¹, Alfandi Wasis Jaya Setyawan¹

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

Abstrak. Peningkatan jumlah penduduk yang terjadi di Indonesia khususnya pada Kawasan Perkotaan membuat terjadinya fenomena *Urban Sprawl*. Fenomena *Urban Sprawl* dapat kita lihat terjadi pada Kawasan Perkotaan Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi, Puncak dan Cianjur dengan Jakarta sebagai pusat dari Kawasan tersebut. Kota Tangerang merupakan salah satu kota yang mengalami masalah diatas. Untuk itu diperlukan solusi yang dapat menuntaskan masalah diatas. Dalam hal ini solusi yang dirasa cocok untuk mengatasi masalah diatas ialah melalui konsep Pengembangan Kawasan Berorientasi Transit (*Tansit Oriented Development* atau TOD). Kota Tangerang direncanakan akan memiliki sebuah TOD yang bernama Poris Plawad yang direncanakan memiliki waktu pelaksanaan pembangunan di tahun 2018-2019. Namun, hingga tahun 2022 belum juga terlaksana. Atas hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis faktor risiko yang berdampak pada kelanjutan dan keberlangsungan pembangunan TOD Kawasan Poris Plawad – Tangerang. Penelitian ini dilakukan melalui metode survey dengan penyebaran kuesioner yang hasilnya akan dianalisis menggunakan metode Cochran Q Test. Penelitian ini dilakukan untuk meninjau tentang faktor risiko yang timbul pada proses perencanaan dan pelaksanaan pembangunan TOD Kawasan Poris Plawad – Tangerang berdasarkan Acuan Alokasi Risiko Infrastruktur tahun 2021 yang diterbitkan oleh PT PII (Persero). Hasil penelitian ini ialah didapati 9 indikator yang tidak termasuk sebagai risiko dan 84 lainnya termasuk sebagai risiko serta diketahui 24 indikator sebagai faktor risiko paling potensial pada kelanjutan dan keberlangsungan pembangunan Transit Oriented Development Kawasan Poris Plawad – Tangerang dari 11 variabel dan 93 indikator yang diujikan.

Kata kunci— *Risiko, Manajemen Risiko, Cochran Q Test*

1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk yang terjadi di Indonesia khususnya pada Kawasan Perkotaan membuat terjadinya fenomena *Urban Sprawl*. Fenomena *Urban Sprawl* dapat kita lihat terjadi pada Kawasan Perkotaan Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi, Puncak dan Cianjur dengan Jakarta sebagai pusat dari Kawasan tersebut. Hal tersebut membuat kota yang masuk dalam kawasan disekitar Jakarta harus menerima permasalahan yang terjadi ataupun yang ditimbulkan akibat aktivitas di pusat kawasan dalam hal ini Jakarta. Salah satu permasalahan yang timbul akibat aktivitas yang terjadi di Jakarta ialah masalah permukiman. Sebagai pusat perekonomian dan pemerintahan, Jakarta memiliki daya tarik lebih bagi setiap orang yang ingin bekerja atau menuntut ilmu. Hal ini membuat jumlah penduduk di Jakarta terus meningkat setiap tahunnya terutama pendatang dari luar kota atau biasa disebut sebagai urbanisasi.

Fenomena urbanisasi membuat Jakarta mengalami masalah permukiman akibat keterbatasan lahan serta ketidakjangkauan masyarakat untuk menyewa atau memiliki hunian di dekat lokasi aktivitas utama mereka dalam hal ini bekerja dan menuntut ilmu. Fenomena itu membuat mereka harus tinggal di lokasi yang jauh dari pusat aktivitas utama mereka. Hal tersebut membuat peningkatan di sektor lalu lintas akibat setiap orang dari luar maupun dalam Jakarta pada waktu yang hampir bersamaan setiap hari menuju ke lokasi aktivitas utama mereka di kota Jakarta yang didominasi oleh pengguna transportasi pribadi.

Berdasarkan riset yang dilakukan *Institute For Transportation And Development Policy* (ITDP), hanya 25 persen warga Jakarta yang menggunakan transportasi publik pada tahun 2019. Menurut pengamat kebijakan publik dari Universitas Trisakti, Tribus Rahadiansyah, dominasi penggunaan transportasi pribadi diakibatkan masalah ketidaknyamanan yang dialami warga kelas menengah ke atas saat menggunakan transportasi publik dibanding dengan menggunakan transportasi pribadi dan masalah ketidakamanan yang kerap mengintai pengguna transportasi publik salah satunya terkait pelecehan seksual yang rentan terjadi kepada perempuan serta belum optimalnya konektivitas atau integrasi intermoda ataupun antarmoda transportasi publik.

* Corresponding author: alfandi.w.j.setyawan@gmail.com

Kota Tangerang merupakan salah satu kota yang mengalami masalah diatas. Untuk itu diperlukan solusi yang dapat menuntaskan masalah diatas. Dalam hal ini solusi yang dirasa cocok untuk mengatasi masalah diatas ialah melalui konsep Pengembangan Kawasan Berorientasi Transit (*Transit Oriented Development* atau TOD). Berdasarkan Permen Agraria dan Tata Ruang atau Kepala BPN RI Nomor 16 Tahun 2017 Tentang Pedoman Pengembangan Kawasan Berorientasi Transit, TOD merupakan sebuah konsep pengembangan kawasan atau daerah dalam dan sekitar simpul tempat singgah atau transit agar memiliki nilai tambah yang berfokus pada integrasi antar jaringan angkutan publik massal, dan antara jaringan angkutan publik massal dengan jaringan angkutan transportasi tidak bermotor, serta pengurangan penggunaan kendaraan bermotor pribadi yang disertai pengembangan kawasan campuran (*mix used*) dan padat dengan intensitas pemanfaatan ruang sedang hingga tinggi.

Kota Tangerang direncanakan akan memiliki sebuah TOD yang bernama Poris Plawad yang direncanakan memiliki waktu pelaksanaan pembangunan di tahun 2018-2019. Namun, hingga tahun 2022 belum juga terlaksana. Padahal TOD Poris Plawad sendiri akan dibangun di lokasi yang strategis yaitu diatas lahan Terminal Tipe A Poris Plawad yang bersebrangan langsung dengan Stasiun Kereta Rel Listrik Batu Ceper yang juga melayani Kereta Bandara Internasional Soekarno Hatta yang posisinya dekat juga dengan Bandara tersebut dan dekat dengan akses Jalan Toll Kunciran – Batu Ceper – Cengkareng yang juga dekat dengan rencana pembangunan *Light Rail Transit* (LRT) Batu Ceper – Serpong. Pelaksanaan pembangunan TOD Poris Plawad dinilai penting sebab merupakan bagian dari Pelaksanaan Strategi dan Program Pengembangan Keterpaduan Transportasi Perkotaan dan Tata Ruang untuk melakukan Peningkatan Akses terhadap Angkutan Umum dengan Pembangunan Berorientasi Angkutan Umum atau TOD berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2018 Tentang Rencana Induk Transportasi Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi Tahun 2018 – 2029.

Dari uraian diatas tentang permasalahan *Urban Sprawl* yang terjadi di Kawasan Perkotaan Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi, Puncak dan Cianjur sehingga perlunya dibangun TOD sebagai solusi, salah satunya yaitu TOD Poris Plawad –Tangerang. Oleh karenanya, analisis terkait risiko dalam sebuah proyek menjadi perlu dan penting untuk dilakukan. Diharapkan dengan melakukan analisis risiko pelaksanaan sebuah proyek dapat terwujud sesuai dengan rencana yang tepat biaya, tepat waktu, dan tepat mutu dan memberikan kepercayaan diri pada tim proyek dalam melaksanakannya.

Penelitian ini memiliki tiga tujuan yaitu untuk mengetahui jumlah risiko yang mungkin terjadi pada kelanjutan dan keberlangsungan pembangunan *Transit Oriented Development* Kawasan Poris Plawad – Tangerang, menentukan risiko paling potensial (tidak dikotomi) yang mungkin terjadi pada kelanjutan dan keberlangsungan pembangunan *Transit Oriented Development* Kawasan Poris Plawad – Tangerang, dan mengetahui langkah mitigasi yang dapat dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan dampak negatif dari risiko paling potensial (tidak dikotomi) yang mungkin terjadi pada kelanjutan dan keberlangsungan pembangunan *Transit Oriented Development* Kawasan Poris Plawad – Tangerang.

2. METODE

Jenis penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini ialah penelitian deskriptif dan kuantitatif. Metode deskriptif merupakan metode penelitian yang dilakukan dalam rangka menjelaskan mengenai cara penyelesaian dari suatu masalah yang ada berdasarkan data yang diperoleh. Sedangkan metode kuantitatif adalah metode penelitian yang dilakukan dengan pendekatan matematis serta teoritis.

Data primer diperoleh dari hasil langsung survey dengan penyebaran kuesioner yang hasilnya akan dianalisis menggunakan metode Cochran Q Test.

Penelitian ini dilakukan untuk meninjau tentang faktor risiko yang timbul pada proses perencanaan dan pelaksanaan pembangunan TOD Kawasan Poris Plawad – Tangerang. Selain hasil survey data primer lain diperoleh dari hasil observasi langsung di lapangan yaitu berupa gambaran lokasi obyek penelitian yakni Terminal tipe A Poris Plawad – Tangerang.

Data sekunder pada penelitian ini diperoleh dari jurnal terkait maupun instansi terkait. Dalam penelitian ini didapatkan data kepegawaian BPTJ, Variable Faktor Risiko, dan Peta Wilayah Studi serta Pengertian dan Metode yang digunakan dalam penelitian ini.

Lokasi Obyek penelitian ialah TOD Kawasan Poris Plawad – Tangerang yang terletak di Terminal Tipe A Poris Plawad - Tangerang.

Waktu penelitian dilakukan selama 7 hari untuk melakukan penyebaran diikuti pengisian kuesioner untuk melakukan eliminasi terhadap atribut dalam hal ini faktor risiko yang digunakan dengan metode Cochran Q Test. Adapun penelitian dilakukan secara daring setiap hari yaitu hari Senin hingga Minggu terhitung sejak tanggal 9 Juli 2022 hingga 15 Juli 2022. Penetapan waktu survei berdasarkan pertimbangan tidak mengganggu waktu istirahat maupun kegiatan responden.

Dalam penelitian ini, yang akan menjadi sampel atau responden adalah pegawai BPTJ; Dinas Perhubungan Kota Tangerang; Pemerintah Kota Tangerang; Ahli Tata Kota; Akademisi / Peneliti; Konsultan

/ Praktisi dengan asumsi bahwa mereka memahami permasalahan yang terjadi pada proses perencanaan dan pelaksanaan pembangunan TOD Kawasan Poris Plawad – Tangerang sehingga diharapkan dapat melakukan penilaian dengan akurat.

Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah penarikan sampel secara non-probabilitas. Penarikan sampel dilakukan secara sengaja (*Purposive sampling*). Anggota sampel yang diambil direncanakan terlebih dahulu berdasarkan ciri-ciri khusus yang dimiliki sampel tersebut yang dipandang mempunyai sangkut paut yang erat dengan penelitian yang dilakukan.

Metode pengumpulan data adalah sebuah teknik atau prosedur yang diperlukan seorang peneliti untuk mengumpulkan berbagai macam data yang diperlukan dalam sebuah penelitian. Proses pengumpulan dibedakan menjadi dua jenis yaitu data primer dan data sekunder yang digunakan oleh peneliti dalam keberlangsungan kegiatan pengumpulan data agar data dapat tersaji menjadi sistematis.

Data primer adalah data yang berasal dari survey langsung dalam hal ini melalui penyebaran kuesioner. Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Observasi

Kegiatan ini dilakukan untuk mengamati ataupun melakukan inspeksi lapangan secara langsung di lokasi penelitian dengan tujuan melihat secara langsung kondisi fisik dari lingkungan, seperti gambaran sistematis dari pergerakan masyarakat sehingga peneliti dapat mengetahui batasan wilayah penelitian yang berada di sekitar kawasan Terminal Tipe A Poris Plawad.

2. Penyebaran Kuesioner

Penyebaran kuesioner dilakukan dalam rangka memperoleh data dengan mengajukan pertanyaan yang telah dirancang berdasarkan Acuan Alokasi Risiko Infrastruktur tahun 2021 yang diterbitkan oleh PT PII (Persero) ke dalam bentuk kuesioner. Dalam kuesioner ini bersifat tertutup dimana pada setiap pertanyaan memiliki jawaban yang sudah direncanakan dan responden hanya diminta untuk mengisi kuesioner sesuai dengan petunjuk yang ada pada kuesioner. Peneliti menentukan responden berdasarkan dengan kriteria yang sudah ditetapkan.

Data sekunder yang dimaksud merupakan data yang didapat secara tidak langsung dengan kata lain peneliti hanya memanfaatkan data-data yang sudah tersedia berasal dari pihak terkait. Data tersebut diperlukan untuk mendukung data primer. Adapun data sekunder yang dibutuhkan ialah sebagai berikut :

1. Data Kepegawaian BPTJ yang berasal dari Laporan Kinerja tahun 2021 BPTJ;
2. Variable Faktor Resiko yang berasal dari Acuan Alokasi Risiko infrastruktur tahun 2021 PT PII (Persero);
3. Peta Wilayah Studi yang berasal dari penelitian Nur Kumala Zahwa tahun 2021 dengan judul Analisis Pengembangan Transit Oriented Development Studi Kasus Terminal Tipe A Poris Plawad;
4. Pengertian dan Metode Analisis dalam penelitian ini yang berasal dari Jurnal Ilmiah terkait.

Analisis data secara keseluruhan menggunakan perangkat lunak Microsoft® Excel for Microsoft 365 MSO (Version 2205 Build 16.0.15225.20278) 64-bit dan IBM® SPSS® Statistics (Version 26 Release 26.0.0.0) 64-bit. Analisis data dilakukan dengan menghitung data survei yang sudah diperoleh kemudian diolah menggunakan metode Cochran Q Test. Hasil jawaban responden sebelum dianalisis telah melewati Uji Validitas dan Reabilitas. Hasil akhir dari analisis data berupa faktor resiko yang mempengaruhi kelanjutan dan keberlangsungan pembangunan TOD Kawasan Poris Plawad – Tangerang.

Variabel dan indikator yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Acuan Alokasi Risiko Infrastruktur tahun 2021 yang diterbitkan oleh PT PII (Persero). Adapun daftarnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini (Tabel 1.).

Tabel 1. Acuan Alokasi Risiko Infrastruktur tahun 2021

No.	Variabel	No. (Baru)	No. (Lama)	Indikator
1	RISIKO LOKASI	1.1	1.1	Keterlambatan dan kenaikan biaya pembebasan lahan
		1.2	1.2	Lahan tidak dapat dibebaskan
		1.3	1.4	Risiko Status Tanah
		1.4	1.5	Proses pemukiman kembali yang rumit
		1.5	1.6	Kesulitan pada kondisi lokasi yang tak terduga
		1.6	1.7	Keterbatasan ruang kerja /working space konstruksi
		1.7	1.9	Perbedaan bunga pinjaman dana talangan tanah
		1.8	1.10	Kontaminasi/polusi ke lingkungan lokasi
		1.9	1.12	Tertinggalnya akses transportasi masyarakat
		1.10	1.13	Terganggunya kenyamanan masyarakat yang berada di sekitar area proyek
2	RISIKO DESAIN, KONSTRUKSI DAN UJI OPERASI	2.1	2.1	Ketidajelasan spesifikasi output
		2.2	2.2	Gagal menjaga keamanan dan keselamatan dalam lokasi
		2.3	2.3	Kenaikan biaya konstruksi
		2.4	2.4	Kinerja kontraktor/subkontraktor yang buruk
		2.5	2.5	Default kontraktor/sub- kontraktor
		2.6	2.6	Kesalahan desain
		2.7	2.7	Terlambatnya penyelesaian konstruksi
		2.8	2.9	Perubahan lingkup pekerjaan paska penandatanganan kontrak
3	RISIKO SPONSOR	3.1	3.1	Default BU
		3.2	3.2	Default sponsor proyek
4	RISIKO FINANSIAL	3.3	3.3	Default lender proyek
		4.1	4.1	Kegagalan mencapai financial close
		4.2	4.2	Risiko keterlambatan dukungan fiskal pemerintah (insentif, subsidi, dll)
		4.3	4.3	Risiko pencairan VGF
		4.4	4.4	Risiko pengembalian dana talangan tanah
		4.5	4.5	Risiko nilai tukar mata uang
		4.6	4.6	Risiko tingkat inflasi dan suku bunga
		4.7	4.7	Risiko asuransi
5	RISIKO OPERASI	4.8	4.8	Risiko nilai konsesi (upfront fee dan tahunan) yang tidak wajar
		5.1	5.1	Risiko bawaan infrastruktur dasar layanan
		5.2	5.2	Ketersediaan fasilitas
		5.3	5.3	Buruk atau tidak tersedianya layanan
		5.4	5.4	Aksi industri
		5.5	5.5	Risiko sosial dan budaya lokal
		5.6	5.6	Kegagalan manajemen proyek
		5.7	5.7	Kegagalan kontrol dan monitoring proyek
		5.8	5.8	Kenaikan biaya O&M
		5.9	5.9	Kesalahan estimasi biaya life cycle
		5.10	5.10	Kenaikan biaya energi-karena inefisiensi unit
		5.11	5.11	Ketidakhandalan teknologi dan sistem informasi pelayanan BRT
		5.12	5.12	Tidak terurainya ketersediaan utilitas
		5.13	5.13	Ketidakhandalan teknologi dan sistem informasi pelayanan fasilitas pariwisata
		5.14	5.14	Ketidakhandalan teknologi dan sistem informasi pelayanan perkeretaapian
		5.15	5.15	Kecelakaan lalu lintas atau isu keselamatan
		5.16	5.16	Ketidakhandalan teknologi dan sistem informasi pelayanan Kebandarudaraan
5.17	5.17	Risiko Likuiditas Maskapai		
6	RISIKO PENDAPATAN	6.1	6.1	Penurunan proyeksi volume permintaan
		6.2	6.2	Kesalahan estimasi dari model sebelumnya
		6.3	6.3	Demand rendah akibat pembangunan ekonomi rendah
		6.4	6.4	Kegagalan dalam meraup tenant dan/atau Aeropollis
		6.5	6.5	Risiko pada masa awal operasi (ramp up period)
		6.6	6.6	Perubahan proyeksi volume permintaan
		6.7	6.7	Kesalahan estimasi dari model sebelumnya
		6.8	6.8	Kebocoran memungut pembayaran tarif
		6.9	6.9	Kegagalan mengajukan penyesuaian tarif
		6.10	6.10	Keterlambatan penyesuaian tarif periodik
		6.11	6.11	Tingkat penyesuaian tarif lebih rendah dari proyeksi
		6.12	6.12	Kesalahan perhitungan estimasi tarif
		6.13	6.13	Perubahan proyeksi volume permintaan
		6.14	6.14	Kegagalan pembayaran AP secara tepat waktu
		6.15	6.15	Kesalahan perhitungan estimasi AP
7	RISIKO KONEKTIVITAS JARINGAN	7.1	7.1	Risiko konektivitas jaringan jalan rel dan transportasi
		7.2	7.2	Risiko pengelolaan jaringan jalan non-tol
		7.3	7.3	Risiko fasilitas pesaing/kompetitor
		7.4	7.4	Risiko kelancaran sistem transportasi
8	RISIKO INTERFACE	8.1	8.1	Risiko ketimpangan waktu dan kualitas pekerjaan
		8.2	8.2	Risiko perbedaan standar/metode layanan
		8.3	8.3	Risiko relasi
		8.4	8.4	Risiko Transisi Angkutan Umum
9	RISIKO POLITIK	9.1	9.4	Perubahan regulasi (dan pajak) yang umum
		9.2	9.5	Perubahan regulasi (dan pajak) yang diskriminatif dan spesifik
		9.3	9.6	Keterlambatan perolehan persetujuan perencanaan
		9.4	9.7	Gagal/terlambatnya perolehan persetujuan & perizinan
		9.5	9.8	Keterlambatan perolehan akses ke lokasi proyek
10	RISIKO FORCE MAJEURE	9.6	9.9	Risiko parastatal
		10.1	10.1	Bencana alam
		10.2	10.2	Force majeure politis
		10.3	10.3	Cuaca ekstrim
11	RISIKO KEPEMILIKAN ASET	10.4	10.4	Force majeure berkepanjangan
		11.1	11.1	Risiko nilai aset turun
		11.2	11.2	Transfer aset setelah kontrak KPBU berakhir
		11.3	11.3	Pengalihan basis dan pengelolaan aset kereta api eksisting dan yang baru terbangun
11.4	11.4	Transfer aset pada awal masa konsesi (COD)		

3. HASIL

Dari survey yang dilakukan selama 7 (tujuh) hari terhitung sejak tanggal 9 Juli 2022 hingga 15 Juli 2022 dengan jumlah responden sebanyak 27 orang didapati hasil sebagai berikut.

Dari hasil survey didapati sebanyak 59,3% responden Bukan Bagian Dari Kategori Asal Institusi yang diharapkan dalam arti lain mereka tidak memenuhi syarat untuk memberikan pendapatnya pada pertanyaan di sesi selanjutnya sedangkan yang memenuhi syarat untuk melanjutkan mengisi kuesioner yaitu masing-masing sebesar 14,8% yang berasal dari BPTJ dan kalangan Akademisi/Peneliti dan sisanya sebanyak 11,1% berasal dari kalangan Konsultan/Praktisi. Responden lain yang diharapkan yang berasal dari Dinas Perhubungan Kota Tangerang, Pemerintah Kota Tangerang, Ahli Tata Kota tidak didapatkan dalam survey.

Dari hasil survey didapati sebesar 51,8% responden Tanpa Jabatan dalam pekerjaannya. Kemudian, masing-masing sebesar 14,8% memiliki jabatan sebagai Staf Teknis dan Staf Reguler dalam pekerjaannya dan 11,1% memiliki jabatan sebagai Akademisi/Peneliti dalam pekerjaannya serta sisanya masing-masing sebesar 3,7% memiliki jabatan sebagai Konsultan/Praktisi dan Staf Ahli/Staf Khusus dalam pekerjaannya.

Dari hasil survey didapati sebesar 51,9% responden berjenis kelamin Pria sedangkan sisanya sebesar 48,1% berjenis kelamin Wanita.

Dari hasil survey didapati masing-masing sebesar 44,4% responden memiliki rentang usia 17-24 tahun dan 25-34 tahun. Sedangkan 7,5% lainnya memiliki rentang usia 35-49 tahun dan sisanya sebesar 3,7% memiliki rentang usia 50-64 tahun.

Dari hasil survey didapati sebesar 51,9% responden merupakan lulusan Sarjana. Sedangkan 29,6% responden merupakan tamatan SMA/STM/Aliyah dan 14,8% lainnya merupakan tamatan Magister serta sisanya sebesar 3,7% bergelar Doktor.

Dari hasil survey didapati sebesar 44,4% responden memiliki pengalaman kerja kurang dari sama dengan satu tahun. Sebesar 33,9% responden memiliki pengalaman kerja selama dua hingga tiga tahun; 11,1% responden memiliki pengalaman kerja selama lebih dari sepuluh tahun. Sedangkan 7,4% responden memiliki lama pengalaman kerja selama delapan hingga Sembilan tahun dan lainnya sebesar 3,7% memiliki pengalaman bekerja selama enam hingga tujuh tahun.

Tabel 2 menunjukkan hasil akumulasi penilaian responden yang termasuk dalam karakteristik responden yang diharapkan dalam penelitian ini terhadap 11 variabel yang terdiri dari 93 indikator.

Uji validitas dilaksanakan untuk melihat seberapa jauh suatu alat ukur dapat mengukur sesuatu yang ingin diukur. Pengujian signifikansi dijalankan berdasarkan kriteria r tabel pada kelas signifikansi 0,05 dengan uji 2 sisi. Pada penelitian ini pengujian dilakukan menggunakan program bantu IBM® SPSS®. Adapun yang diuji ialah jawaban responden pada setiap indikator faktor risiko dari 27 responden. Dari pengujian tersebut didapati seluruh instrumen yang diujikan mendapatkan hasil r hitung diatas 0,9. Berdasarkan r tabel dengan jumlah responden sebanyak 27 orang didapati nilai 0,3809. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan seluruh instrument yang diujikan valid karena nilai r hitung $>$ r table dan nilai koefisien validitas bernilai diatas 0.

Reliabilitas dilaksanakan untuk melihat seberapa jauh sebuah hasil pengukuran tetap konsisten apabila dilangsungkan pengukuran dua kali atau lebih terhadap instrumen pertanyaan yang sama. Pada penelitian ini pengujian dilakukan menggunakan program bantu IBM® SPSS®. Adapun yang diuji ialah jawaban responden pada setiap indikator faktor risiko dari 27 responden. Dari pengujian tersebut didapati seluruh instrumen yang diujikan mendapatkan hasil Cronbach Alpha hitung sebesar 0,999. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan seluruh instrumen yang diujikan valid karena nilai Cronbach Alpha diatas 0,7.

Uji Q Cochran digunakan untuk menentukan perbedaan pada variabel dependen dikotomis antara tiga atau lebih kelompok terkait. Pada penelitian ini terdapat 11 variabel yang diuji terdiri dari 93 indikator didalamnya. Adapun jumlah responden yang melakukan penilaian sebanyak 8 orang. Uji Q Cochran dilakukan dengan cara melakukan pengurutan proporsi jawaban responden dari yang paling sedikit hingga yang terbesar terhadap 93 indikator pada 11 variabel yang diujikan. Uji Q Cochran pada penelitian ini dilakukan dengan program bantu IBM® SPSS®.

Dari hasil perhitungan didapati hasil sebanyak 9 indikator ditolak sebagai faktor risiko karena drai perhitungan nilai Q hitung $>$ Q table. Hasil tersebut didapat setelah Uji Q Cochran terhenti pada urutan eliminasi ke- 10 (kondisi Q hitung $<$ Q table) yaitu pada indikator (2.8) Risiko uji operasi (testing & comissioning). Adapun 9 indikator tersebut yaitu 1.14) Terancamnya eksistensi masyarakat adat; 9.1) Mata uang asing tidak dapat dikonversi; 9.2) Mata uang asing tidak dapat direpatiasi; 9.3) Risiko ekspropriasi; 1.15) Terancamnya habitat alami; 5.18) Kepastian pasokan bahan bakar pesawat; 1.3) Lahan tidak dapat digunakan setelah dibebaskan; 1.8) Kerusakan artefak dan barang kuno pada lokasi; dan 1.11) Terganggunya keragaman hayati kawasan hutan/kawasan konservasi. Itu berarti dari 93 indikator yang diuji, 84 indikator sisanya masuk sebagai risiko dalam kelanjutan dan keberlangsungan pembangunan *Transit Oriented Development* Kawasan Poris Plawad – Tangerang. Pengujian tidak terhenti hingga ditemukan kondisi diterimanya sebuah indikator sebagai faktor risiko (kondisi Q hitung $<$ Q table).

Pengujian terus dilakukan hingga Uji Q Cochran tidak dapat dilanjutkan atau indikator yang diuji bersifat tidak dikotomi atau seluruh responden setuju dengan arti lain tidak terjadi pertentangan diantara responden. Uji Q Cochran terhenti saat berada di urutan eliminasi ke- 70 yaitu pada indikator (11.3) Pengalihan bisnis dan pengelolaan aset kereta api eksisting dan yang baru terbangun. Dari hasil tersebut didapati kesepakatan antara responden bahwa 24 indikator masuk sebagai faktor risiko paling potensial dalam kelanjutan dan keberlangsungan pembangunan *Transit Oriented Development* Kawasan Poris Plawad – Tangerang. Adapun 24 indikator tersebut ialah 1.10) Kontaminasi/polusi ke lingkungan lokasi; 2.9) Perubahan lingkup pekerjaan paska penandatanganan kontrak; 3.2) *Default* sponsor proyek; 4.2) Risiko keterlambatan dukungan fiskal pemerintah (insentif, subsidi, dll); 5.5) Risiko sosial dan budaya lokal; 5.9) Kesalahan estimasi biaya *life cycle*; 6.2) Kesalahan estimasi dari model sebelumnya; 6.3) *Demand* rendah akibat pembangunan ekonomi rendah; 6.4) Kegagalan dalam meraup *tenant* dan/atau Aeropolis; 6.9) Kegagalan mengajukan penyesuaian tarif; 6.10) Keterlambatan penyesuaian tarif *periodic*; 6.11) Tingkat penyesuaian tarif lebih rendah dari proyeksi; 7.4) Risiko kelancaran sistem transportasi; 8.1) Risiko ketimpangan waktu dan kualitas pekerjaan; 8.2) Risiko perbedaan standar/metode layanan; 8.3) Risiko relasi; 9.6) Keterlambatan perolehan persetujuan perencanaan; 9.7) Gagal/terlambatnya perolehan persetujuan & perizinan; 9.8) Keterlambatan perolehan akses ke lokasi proyek; 10.2) *Force majeure* politis; 10.3) Cuaca ekstrim; 10.4) *Force majeure* berkepanjangan; 11.1) Risiko nilai aset turun; dan 11.3) Pengalihan bisnis dan pengelolaan aset kereta api eksisting dan yang baru terbangun. Lebih detail hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3 untuk mengetahui nilai masing masing Q tabel dan Q hitung dari indikator yang diuji serta Tabel 4 untuk mengetahui deskripsi dan strategi mitigasi sesuai *best practice* berdasarkan Acuan Alokasi Risiko Infrastruktur tahun 2021 yang diterbitkan oleh PT PII (Persero) terhadap indikator yang disepakati oleh responden sebagai faktor risiko paling potensial dalam kelanjutan dan keberlangsungan pembangunan *Transit Oriented Development* Kawasan Poris Plawad – Tangerang.

Tabel 2. Hasil Survey Variabel dan Indikator Penelitian

No.	Variabel	No. (Baru)	No. (lama)	Indikator	Proporsi Jawaban Ya		
1	RISIKO LOKASI	1.1	1.1	Keterbatasan dan kurangnya biaya pembebasan lahan	5		
		1.2	1.2	Lahan tidak dapat dibebaskan	5		
		1.3	1.4	Risiko status lahan	3		
		1.4	1.5	Proses pemukiman kembali yang rumit	7		
		1.5	1.6	Kesulitan pada kondisi lokasi yang tak terduga	6		
		1.6	1.7	Ketertarikan masyarakat terhadap lokasi konstruksi	5		
		1.7	1.9	Pertambahan biaya pinjaman dan beban lain	7		
		1.8	1.9	Konfirmasi lokasi ke lingkungan sekitar	8		
		1.9	1.2	Ketersediaan akses transportasi masyarakat	6		
		1.10	1.3	Terdapatnya kemungkinan masyarakat yang berada di sekitar area proyek	7		
2	RISIKO DESAIN, KONSTRUKSI DAN UJI OPERASI	2.1	2.1	Ketidaklaksanaan spesifikasi output	5		
		2.2	2.2	Salah material yang pernah dan keberagaman dalam lokasi	6		
		2.3	2.3	Ketahanan biaya konstruksi	6		
		2.4	2.4	Kinerja kontraktor/kontraktor yang buruk	6		
		2.5	2.5	Defektif kontraktor/kontraktor	6		
		2.6	2.6	Kesalahan desain	6		
		2.7	2.7	Terjadinya perubahan lokasi konstruksi	6		
3	RISIKO SPONSOR	3.1	3.1	Defektif BIU	6		
		3.2	3.2	Defektif sponsor proyek	6		
		3.3	3.3	Defektif nilai proyek	6		
4	RISIKO FINANSIAL	4.1	4.1	Kepuasan menandai finansial close	7		
		4.2	4.2	Risiko keterbatasan dukungan fiskal pemerintah (insentif, subsidi, dll)	8		
		4.3	4.3	Risiko pengalihan VGF	5		
		4.4	4.4	Risiko pengalihan dan tanggung jawab	6		
		4.5	4.5	Risiko nilai tukar mata uang	6		
		4.6	4.6	Risiko tingkat inflasi dan suku bunga	5		
		4.7	4.7	Risiko asuransi	7		
		4.8	4.8	Risiko nilai kontrak upfront fee dan tahunan yang tidak wajar	6		
		5.1	5.1	Risiko kawasan industri/industri dalam kawasan	7		
		5.2	5.2	Ketersediaan tenaga kerja	7		
5	RISIKO OPERASI	5.3	5.3	Buruk atau tidak tersedianya layanan	7		
		5.4	5.4	Risk industri	4		
		5.5	5.5	Risiko nilai dari budaya lokal	6		
		5.6	5.6	Kepuasan manajemen proyek	6		
		5.7	5.7	Kepuasan kontrol dan monitoring proyek	7		
		5.8	5.8	Ketepatan biaya O&M	7		
		5.9	5.9	Kesalahan desain biaya life cycle	8		
		5.10	5.10	Ketepatan biaya energi sesuai efisiensi unit	7		
		5.11	5.11	Ketersediaan teknologi dan sistem informasi pelayanan BRT	5		
		5.12	5.12	Tidak terwujudnya keterpaduan layanan	6		
		5.13	5.13	Ketersediaan teknologi dan sistem informasi pelayanan fasilitas pariwisata	4		
		5.14	5.14	Ketersediaan teknologi dan sistem informasi pelayanan pemeliharaan	6		
		5.15	5.15	Ketersediaan lalu lintas atau/atau keselamatan	6		
		5.16	5.16	Ketersediaan teknologi dan sistem informasi pelayanan Kebersihan/keamanan	4		
		5.17	5.17	Risiko Likuiditas Masyarakat	5		
		6	RISIKO RENDAH TARIFF	6.1	6.1	Penurunan proyeksi volume permintaan	6
				6.2	6.2	Kesalahan desain dari mode sebelumnya	8
6.3	6.3			Uraian rencana tidak memperhatikan ekonomi rendah	8		
6.4	6.4			Kepuasan dalam merencanakan dan atau Aerasi	8		
6.5	6.5			Risiko pada masa awal operasi (ramp up period)	7		
6.6	6.6			Pertambahan proyeksi volume permintaan	7		
6.7	6.7			Kesalahan desain dari mode sebelumnya	7		
6.8	6.8			Kepuasan terhadap pembayaran tarif	7		
6.9	6.9			Kepuasan terhadap penyediaan tarif	8		
6.10	6.10			Ketersediaan penyediaan tarif subsidi	8		
6.11	6.11			Tingkat ketersediaan tarif bagi rencana dari proyeksi	8		
6.12	6.12			Kesalahan perhitungan desain tarif	7		
6.13	6.13			Pertambahan proyeksi volume permintaan	7		
6.14	6.14			Kepuasan pembayaran AP secara tepat waktu	6		
6.15	6.15	Kepuasan perhitungan dari mode AP	6				
7	RISIKO KONEKTIVITAS JARINGAN	7.1	7.1	Risiko konektivitas jaringan antara dan transportasi	6		
		7.2	7.2	Risiko pengalihan jaringan dan non-isi	6		
		7.3	7.3	Risiko status pesangkompartor	5		
8	RISIKO INTERFACE	8.1	8.1	Risiko nilai dan kualitas transportasi	6		
		8.2	8.2	Risiko perubahan standar metode layanan	8		
		8.3	8.3	Risiko nilai	8		
9	RISIKO POLITIK	9.4	9.4	Risiko Transisi Anggaran Lulusan	7		
		9.1	9.4	Pertambahan regulasi (dan pajak) yang umum	6		
		9.2	9.5	Pertambahan regulasi (dan pajak) yang spesifik dan spesifik	6		
		9.3	9.6	Keterbatasan pendanaan pendanaan pemerintahan	8		
		9.4	9.7	Gagal terlaksananya pendanaan pendanaan & pendanaan	8		
		9.5	9.8	Ketersediaan pendanaan akses ke lokasi proyek	8		
10	RISIKO FORCE MAJEURE	9.6	9.9	Risiko bencana	7		
		10.1	10.1	Bencana alam	7		
		10.2	10.2	Force majeure politik	8		
		10.3	10.3	Quasi bencana	8		
11	RISIKO KEPERMUKAAN ASET	10.4	10.4	Force majeure teknis/operasional	8		
		11.1	11.1	Risiko nilai aset tetap	8		
		11.2	11.2	Transfer aset setelah kontrak KPRU berakhir	7		
		11.3	11.3	Pertambahan biaya dan pendapatan aset kontrak api listrik dan yang baru terbentuk	7		
11.4	11.4	Keterlambatan penyelesaian masalah kontrak turbin	6				

Tabel 3. Hasil Uji Cochran Q Test

Urutan Eliminasi	No.	Indikator	Proporsi Jawaban Ya	df	Qtab	Qhit	Keterangan : Qhit > Qtab = Tolak H0
1	1.14	Terancamnya eksistensi masyarakat adat	1	91	114,27	183,67	Ditolak
2	9.1	Mata uang asing tidak dapat dikomersi	1	90	113,15	166,09	Ditolak
3	9.2	Mata uang asing tidak dapat direpatisasi	1	89	112,03	147,21	Ditolak
4	9.3	Risiko ekspropriasi	2	88	110,90	135,06	Ditolak
5	1.15	Terancamnya habitat alami	3	87	109,78	127,90	Ditolak
6	5.18	Kepastian pasokan bahan bakar pesawat	3	86	108,65	119,61	Ditolak
7	1.3	Lahan tidak dapat digunakan setelah dibebaskan.	4	85	107,53	116,47	Ditolak
8	1.8	Kerusakan artefak dan barang kuno pada lokasi	4	84	106,40	112,85	Ditolak
9	1.11	Terganggunya keragaman hayati kawasan hutan/kawasan konservasi	4	83	105,27	108,74	Ditolak
10	2.8	Risiko uji operasi (testing & commissioning)	4	82	104,14	103,66	Diterima
11	5.4	Aksi industri	4	81	103,01	99,03	Diterima
12	5.13	Ketidakhandalan teknologi dan sistem informasi pelayanan fasilitas pariwisata	4	80	101,88	93,39	Diterima
13	5.16	Ketidakhandalan teknologi dan sistem informasi pelayanan Kebandarudaraan	4	79	100,75	87,52	Diterima
14	1.1	Keterlambatan dan kenaikan biaya pembebasan lahan	5	78	99,62	86,24	Diterima
15	1.4	Risiko Status Tanah	5	77	98,49	84,38	Diterima
16	1.7	Keterbatasan ruang kerja /working space konstruksi	5	76	97,36	82,48	Diterima
17	2.1	Ketidajelasan spesifikasi output	5	75	96,22	80,36	Diterima
18	2.2	Gagal menjaga keamanan dan keselamatan dalam lokasi	5	74	95,09	78,18	Diterima
19	4.3	Risiko pencairan VGF	5	73	93,95	75,41	Diterima
20	4.6	Risiko tingkat inflasi dan suku bunga	5	72	92,81	73,03	Diterima
21	5.11	Ketidakhandalan teknologi dan sistem informasi pelayanan BRT	5	71	91,68	69,89	Diterima
22	5.14	Ketidakhandalan teknologi dan sistem informasi pelayanan perkeretaapain	5	70	90,54	66,62	Diterima
23	5.17	Risiko Likuiditas Maskapai	5	69	89,40	63,25	Diterima
24	7.3	Risiko fasilitas pesaing/competitor	5	68	88,26	59,61	Diterima
25	1.2	Lahan tidak dapat dibebaskan	6	67	87,11	59,58	Diterima
26	1.6	Kesulitan pada kondisi lokasi yang tak terduga	6	66	85,97	59,62	Diterima
27	1.12	Terhalangnya akses transportasi masyarakat	6	65	84,83	59,18	Diterima
28	2.3	Kenaikan biaya konstruksi	6	64	83,68	59,27	Diterima
29	2.4	Kinerja kontraktor/subkontraktor yang buruk	6	63	82,53	58,68	Diterima
30	2.5	Default kontraktor/sub- kontraktor	6	62	81,39	58,03	Diterima
31	2.6	Kesalahan desain	6	61	80,24	57,40	Diterima
32	2.7	Terlambatnya penyelesaian konstruksi	6	60	79,09	57,61	Diterima
33	3.1	Default BU	6	59	77,94	56,87	Diterima
34	3.3	Default lender proyek	6	58	76,78	55,36	Diterima
35	4.4	Risiko pengembalian dana talangan tanah	6	57	75,63	53,82	Diterima
36	4.5	Risiko nilai tukar mata uang	6	56	74,47	53,12	Diterima
37	4.8	Risiko nilai konsesi (upfront fee dan tahunan) yang tidak wajar	6	55	73,32	51,48	Diterima
38	5.1	Risiko bawaan infrastruktur dasar layanan	6	54	72,16	50,39	Diterima
39	5.6	Kegagalan manajemen proyek	6	53	71,00	48,61	Diterima
40	5.12	Tidak teraturnya ketersediaan utilitas	6	52	69,84	47,39	Diterima
41	5.15	Keceuhan lalu lintas atau keselamatan	6	51	68,67	46,15	Diterima
42	6.1	Penurunan proyeksi volume permintaan	6	50	67,51	45,37	Diterima
43	6.14	Kegagalan pembayaran AP secara tepat waktu	6	49	66,34	43,07	Diterima
44	6.15	Kesalahan perhitungan estimasi AP	6	48	65,18	40,64	Diterima
45	7.1	Risiko konektivitas jaringan jalan rel dan transportasi	6	47	64,01	38,05	Diterima
46	7.2	Risiko pengelolaan jaringan jalan non-tol	6	46	62,83	35,74	Diterima
47	9.4	Perubahan regulasi (dan pajak) yang umum	6	45	61,66	33,27	Diterima
48	9.5	Perubahan regulasi (dan pajak) yang diskriminatif dan spesifik	6	44	60,49	30,36	Diterima
49	11.4	Transfer aset pada awal masa konsesi (COD)	6	43	59,31	26,87	Diterima
50	1.5	Proses penarikan kembali yang rumit	7	42	58,13	27,14	Diterima
51	1.9	Perbedaan bunga pinjaman dana talangan tanah	7	41	56,95	26,95	Diterima
52	1.13	Terganggunya kenyamanan masyarakat yang berada di sekitar area proyek	7	40	55,76	26,63	Diterima
53	4.1	Kegagalan mencapai financial close	7	39	54,58	26,43	Diterima
54	4.7	Risiko asuransi	7	38	53,39	26,09	Diterima
55	5.2	Ketersediaan fasilitas	7	37	52,20	25,79	Diterima
56	5.3	Buruk atau tidak tersedianya layanan	7	36	51,00	26,11	Diterima
57	5.7	Kegagalan kontrol dan monitoring proyek	7	35	49,81	25,84	Diterima
58	5.8	Kenaikan biaya O&M	7	34	48,61	25,64	Diterima
59	5.10	Kenaikan biaya energi- karena inefisiensi unit	7	33	47,40	25,54	Diterima
60	6.5	Risiko pada masa awal operasi (ramp up period)	7	32	46,20	25,04	Diterima
61	6.6	Perubahan proyeksi volume permintaan	7	31	44,99	24,59	Diterima
62	6.7	Kesalahan estimasi dari model sebelumnya	7	30	43,78	24,22	Diterima
63	6.8	Kebocoran menyangkut pembayaran tarif	7	29	42,56	24,45	Diterima
64	6.12	Kesalahan perhitungan estimasi tarif	7	28	41,34	24,15	Diterima
65	6.13	Perubahan proyeksi volume permintaan	7	27	40,12	24,07	Diterima
66	8.4	Risiko Transisi Angkatan Umum	7	26	38,89	24,41	Diterima
67	9.9	Risiko parastatal	7	25	37,66	23,63	Diterima
68	10.1	Bencana alam	7	24	36,42	24,00	Diterima
69	11.2	Transfer aset setelah kontrak KPBU berakhir	7	23	35,18	23,00	Diterima
70	11.3	Pengalihan bisnis dan pengelolaan aset kereta api eksisting dan yang baru terbangun	7	22	33,92	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
71	1.10	Kontaminasi/polusi ke lingkungan lokasi	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
72	2.9	Perubahan lingkup pekerjaan paska penandatanganan kontrak	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
73	3.2	Default sponsor proyek	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
74	4.2	Risiko keterlambatan dukungan fiskal pemerintah (insentif, subsidi, dll)	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
75	5.5	Risiko sosial dan budaya lokal	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
76	5.9	Kesalahan estimasi biaya life cycle	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
77	6.2	Kesalahan estimasi dari model sebelumnya	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
78	6.3	Demand rendah akibat pembangunan ekonomi rendah	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
79	6.4	Kegagalan dalam meraup tenant dan/atau Aeropols	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
80	6.9	Kegagalan mengajukan penyesuaian tarif	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
81	6.10	Keterlambatan penyesuaian tarif periodik	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
82	6.11	Tingkat penyesuaian tarif lebih rendah dari proyeksi	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
83	7.4	Risiko kelancaran sistem transportasi	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
84	8.1	Risiko ketimpangan waktu dan kualitas pekerjaan	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
85	8.2	Risiko perbedaan standar/metode layanan	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
86	8.3	Risiko relasi	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
87	9.6	Keterlambatan perolehan persetujuan perencanaan	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
88	9.7	Gagal/terlambatnya perolehan persetujuan & perizinan	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
89	9.8	Keterlambatan perolehan akses ke lokasi proyek	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
90	10.2	Force majeure politik	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
91	10.3	Cuaca ekstrim	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
92	10.4	Force majeure berkepanjangan	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)
93	11.1	Risiko nilai aset turun	8	-	-	-	Tidak Terdefinisi (Tidak Dikotomi)

Tabel 4. Faktor Risiko Tidak Dikotomi

No.	Variabel	No.	Indikator	Deskripsi	Strategi Mitigasi Sesuai Best Practice
1	RISIKO LOKASI	1.10	Kontaminasi/polusi ke lingkungan lokasi	Kontaminasi/polusi di lingkungan lokasi yang mengganggu pelaksanaan proyek - [Semua Tahap]	Kesesuaian dengan studi AMDAL yang baik; Implementasi AMDAL; Melakukan pemantauan dan pengelolaan lingkungan sesuai RKL dan RPL
2	RISIKO DESAIN, KONSTRUKSI DAN UJI OPERASI	2.9	Perubahan lingkup pekerjaan pasca penandatanganan kontrak	Perubahan CAPEX dan/atau OPEX akibat perubahan lingkup pekerjaan atas permintaan Pemerintah dan/atau usulan BU - [Semua Tahap]	Penyiapan proyek yang baik dan menjawab kebutuhan masyarakat; Adanya klausul amandemen terkait risiko ini; Pemahaman kontrak yang baik oleh kedua pihak; Amandemen kontrak
3	RISIKO SPONSOR	3.2	Defaui sponsor proyek	Defaui pihak sponsor (atau anggota konsorsium) - [Semua Tahap setelah financial close]	Proses PQ untuk memperoleh sponsor yang kredibel
4	RISIKO FINANSIAL	4.2	Risiko keterlambatan dukungan fiskal pemerintah (insentif, subsidi, dll)	Pelaksanaan dukungan pemerintah tidak dapat dilakukan sesuai dengan waktu yang dijanjikan sehingga mengganggu pembangunan dan/atau operasional layanan - [Tahap Konstruksi & Operasi]	Memastikan sumber pendanaan (APBN, pinjaman, dll) tersedia dan tepat waktu; Untuk dukungan sebagian konstruksi, Pemerintah memastikan proses kelung berjalan sesuai jadwal proyek, termasuk pelaksanaan kelung sebelum anggaran ditetapkan (kelung bersyarat); Penjaminan Pemerintah
5	RISIKO OPERASI	5.5	Risiko sosial dan budaya lokal	Risiko yang timbul karena tidak diperhitungkannya budaya atau kondisi sosial masyarakat setempat dalam implementasi proyek, termasuk vandalisme - [Semua Tahap]	Menerapkan program pengembangan masyarakat yang people-oriented; Pemberdayaan masyarakat; Penegakan hukum atas aksi vandalisme
		5.9	Kesalahan estimasi biaya life cycle	Kesalahan estimasi biaya diakibatkan tidak mendapatkan harga yang fix dan terkin dari supplier - [Tahap Operasi]	Kesepakatan/kontrak dengan supplier sewal mungkin
6	RISIKO PENDAPATAN	6.2	Kesalahan estimasi dari model sebelumnya	Kesalahan input parameter dan perancangan model sehingga hasil estimasi menyimpang - [Tahap Operasi]	Survei pasar yang tepat dilakukan oleh konsultan berpengalaman
		6.3	Demand rendah akibat pembangunan ekonomi rendah	Pemerintah tidak melaksanakan masterplan sesuai rencana dalam rangka meningkatkan perekonomian sehingga jumlah penumpang menurun [Tahap Operasi]	Ketersediaan dokumen masterplan yang mendukung; Komitmen pemerintah untuk mengimplementasikan rencana yang tertuang dalam dokumen perencanaan; Demand forecasting yang mempertimbangkan risiko kegagalan pemerintah
		6.4	Kegagalan dalam meraup tenant dan/atau Aeropolis	BU gagal memperoleh penyewa atau buyer - [Tahap Operasi]	Perencanaan yang komprehensi pada studi kelayakan; Strategi dan implementasi marketing yang handal
		6.9	Kegagalan mengajukan penyesuaian tarif	Akbat BU tidak mampu memenuhi standar minimal yang disepakati - [Semua Tahap]	Kinerja operasi BU yang baik; Regulasi yang mendukung
		6.10	Keterlambatan penyesuaian tarif periodik	Pada indeksasi tarif terhadap tingkat inflasi yang sudah disepakati - [Tahap Operasi]	Kinerja operasi sektor publik yang baik; Regulasi yang mengatur tingkat dan periode penyesuaian tarif
7	RISIKO KONEKTIVITAS JARINGAN	7.4	Risiko kelancaran sistem transportasi	Keterbatasan pemerintah dalam mengatur lalu lintas di sekitar lokasi yang mempengaruhi kinerja layanan - [Tahap Operasi]	Pengaturan lalu lintas dengan mempertimbangkan pola pergerakan kendaraan
8	RISIKO INTERFACE	8.1	Risiko ketimpangan waktu dan kualitas pekerjaan	Ketimpangan waktu dan kualitas pekerjaan dukungan pemerintah dan yang dikerjakan BU - [Tahap Konstruksi]	Koordinasi dan integrasi jadwal pelaksanaan proyek; Pekerjaan perbaikan oleh pihak yang kualitas pekerjaannya lebih rendah
		8.2	Risiko perbedaan standar/metode layanan	Rework yang substantial terkait perbedaan standar / metode layanan yang digunakan - [Tahap Konstruksi]	Kesepakatan standar/ metode yang akan diterapkan para pihak sedini mungkin
		8.3	Risiko relasi	Miskomunikasi di dalam internal dan eksternal organisasi, termasuk mengakibatkan keterlambatan/ kesalahan proses karena kurang pengalaman di proyek KPBU/Project Financing - [Semua Tahap]	Sistem komunikasi dan koordinasi dirancang, disepakati, dan disosialisasikan dengan baik ke semua pihak terkait
9	RISIKO POLITIK	9.6	Keterlambatan perolehan persetujuan perencanaan	Hanya jika dipicu keputusan sepihak /tidak wajar dari otoritas terkait - [Tahap Pra-konstruksi & Konstruksi]	Provisi kontrak yang jelas termasuk kompensasinya
		9.7	Gagal/terlambatnya perolehan persetujuan & perizinan	Hanya jika dipicu keputusan sepihak /tidak wajar dari otoritas terkait - [Semua Tahap]	Pemerintah harus memastikan bahwa dokumen pendukung untuk izin pemanfaatan aset atau izin lainnya sudah lengkap dan memenuhi ketentuan; Koordinasi antar instansi yang baik; Izin sudah diperoleh sebelum kelung KPBU; Izin sudah diperoleh sebelum kelung KPBU; Provisi kontrak yang jelas termasuk kompensasinya
		9.8	Keterlambatan perolehan akses ke lokasi proyek	Hanya jika dipicu keputusan sepihak /tidak wajar dari otoritas terkait - [Semua Tahap]	Provisi kontrak yang jelas termasuk kompensasinya
10	RISIKO FORCE MAJEURE	10.2	Force majeure politis	Peristiwa perang, kerusuhan, gangguan keamanan masyarakat - [Semua Tahap]	Asuransi, bila dirungsikan
		10.3	Cuaca ekstrim	Akbat perubahan iklim atau faktor lain - [Semua Tahap]	Asuransi, bila dirungsikan; Adanya sistem dan SOP penanggulangan bencana alam yang memadai; Koordinasi dengan BMKG dan Pemerintah Daerah setempat; Memastikan adanya titik kumpul yang aman bagi warga dan pekerja sekitar jika terjadi bencana alam; Diadakannya evacuation drill secara rutin
		10.4	Force majeure berkepanjangan	Jika di atas 6-12 bulan, dapat mengganggu aspek ekonomis pihak yang terkena dampak (terutama bila asuransi tidak ada) - [Semua Tahap]	Setiap pihak dapat mengakhiri kontrak dan meniru terminasi dini
11	RISIKO KEPEMILIKAN ASET	11.1	Risiko nilai aset turun	Kebakaran, ledakan, dsb - [Tahap Operasi]	Asuransi
		11.3	Pengalihan bisnis dan pengelolaan aset kereta api eksisting dan yang baru terbangun	Ketidakpastian kondisi bisnis setelah transfer dari operator sebelumnya dan tidak terantisipasi kondisi eksisting - [Tahap Operasi]	Studi kelayakan bisnis yang baik dan lengkap (dalam PFS)

KESIMPULAN

Rangkaian penelitian dan analisis dengan berbagai metode telah dilakukan, hasil dari penelitian didapatkan setelah dilakukan analisis data. Maka berdasarkan pembahasan dan analisis pada bab sebelumnya dapat ditarik kesimpulan.

1. Dari 11 Variabel yang terdiri dari 93 Indikator, didapati 9 indikator yang tidak termasuk sebagai risiko dan 84 lainnya termasuk sebagai risiko pada kelanjutan dan keberlangsungan pembangunan *Transit Oriented Development* Kawasan Poris Plawad – Tangerang.
2. Indikator yang termasuk sebagai risiko potensial pada kelanjutan dan keberlangsungan pembangunan *Transit Oriented Development* Kawasan Poris Plawad – Tangerang ialah 1.10) Kontaminasi/polusi ke lingkungan lokasi; 2.9) Perubahan lingkup pekerjaan paska penandatanganan kontrak; 3.2) Default sponsor proyek; 4.2) Risiko keterlambatan dukungan fiskal pemerintah (insentif, subsidi, dll); 5.5) Risiko sosial dan budaya local; 5.9) Kesalahan estimasi biaya *life cycle*; 6.2) Kesalahan estimasi dari model sebelumnya; 6.3) *Demand* rendah akibat pembangunan ekonomi rendah; 6.4) Kegagalan dalam meraup *tenant* dan/atau Aeropolis; 6.9) Kegagalan mengajukan penyesuaian tarif; 6.10) Keterlambatan penyesuaian tarif *periodic*; 6.11) Tingkat penyesuaian tarif lebih rendah dari proyeksi; 7.4) Risiko kelancaran sistem transportasi; 8.1) Risiko ketimpangan waktu dan kualitas pekerjaan; 8.2) Risiko perbedaan standar/metode layanan; 8.3) Risiko relasi; 9.6) Keterlambatan perolehan persetujuan perencanaan; 9.7) Gagal/terlambatnya perolehan persetujuan & perizinan; 9.8) Keterlambatan perolehan akses ke lokasi proyek; 10.2) *Force majeure* politis; 10.3) Cuaca ekstrim; 10.4) *Force majeure* berkepanjangan; 11.1) Risiko nilai aset turun; 11.3) Pengalihan bisnis dan pengelolaan aset kereta api eksisting dan yang baru terbangun.
3. Adapun langkah mitigasi yang dapat dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan dampak negatif dari indikator yang termasuk sebagai risiko paling potensial pada kelanjutan dan keberlangsungan pembangunan *Transit Oriented Development* Kawasan Poris Plawad – Tangerang adalah dengan memilih konsultan, kontraktor serta sponsor yang kredibel; melakukan studi kelayakan yang detail/komprehensif guna penyiapan dokumen dan kontrak yang baik yang dilakukan oleh konsultan yang berpengalaman dalam bidangnya untuk memastikan segala kebutuhan pada tahap Pra-Konstruksi/Konstruksi/Operasi dapat tercatat dan terencana dengan baik dengan memperhitungkan segala kemungkinan yang dapat terjadi sesuai pada pengalaman pada proyek sebelumnya; dan selalu melakukan evaluasi secara berkala untuk menghindari/ mengurangi kegagalan/kesalahan terhadap implementasi rencana awal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan masukan dalam pembuatan tugas akhir ini terutama kepada:

1. Allah SWT yang memberikan limpahan nikmat serta karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis diberi kesempatan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua Orang tua serta keluarga besar yang sudah setia memberikan doa, motivasi, memberikan dukungan baik moril dan materil kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Dr. Herawati Zetha Rahaman, ST., MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang sudah meluangkan waktu, memberikan bimbingan serta arahan kepada penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
4. Seluruh responden yang sudah membantu saya dalam pengisian kuesioner yang penulis berikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. K. Zahwa, H. Z. Rahman, A. Andreas and N. K. Nirmala. Analisis Pengembangan Transit Oriented Development Studi Kasus Terinal Tipe A Poris Plawad. Seminar Rekayasa Teknologi, Jakarta (2021).
- [2] A. P. Priadmaja, Anisa and L. Prayogi. Penerapan Konsep Transit Oriented Development (TOD) Pada Penataan Kawasan di Kota Tangerang. *Arsitektur Purwarupa*, **vol. 1**, no. 2, pp. 53-60 (2017).
- [3] F. Wantouw, T. W. Tumewu and R. A. Rachmadi. Analisa Resiko Pembangunan Gedung Gereja GMIM Petra Perumahan Permata Asri Sea. *Realtech*, **vol. 15**, no. 2, pp. 108-113 (2019).
- [4] F. Yusup. Uji Validitas dan Reabilitas Instrument Penelitian Kuantitatif. *Tarbiyah : Ilmiah Pendidikan*, **vol. 7**, no. 1, pp. 17-23 (2018).
- [5] J. Tjakra and S. Freyke. Analisa Resiko Pada Proyek Konstruksi Perumahan di Kota Manado. *Mediaa Engineering*, **vol. 1**, no. 1, pp. 29-37 (2011).
- [6] A. Setiawan, E. Walujodjati and I. Farida. Analisa Manajemen Risiko Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Cisumdawu (Studi Kasus : Development of Cileunyi - Sumedang Dawuan Toll Road Phase I. *Konstruksi Sekolah Tinggi Transportasi Darat*, **vol. 11**, no. 1 (2014).
- [7] R. Syahputra. *Analisa Resiko Proyek Pembangunan Gedung Kuliah 4 (Empat) Lantai FKIP Universitas Islam Riau (Studi Kasus : PT. Bumi Alam Mayang Permai)*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru (2011).
- [8] H. Ashad, L. B. Said and A. Herianto. *Studi Manajemen Risiko Pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Pelayanan Terpadu Satu Pintu Kabupaten Nunukan*. Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia, Makassar (2019).
- [9] D. U. P. P. I. I. (Persero). *Acuan Alokasi Risiko infrastruktur tahun 2021 PT PII (Persero)*. Jakarta: PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia (Persero) (2021).
- [10] A. T. Basuki, *Penggunaan SPSS Dalam Statistik*, Yogyakarta: Danisa Media (2015).

Perancangan Hotel dan Resort dengan Pendekatan Desain Biophilic di Pulau Pari, Kepulauan Seribu

Videlia Zahrah^{1*}, dan Atri Prautama Dewi²

¹Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

²Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

Abstrak. Pantai merupakan salah satu objek wisata yang banyak diminati di kalangan masyarakat. Banyak orang pergi berlibur untuk menenangkan pikiran dari rutinitas ataupun pekerjaan sehari-hari. Salah satu objek wisata pantai yang dekat dengan pusat kota Jakarta adalah wisata pantai di Pulau Pari. Keluaran yang akan dihasilkan dari judul Perancangan Hotel dan Resort dengan Pendekatan Desain Biophilic di Pulau Pari, Kepulauan Seribu adalah berupa konsep tertulis mengenai bangunan hotel dan resort yang memiliki pendekatan desain biophilic. Batasan substansi dalam perancangan bangunan hotel dan resort di Pulau Pari, Kepulauan Seribu meliputi penyusunan data, pustaka, studi banding, analisis, hingga konsep rancangan untuk mendukung kebutuhan desain ruang dan bangunan yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai aktivitas yang terdapat di lokasi perancangan menjadi lebih nyaman dan indah, serta merancang ruang dan tampak untuk menciptakan suatu tempat yang dapat dijadikan sebagai tempat pelepas stress dan beristirahat untuk pengunjung. Tema yang akan digunakan pada perancangan hotel ini adalah desain biophilic. Desain biophilic merupakan istilah yang muncul pada tahun 1980 ketika terjadi peningkatan urbanisasi. Desain biophilic diterapkan dengan tujuan untuk mengembalikan kedekatan manusia dengan alam. Tema desain biophilic diterapkan pada sistem pencahayaan, sistem penghawaan, dan material bangunan.

Kata kunci—*Pulau Pari; Hotel; Resort; Desain Biophilic; Alami.*

1. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Pantai merupakan salah satu potensi alam yang dapat dijadikan sebagai daya tarik wisata karena dikenal akan keindahan alamnya. Pantai juga dapat dijadikan sebagai sumber perkenomian di daerah pesisir, dengan adanya pantai dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi suatu daerah dari sektor pariwisata. Salah satu objek wisata pantai adalah Pantai Pasir Perawan yang berada di Pulau Pari, Kepulauan Seribu. Pantai ini berada dekat dengan pusat kota Jakarta. Dengan adanya pantai ini, Pulau Pari memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi destinasi wisata yang dapat mendorong laju pertumbuhan ekonomi.



(a)

(b)

(c)

(d) Gambar 1.(a), (b), (c), (d) Kondisi Eksisting Homestay di Pulau Pari

* Corresponding author: atri@univpancasila.ac.id

Pada kondisi eksisting yang ada di Pulau Pari, saat ini sudah terdapat banyak *homestay* untuk mendukung akomodasi wisatawan. Namun, kondisi penginapan-penginapan tersebut belum memiliki fasilitas mumpuni serta pengelolaan yang baik terutama pada kondisi pandemi saat ini. Banyak *homestay* yang tampak tidak terpelihara dengan baik. Kurang mumpuninya fasilitas *homestay* tersebut dapat dijadikan sebagai acuan untuk merancang hotel dan resort yang lebih baik di Pulau Pari. Dengan adanya hotel dan resort ini diharapkan dapat lebih menarik minat wisatawan untuk berkunjung ke Pulau Pari, selain itu dengan adanya hotel dan resort ini juga agar dapat menjadikan Pulau Pari menjadi destinasi wisata dalam kota yang favorit untuk melepas stres dari kehidupan perkotaan karena lokasinya yang dekat dengan pusat kota.

b. Tujuan Perancangan

Dengan demikian, tujuan dalam merancang hotel dan resort di Pulau Pari agar dapat menciptakan hotel dan resort dengan pendekatan desain biophilic yang diterapkan pada material bangunan, sistem penghawaan, dan sistem pencahayaannya. Tujuan lainnya adalah untuk menjadikan Pulau Pari sebagai salah satu destinasi wisata untuk melepas stres dari kehidupan perkotaan dengan menghadirkan nuansa alami yang saat ini sulit untuk didapatkan di lingkungan perkotaan. Selain itu, tujuan perancangan ini untuk menyediakan hotel dan resort yang memiliki fasilitas lengkap sebagai sarana akomodasi yang baik bagi wisatawan.

c. Teori Perancangan

Pada perancangan hotel dan resort ini menggunakan teori dari Terappin yang dimuat pada buku berjudul 14 *Pattern of Biophilic Design*. Dari keseluruhan prinsip, dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama, yaitu:

- 1) *Nature in The Space*. Prinsip ini menjelaskan mengenai koneksi bangunan dengan alam, seperti temperatur dan aliran udara dalam ruang dengan memperhatikan unsur air, pengaturan cahaya dan hubungan bangunan dengan sistem alam. Adanya bukaan-bukaan yang bertujuan untuk mengefisiensi penggunaan energi. Kehadiran alam di tengah ruang dapat dihadirkan dengan suara, sentuhan, aroma dan rasa.
- 2) *Natural Analogues*. Prinsip ini menjelaskan mengenai unsur alam yang dianalogikan ke dalam bentuk analogi pada desain. Bentuk dan pola biomorfik yang ditemukan di alam seperti kontur, pola dan tekstur. Selain bentuk dan pola biomorfik juga mengaitkan penggunaan material alam pada bangunan yang mencerminkan lingkungan sekitar perancangan dan kompleksitas tatanan bentuk.
- 3) *Nature of The Space*. Prinsip ini menjelaskan mengenai kualitas dalam sebuah ruangan, yaitu tentang bagaimana perasaan pengguna saat menggunakan ruangan tersebut. Diharapkan agar pengguna dapat merasakan perasaan seperti sedang di alam, prinsip *nature of the space* yang diimplementasikan pada perancangan seperti prospek yang berupa pemandangan leluasa, *refuge* (tempat perlindungan) yang berupa adanya vegetasi yang rimbun untuk menimbulkan kesan sejuk serta meminimalisir cahaya matahari dan memfilitasi polusi yang tersebar di udara, dan prinsip misteri yang dihasilkan dari permainan pola sehingga menimbulkan rasa ingin tahu pengunjung untuk menelusurinya.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam perancangan hotel dan resort di Pulau Pari adalah dengan cara mengumpulkan data yang diperoleh dari studi literatur, studi observasi, dan studi analisis. Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan data sekunder yang didapatkan secara *online* maupun *offline* yaitu berupa buku dan jurnal ilmiah. Studi observasi yang dilakukan adalah berupa survey lapangan yaitu meninjau langsung lokasi perancangan, studi observasi meliputi kondisi tapak dan lingkungan sekitarnya dan wawancara yang berkaitan dengan penduduk setempat. Studi analisis yang dilakukan pada perancangan ini meliputi analisis program ruang, analisis tapak, dan analisis bangunan secara menyeluruh meliputi analisis arsitektur, analisis struktur, dan analisis mekanikal elektrik dan plumbing (MEP).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisis Perancangan

Tapak berada di Jalan Pantai Perawan, Pulau Pari, Kec. Kepulauan Seribu Selatan, Kab. Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. Luas tapak yang dijadikan sebagai lahan perancangan berkisar pada luas 24.760 m² atau 2,4 Ha.

Tapak perancangan memiliki peraturan daerah mengenai Rencana Detail Tata Ruang dan Peraturan Zonasi (RDTR dan PZ). Berdasarkan peraturan tersebut tapak memiliki KDB sebesar 20%, KLB sebesar 0,4, GSP sepanjang 15 m dan KB sebanyak 3 lantai.



Gambar 2. Dimensi Tapak dan Batasan Wilayah

b. Analisis Tapak

Sirkulasi pada area tapak diperuntukan untuk sirkulasi pejalan kaki dan sirkulasi kendaraan *buggy car* yang disediakan oleh pengelola hotel dan resort. Orientasi tapak mengarah ke arah barat, yaitu menuju ke arah Jalan Pantai Perawan. Sementara itu, orientasi bangunan mengarah ke arah utara yaitu mengarah ke Pantai. Pada bangunan utama terdiri dari berbagai zonasi, di lantai 2 dan 3 merupakan zonasi privat yang diperuntukan untuk kegiatan utama yaitu kegiatan menginap sehingga memerlukan akses khusus untuk mencapai ke lantai 2 dan 3.

Pada lantai 1 terdapat area semi publik, semi privat, dan servis. Kegiatan servis berada pada area belakang bangunan, yaitu bagian selatan. Penempatan area servis di area selatan bertujuan untuk memisahkan area *back of house* hotel dari kegiatan pengunjung.

Kondisi eksisting kontur di lokasi perancangan cenderung rata, namun untuk mengantisipasi terjadinya genangan air, area-area berkontur rendah akan lebih banyak ditanami vegetasi yang efektif menyerap lebih banyak air. Selain fungsi sebagai resapan, vegetasi pada perancangan ini juga difungsikan sebagai *boundaries* dan *buffer zone* dari kebisingan.

Area tapak memiliki potensi view yang dapat dijadikan keunggulan sebagai daya tarik wisatawan. View yang ditawarkan oleh hotel dan resort ini dijadikan sebagai *stress reliefer* bagi pengunjung.

c. Analisis Bangunan

Perancangan bangunan hotel dan resort ini menerapkan pendekatan desain biophilic pada materialnya. Sementara itu, bentuk bangunan utama hotel dan resort terbentuk mengikuti bentuk tapak, hal ini bertujuan untuk memaksimalkan fungsi tapak dan ruang-ruang yang akan terbentuk.

Tabel 1 Besaran Luasan Ruang

No	Kelompok Kegiatan	Jumlah
1	Besaran Ruang Kegiatan Pengunjung	4.004 m ²
2	Besaran Ruang Kegiatan Pengelola	253 m ²
3	Besaran Ruang Kegiatan Pelayanan	1.300 m ²
4	Besaran Ruang Kegiatan Penunjang	1.323 m ²
Total		6.880 m ²

d. Analisis Konsep Biophilic pada Hotel dan Resort di Pulau Pari

1) *Penerapan Nature in The Space*. Penerapan prinsip *nature in the space* dihasilkan dari penggunaan bukaan berupa kisi-kisi dan void, kedua elemen ini berpengaruh dalam mengatur cahaya dan udara, kedua

elemen ini juga berfungsi dalam efisiensi energi, kehadiran taman di tengah bangunan dapat membantu dalam menciptakan suasana alam di dalam bangunan agar kesan alami dari biophilic semakin terasa.

2) *Penerapan Natural Analogues*. Penerapan *natural analogues* banyak diterapkan pada pemilihan material bangunan, perancangan hotel dan resort banyak menggunakan material alam yaitu material bambu, kayu, serta batu alam. Penggunaan material ini dianalogikan agar pengunjung dapat merasakan unsur-unsur alami dalam ruang.

3) *Penerapan Nature of The Space*. Penerapan prinsip prospek berupa pemandangan leluasa ditetapkan pada setiap kamar hotel yang ada. Setiap balkon kamar mendapatkan pemandangan yang leluasa mengarah ke arah laut. Penerapan prinsip *refuge* berupa perlindungan kepada setiap bangunan diterapkan pada penggunaan struktur yang sesuai dengan standar yang ditetapkan, ketinggian *ceiling* yang cukup tinggi serta furnitur yang aman untuk penggunaannya. Penerapan prinsip misteri diterapkan pada bentuk denah, yaitu permainan bentuk pola pada balkon untuk menarik rasa penasaran pengunjung untuk dapat melihatnya secara detail.



Gambar 3. (a) Penggunaan Kisi-Kisi Kayu pada Lobby Hotel, (b) Penggunaan Fasad Bambu, (c) Penggunaan Batu Alam pada Dinding Kamar, (d) Pemandangan dari Balkon

e. Konsep Ruang

Bangunan utama terdiri dari 3 lantai, pada lantai 1 terdiri dari berbagai zona yang disediakan untuk berbagai aktivitas pengguna bangunan. Pada lantai 2 dan 3 difungsikan sebagai tempat kegiatan utama yaitu kegiatan menginap. Bangunan hotel dan resort memiliki luas sebesar 6.880 m². Sisa dari total luas bangunan didirikan sebagai cottage yang terdiri dari tipe *duluxe* sebanyak 10 bangunan dan tipe *suite* sebanyak 8 bangunan.

f. Konsep sistem struktur

Bangunan hotel dan resort menggunakan konstruksi beton pada struktur nya. Pada struktur bawah, bangunan hotel menggunakan pondasi telapak, begitu pula dengan bangunan resort juga menggunakan pondasi telapak. Pondasi telapak telah disesuaikan dengan kondisi eksisting yang merupakan daerah pesisir yang terdiri atas tanah berjenis tanah regosol.

Pada bagian struktur tengah, bangunan hotel menggunakan struktur rangka dengan konstruksi beton bertulang. Lalu di bagian struktur atasnya bangunan utama menggunakan konstruksi atap dak beton dan pada bangunan-bangunan cottage menggunakan atap lengkung dengan konstruksi kayu dan material penutup jerami.

g. Konsep Sistem Utilitas

Sistem air bersih pada bangunan menggunakan sistem *downfeed*, dengan mengalirkan air dari *ground tank* untuk menuju ke *roof tank* menggunakan pompa. Dikarenakan air PDAM belum dapat memenuhi kebutuhan air di Pulau Pari, maka dari itu untuk mendapatkan air bersih di Pulau Pari hanya berasal dari dalam

tanah yang digali lebih dari 40 meter. Agar menghasilkan air yang lebih berkualitas. Sistem pembuangan limbah cair yang berasal dari kamar mandi, dapur, dan ruang service akan ditampung oleh bak kontrol dan bak lemak untuk dilakukan *treatment* sebelum dibuang menuju ke STP. Limbah air hujan akan dimanfaatkan dengan cara difiltrasi untuk dijadikan sebagai graywater. Sistem elektrikal bangunan berasal dari gardu listrik PLN yang dibagikan menuju gardu induk bangunan sebelum dibagikan ke panel pembagi di setiap lantai dan kemudian didistribusikan ke setiap ruangan.

h. Gambar Perancangan



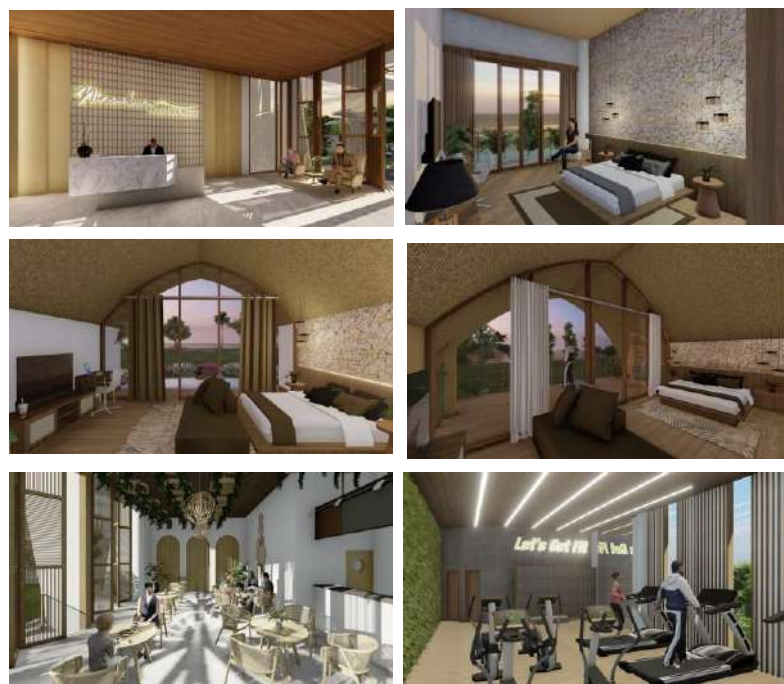
Gambar 4. (a) Blok Plan, (b) Site Plan, (c) Tampak Bangunan Hotel, (d) Tampak Bangunan Hotel, (e) Tampak Bangunan Resort Tipe Deluxe, (f) Tampak Bangunan Hotel Tipe Suite



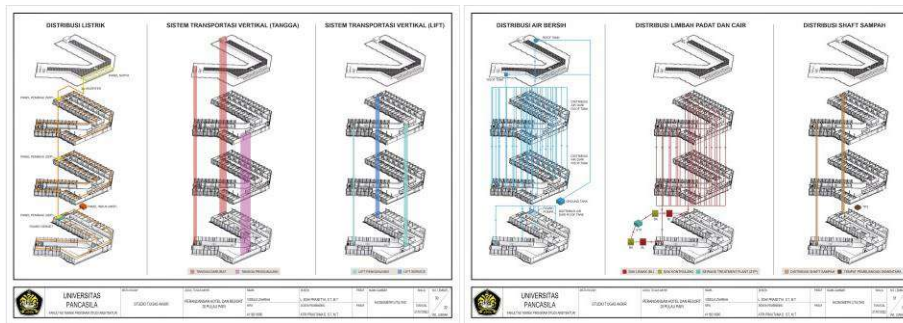
Gambar 5. Perspektif Eksterior Mata Burung



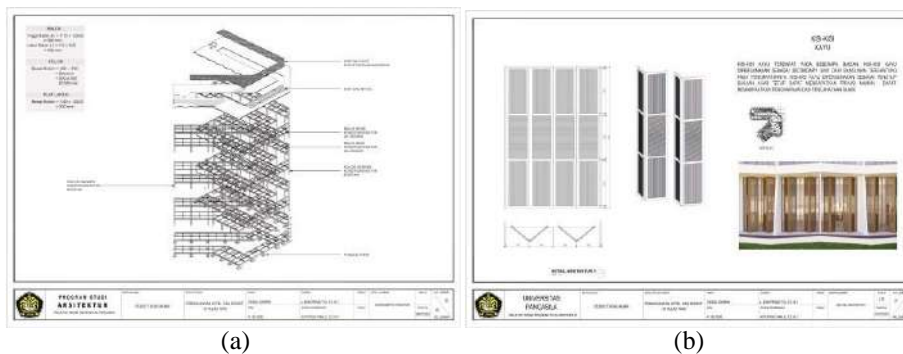
Gambar 6. Perspektif Eksterior Mata Manusia



Gambar 7. Perspektif Interior Mata Manusia



Gambar 8. Axonometri Utilitas



Gambar 9: (a) Axonometri Struktur, (b) Detail arsitektur

4. KESIMPULAN

Perancangan Hotel dan resort di Pulau Pari adalah salah satu upaya untuk menyediakan akomodasi yang layak bagi pengunjung Pulau Pari. Hal ini ditujukan agar wisata Pulau Pari memiliki banyak peminat sehingga dapat memajukan perekonomian dari sektor pariwisata untuk warga setempat. Pendekatan desain biophilic dipilih karena desain biophilic ini mampu untuk melepas stress dengan cara menghadirkan nuansa alami yang diterapkan melalui suasana, pemilihan material bangunan dan elemen - elemen pendukung bangunan. Pada perancangan hotel dan resort ini terdapat 20 massa bangunan yang terdiri dari 1 massa bangunan utama yaitu hotel, 18 massa bangunan majemuk cottage dan 1 massa bangunan berupa mushola. Diharapkan dengan adanya hotel dan resort di Pulau Pari ini dapat semakin meningkatkan minat pengunjung untuk berlibur ke Pulau Pari, Kepulauan Seribu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Romadhani dan W.A. Suryawan, Desain Ruang Relaksasi untuk Stress di Perkotaan dengan Penerapan Biophilic Design, Jurnal Sains dan Seni Pomits, Vol. VI, no. 2, p. G105 (2017).
- [2] D. Azkawati dan F. Lissimmia, Kajian Konsep Biophilic pada Bangunan Hunian Vertikal, Jurnal Arsitektur Zonasi, Vol. 3, pp. 205-208 (2020).
- [3] Maritim Travel Indonesia, Sejarah dan Mitos Pulau Pari [Online] from <https://maritimtravel.com/sejarah-dan-mitos-pulau-pari.html>. [Diakses pada 22 Oktober 2021]
- [4] Pulau Seribu, Terungkap Mitos Pulau Pari dan Sejarah Keberadaannya [Online] from <https://pulauseribu.co.id/terungkap-mitos-pulau-pari-dan-sejarah-keberadaannya/>. [Diakses pada 22 Oktober 2021]
- [5] J. Priatman, Konsep Desain Biophilia Sebagai Dimensi Hijau pada Arsitektur Empatik, Seminar Nasional Menuju Arsitektur Berempati (2012).
- [6] Bagyono, Pariwisata dan Perhotelan. Bandung : Alfabeta (2014)
- [7] Direktorat Jenderal Pariwisata, Pariwisata Tanah Air Indonesia, Jakarta : Direktorat Jenderal Pariwisata (1988).
- [8] E, Neufert. Data Arsitek. Jakarta : Erlangga (2002).
- [9] S.K. Ekawati, Pangandaran *Beach Resort Hotel*, Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta (2010).
- [10] S. S. Prabowo, Kemuning *Tropical Resort*, Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta (2017).
- [11] A.N. Haryani, Urban Escape : Ruang Publik Pereda Stres, Institut Teknologi Sepuluh November (2017)

Perancangan *Co-Working Space* Di Gading Serpong Tangerang dengan Pendekatan Arsitektur Biofilik

Riandha Farraditha^{1*}, Diptya Anggita¹

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

Abstrak.

Meningkatnya jumlah perusahaan start up yang memulai bisnis pada saat ini, berbanding lurus dengan perkembangan tren bekerja pada ruang kantor fleksibel dan *remote working*. Hal tersebut menimbulkan peluang besar terhadap *co-working space* untuk berkembang dikarenakan permintaan yang bertumbuh cepat dengan pergeseran permintaan *co-working space* yang meningkat. Target pengguna *co-working space* di gading serpong tangerang mempertimbangkan keberadaan berbagai perguruan tinggi, sekolah – sekolah, perkantoran sekitar, pemukiman warga dengan kepadatan sedang hingga tinggi, mall, universitas, dan apartment. Menggunakan konsep ruang kerja *open space* mengacu pada *co-working space* yang memperhatikan psikologis hubungan antara manusia dengan alam sekitar serta menciptakan suasana yang lebih produktif secara sosial yang sangat diperlukan untuk menciptakan lingkungan yang lebih baik dalam bekerja maupun berkegiatan. Tujuan perancangan *co-working space* ini untuk memperhatikan kondisi psikologis penggunanya dalam bekerja dengan merancang ruangan yang sehat, aman, nyaman sehingga terhindar dari rasa jenuh, meningkatkan kreatifitas dan menjernihkan pikiran, mempercepat penyembuhan, dan meningkatkan kesejahteraan.

Kata kunci— Arsitektur, Biofilik, *Co-Working*, Psikologis, Ruang.

1. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Peningkatan jumlah *start up* yang memulai bisnis pada saat ini, berbanding lurus dengan perkembangan tren bekerja yang tidak lagi harus dilakukan dari gedung perkantoran pada umumnya yang selama ini kita ketahui. Potensi penyewaan ruang kantor konvensional telah didominasi oleh ruang kerja yang lebih bersifat *co-working space*. Pergeseran permintaan ruang kantor yang bersifat *remote working* atau kerja jarak jauh membuat permintaan *co-working space* menjadi semakin bertumbuh cepat. Perusahaan *start up* umumnya lebih membutuhkan tempat bekerja dengan kapasitas tertentu yang sifatnya bebas khususnya pada aktivitas, jam kerja dan tempat bekerja yang dapat diatur oleh mereka sendiri sebagai pemilik dan pengelola perusahaan.

b. Tujuan Penelitian

Tujuan pada perancangan ini adalah menghasilkan rancangan ruang – ruang pada *co-working space* berdasarkan permasalahan serta potensi yang terdapat dengan memperhatikan kondisi psikologis penggunanya sehingga mampu menghasilkan rancangan ruang dan prasarana lainnya yang mampu menunjang fungsi bangunan utama yang lebih sehat, aman, nyaman dari rasa jenuh yang ideal sesuai dengan standar dan mampu mewadahi aktivitas pengguna.

c. Cakupan Penelitian

Menghasilkan konsep perancang *co-working space* yang memperhatikan kondisi psikologis penggunanya dalam bekerja dengan standar kebutuhan ruang *co-working space* yang ideal, lebih sehat, aman dan nyaman sehingga dapat terhindar dari rasa jenuh dengan tatanan ruang pada bangunan yang dapat mewadahi aktivitas pengguna melalui fasilitas pendukung yang memadai.

* Corresponding author: riandhaaaa@gmail.com

2. TINJAUAN PUSTAKA

a. Co-Working Space

Perancangan *co-working space* menggabungkan kebutuhan ruang untuk para perusahaan *start up*, freelancer, mahasiswa maupun pengguna yang membutuhkan *space* untuk memenuhi kebutuhan aktivitasnya dengan dilengkapi fasilitas pendukung yang dapat digunakan untuk berbagai aktivitas seperti kegiatan kantor sewa. *Co-working space* dengan konsep ruang kerja *open space* mengacu pada tempat yang memiliki nuansa bersantai dan berkerja dengan orientasi penggunaanya yang dimana individu – individu tersebut memiliki latar belakang yang tentunya berbeda khususnya dalam pekerjaan saling berinteraksi dan membuka peluang untuk membentuk *networking* menjadi sebuah *partnership* dan berbagai keuntungan lainnya jika bekerja di *co-working space* dibandingkan bekerja di gedung atau perkantoran biasa.

Ruang kerja pada *co-working space* umumnya digunakan oleh orang-orang dengan latar yang berbeda-beda antara lain yaitu, *entrepreneur*, freelancer, *start up*, asosiasi, konsultan, investor, pelajar, dll[8]. Batasan pengguna pada perancangan *Co-Working Space* Di Gading Serpong Tangerang diklasifikasikan pada *entrepreneur*, *freelancer*, *start up*, pelajar, mahasiswa, dan kalangan umum. Perancangan *co-working space* mengedepankan kenyamanan pengguna pada kegiatan *sharing* dalam satu ruangan yang dimana bagi komunitas maupun perusahaan *start up* tetap memiliki kebebasan dalam menentukan ruangan dengan kapasitas apa yang akan di sewa oleh mereka baik sewa secara individu maupun perkomunitas atau perusahaan. Dengan peluang yang ada, "Menurut *Co-founder* Pace Ventures pada the guardian.com, Mark Corbett, *co-working space* muncul sebagai alternative dari ruang digedung perkantoran yang relative mahal. Kebutuhan atas ruang kerja muncul karena banyak bisnis *start-up* dan semakin diminatinya *freelance job*".

b. Arsitektur Biofilik

Tema desain arsitektur biofilik dipilih untuk menghasilkan konsep perancang *co-working space* yang memperhatikan kondisi psikologis penggunaanya dengan pertimbangan permasalahan yang ada di sekitar tapak. Melalui desain perancangan arsitektur biofilik sebagai konsep visualisasi arsitektur dapat memberikan beberapa manfaat berupa mengurangi stress, meningkatkan kreatifitas dan menjernihkan pikiran, mempercepat penyembuhan, dan meningkatkan kesejahteraan[7].

Desain arsitektur biofilik merupakan istilah yang berasal dari kata *Biophilia*. Menurut Edward O. Wilson, *biofilia* merupakan suatu dorongan yang dimiliki oleh manusia untuk berafiliasi dengan bentuk-bentuk kehidupan. Memahami mengenai manusia yang secara alami memiliki kebutuhan dengan alam pada seluruh aspek kehidupannya untuk mencapai kesejahteraan dan kenyamanan dalam meningkatkan kualitas hidup sebagai tujuan dari penerapan desain arsitektur biofilik. Desain arsitektur biofilik sebagai desain yang menyediakan kesempatan bagi manusia untuk hidup dan bekerja pada tempat yang sehat, minimum tingkat stres, serta menyediakan kehidupan yang sejahtera dengan cara mengintegrasikan alam, baik dengan material alami maupun bentuk-bentuk alami kedalam desain.

Arsitektur biofilik sebagai konsep arsitektur yang menghubungkan alam dengan psikologis penggunaanya yang mengacu kepada 14 pola desain arsitektur biofilik menurut Terrapin Bright Green sehingga berdampak besar pada gaya hidup manusia.

Tabel 1 Prinsip Desain Biofilik

Nature in the Space Patterns (Hubungan antara alam dan sebuah ruang)	
Visual Connection with Nature Hubungan dengan alam secara langsung	Interaksi manusia dengan alam melalui pandangan secara langsung terhadap unsur-unsur alam, sistem kehidupan dan proses alami.
Non-Visual Connection with Nature Hubungan non-visual dengan alam	Interaksi manusia dengan alam melalui pendengaran, sentuhan, penciuman, dan perasa yang menimbulkan ketenangan.
Non-Rhythmic Sensory Stimuli Stimulasi sensorik yang tidak beritme	Indikator dan hubungan dengan alam melalui rangsangan sensorik alami yang menarik perhatian.
Thermal & Airflow Variability Kenyamanan thermal dan ventilasi	

udara	Menciptakan kenyamanan thermal seperti perubahan suhu,
Presence of Water	Kondisi yang menciptakan interaksi antara pengguna
Keberadaan Air	dengan unsur air melalui penglihatan, pendengaran maupun sentuhan.
Dynamic & Diffuse Light	Memaksimalkan pencahayaan alami untuk memberikan efek pencahayaan yang dinamis dan menyebar.
Pencahayaan yang dinamis	
Connection with Natural Systems	Memberikan kesadaran akan proses alamiah, khususnya perubahan karakter dari ekosistem lingkungan alamil
Hubungan dengan Sistem Alami	
Natural Analogues Patterns (Pola analogi alam)	
Biomorphic Forms & Pattern	Mengadaptasi bentuk, tekstur, dan pola yang terinspirasi dari alam dan diimplementasikan dalam bangunan
Bentuk & Pola Biomorfik yang terinspirasi dari alam	
Material Connection with Nature	Menggunakan material dan elemen dari alam untuk memberikan nuansa alam kedalam bangunan
Hubungan Material dengan Alam	
Complexity & Order	Membuat informasi yang didapat melalui kemampuan sensorik yang beragam pada ruangan untuk menggambarkan kejadian dialam yang sebenarnya
Kompleksitas & Keteraturan	
Nature of the Space Patterns (Pola lingkungan terhadap sebuah ruang)	
Prospect	Membuat ruangan luas tanpa hambatan, leluasa dan lapang.
Prospek	
Refuge	Memberikan rasa aman dan terlindungi kepada pengguna ketika berada dalam bangunan.
Perlindungan	
Mystery	Menciptakan sebuah lingkungan yang menarik untuk dijelajahi lebih dalam.
Misteri	
Risk/Peril	Memberi nuansa rasa bahaya atau ancaman namun dapat memberi ra sa aman.
Resiko/bahaya	

3. METODOLOGI

Perancangan *Co-working Space* Di Gading Serpong Tangerang yang dilakukan ini menggunakan beberapa tahapan antara lain :

c. Eksplorasi Data

- Studi Literatur
Pendalaman data literatur secara teori untuk menyelesaikan permasalahan dan memenuhi kebutuhan tapak, pemahaman dan pendalaman mengenai implementasi tema arsitektur biofilik biofilik pada perancangan.
- Studi Lapangan
Tinjauan langsung ke lokasi tapak untuk mengetahui kondisi eksisting bangunan maupun kondisi sekitar tapak. Metode deskriptif digunakan untuk menjelaskan keadaan atau situasi yang terjadi saat penelitian terkait perancangan sedang berlangsung.
- Studi Komparasi
Pencarian ide dengan membandingkan studi preseden bangunan yang menggunakan Peningkatan konsep arsitektur biofilik design dan *co-working space* untuk menjadi inspirasi dan studi kasus dalam proses mendesain.
- Analisis
Melakukan analisa makro dan mikro terhadap pemilihan lokasi tapak yang digunakan meliputi kebijakan tata ruang wilayah gading serpong tangerang, peraturan teknis wilayah gading serpong tangerang, gambaran potensi dan masalah tapak yang terpilih. Melakukan analisis terhadap program ruang, bangunan, arsitektur, struktur dan mekanikal elektrikal dan plumbing.
- Desain
Pembuatan rancangan desain berdasarkan konsep yang dihasilkan dari analisis. Desain rancangan berupa master plan, denah, tampak, potongan, detail, perspektif, poster.

**4. HASIL
PENELITIAN**

d. Kebijakan Tata Ruang

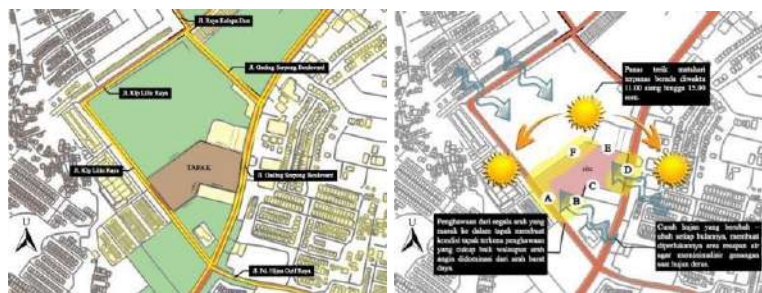
Pada Peraturan Daerah Kabupaten Tangerang Nomor 13 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Tangerang Tahun 2011-2031 diuraikan pada pasal 53 bahwa kawasan kecamatan kelapa dua dengan peruntukan industri dan pada pasal 11 sebagai perancangan pusat perkotaan meliputi pusat – pusat pelayanan yang dipromosikan menjadi PKLp perkotaan Kecamatan Kelapa Dua sebagai pusat pemerintahan kecamatan, industri, permukiman kepadatan sedang, dan pertahanan dan keamanan.

Ketentuan umum peraturan zonasi kawasan diuraikan pada Peraturan Daerah Kabupaten Tangerang

Nomor 13 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Tangerang Tahun 2011-2031

pasal 67 nomor 4 kegiatan yang diperbolehkan PKLp diarahkan sebagai : pasar regional, bank perkreditan rakyat, perkantoran, kantor pos pembantu, terminal penumpang type C, dermaga, dermaga perikanan, perumahan, gedung serba guna, pertokoan, hotel, perguruan tinggi, toko swalayan, industri dan pergudangan, dan kegiatan lain yang menunjang fungsi PKL dan PKLp.

e. Analisis Tapak



(a)
(b)

Gambar 2 (a) Analisis bangunan sekitar, sirkulasi dan pencapaian;
(b) Analisis hidrologi dan klimatologi

- Analisis Bangunan Sekitar, Sirkulasi dan Pencapaian

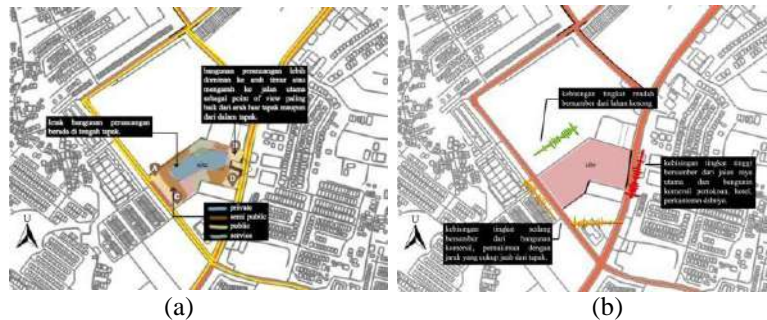
Tabel 2 Analisis bangunan sekitar, sirkulasi dan pencapaian

Potensi dan Masalah	Solusi dan Respon Desain
Lokasi tapak berada di jalan utama dan mudah di akses dengan kendaraan; akses tol : Gading serpong–Jakarta–Merak–Karawaci, Alam Sutera Toll Akses–Jakarta Barat dan BSD Toll Akses–Jakarta Selatan–Serpong.	Strategis dan mudah diakses oleh pengunjung dengan kendaraan pribadi atau bus yang melalui tapak dari summarecon mall serpong (tidak ada kendaraan umum selain bus dan transportasi online).
Lingkungan sekitar tapak di dominasi bangunan komersil (perkantoran, pertokoan, hotel, pasar modern, perumahan dengan kepadatan sedang-tinggi, dan lahan hijau).	Membangun bangunan dengan ketinggian 4 – 5 lantai akan tetap terlihat oleh masyarakat disekeliling.
Dapat diakses oleh dua jalan besar ; Jalan Gading Serpong Boulevard - Jalan Pd Hijau Golf Raya dan melalui Jalan Klp Lilin Raya.	Membuat 2 akses masuk dan keluar di dua arah jalan.
Pada bagian depan tapak (sisi tenggara) sudah terdapat pedestrian diluar tapak.	Sirkulasi didepan tapak dapat dilalui pejalan kaki.

- Analisis hidrologi dan klimatologi

Tabel 3 Analisis hidrologi dan klimatologi

Potensi dan Masalah	Solusi dan Respon Desain
Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofosika menyatakan wilayah Tangerang memiliki kelembapan rata-rata 77% - 85% dengan suhu rata-rata 22°C - 33°C dengan arah angin barat daya 10 km/h.	Pada tapak diberikan banyak pepohonan untuk mereduksi panas di lingkungan tapak dan zona a diberikan bukaan untuk memanfaatkan penghawaan alami.
Pada zona c dan e terdapat bangunan.	Pada zona c dan e diberikan bukaan karena terhalang bangunan sebagai penghawaan dan penghawaan alami pada bangunan.
Pada pagi dan siang hari matahari akan maksimal pada zona d dan pada sore hari matahari akan maksimal pada zona a.	Diletakan bukaan yang cukup baik untuk pencahayaan alami dan sun buffer dan sun shading untuk mengurangi intensitas sinar matahari secara berlebihan.



Gambar 3 (a) Analisis orientasi dan zoning tapak; (b) Analisis kebisingan tapak

- Analisis orientasi dan zoning tapak

Tabel 4 Analisis orientasi dan zoning tapak

Potensi dan Masalah	Solusi dan Respon Desain
Letak jalan utama pada sisi tenggara dan barat daya.	Orientasi bangunan menghadap ke arah tenggara dan barat daya ; Zoning pada tapak terbagi menjadi 4 zona yaitu: publik, semi publik, <i>private</i> dan <i>servis</i> berdasarkan tingkat privasi antara pengguna bangunan.

- Analisis kebisingan tapak

Tabel 5 Analisis kebisingan tapak

Potensi dan Masalah	Solusi dan Respon Desain
Kebisingan tinggi pada tapak berasal dari jalan utama dan bangunan komersil, kebisingan rendah berasal dari bangunan komersil, kebisingan minim dari lahan kosong.	Kebisingan tersebut mempengaruhi efisiensi kerja sehingga pada bagian timur (zona kebisingan tinggi) di tempatkan ruangan yang kedap bising agar lebih fokus terhadap kegiatannya.; Penempatan bangunan, ruang, material dan vegetasi menjadi solusi untuk mereduksi kebisingan.; Vegetasi seperti tanaman perdu (teh tehan, kiara payung, akasia) dan juga pohon rindang (pohon jati, pohon mangga, bambu dan beberapa pohon berdaun lebar) di tanam untuk meminimalisir kebisingan secara efektif.



Gambar 4 (a) Analisis view; (b) Analisis eksisting tapak

Analisis view

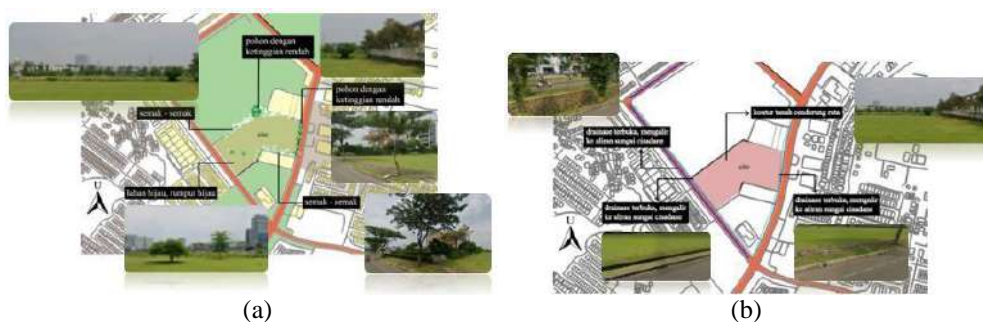
Tabel 6 Analisis view

Potensi dan Masalah	Solusi dan Respon Desain
Arah pandang terbaik dari luar tapak menuju tapak, pada arah tenggara dan barat daya.	Orientasi bangunan menghadap ke tenggara dan barat daya yang akan menempatkan main view pada arah tersebut.
Memperbanyak view ke arah luar bangunan.	Membuat kenyamanan ruang bekerja secara psikologis dengan mengutamakan bukaan pada arah tenggara dan barat daya.
Beberapa lokasi view ada yang kurang baik.	Perancangan interior yang baik dan nyaman.

- Analisis eksisting tapak

Tabel 7 Analisis eksisting tapak

Potensi dan Masalah	Solusi dan Respon Desain
Pada sisi timur dan tenggara terdapat bangunan komersil pertokoan dan perkantoran.	Di letakan sisi bagian depan dengan akses ke dalam tapak karena terlihat dari jalan besar dan dapat diakses oleh pengguna dengan berbagai jenis transportasi.
Pada sisi selatan terdapat bangunan SPBU.	Dibuat area dengan aktivitas tidak terlalu padat dan berjarak dengan bangunan utama.
Pada sisi barat dan barat daya terdapat bangunan komersil pasar modern.	Di letakkannya sisi bagian depan sebagai akses masuk ke dalam tapak karena dapat terlihat dari jalan besar dan masyarakat yang beraktivitas di pertokoan dan pasar modern serta dapat diakses dengan berbagai jenis transportasi.
Pada sisi barat laut dan utara terdapat lahan kosong.	Mampu memaksimalkan penghawaan yang memasuki tapak sehingga dari sisi tersebut mampu dibuat bukaan.
Pada sisi timur laut terdapat bangunan.	Tidak banyak di letakan bukaan di sisi tersebut karena terdapat bangunan tinggi.



Gambar 5 (a) Analisis vegetasi tapak; (b) Analisis topografi dan drainase

- Analisis vegetasi tapak

Tabel 8 Analisis vegetasi tapak

Potensi dan Masalah	Solusi dan Respon Desain
Vegetasi sekitar tapak didominasi oleh rumput yang terawat, beberapa pohon, dan semak semak.	Ditanami vegetasi yang lebih baik sehingga dapat memperindah tapak sekitar bangunan agar mengurangi dampak tidak terlalu gersang, panas dan mengurangi kebisingan suara yang berasal dari jalan utama maupun bangunan disekitar tapak.
Vegetasi pada area barat, barat daya dan timur mendapat panas matahari lebih banyak.	Di letakan tanaman perdu supaya tidak gersang dengan pohon rindang supaya tidak menutupi view dari dalam atau luar tapak.

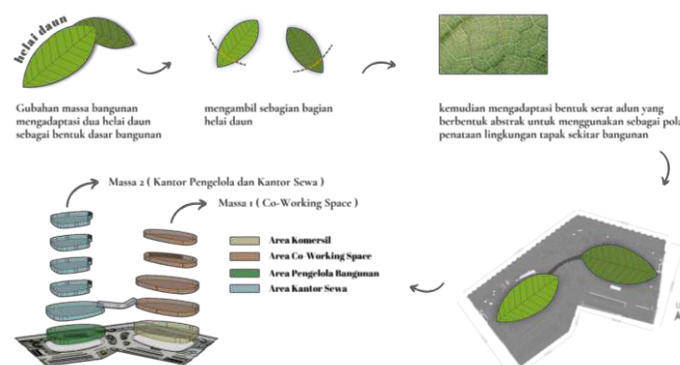
Analisis topografi dan drainase

Tabel 9 Analisis topografi dan drainase

Potensi dan Masalah	Solusi dan Respon Desain
Kontur tapak cenderung rata walaupun lebih tinggi dari jalan utama namun tidak curam.	Pada perancangan tanah tidak perlu diratakan.
Terdapat drainase dekat dengan tapak yang mengalir ke riol kota .	Pada aliran air di dalam tapak akan diarahkan ke bagian sisi tapak langsung dialirkan menuju ke saluran drainase terdekat; Drainase di dalam tapak di berikan gril (area parkir) dan beberapa grass block di taman untuk meminimalisir genangan ketika curah hujan sedang tinggi; Di bawah pedestrian tapak diletakan drainase lebar 1m dan drainase terbuka kedalam 1–1,5m.

f. Analisis Bangunan

Bentuk gubahan yang diambil dari bentuk dasar serat daun, membentuk beberapa massa bangunan yang digabungkan dengan memadukan bentuk bulir air pada daun kemudian diberikan perbedaan ketinggian bangunan untuk memaksimalkan arah penghawaan alami dan pencahayaan alami.



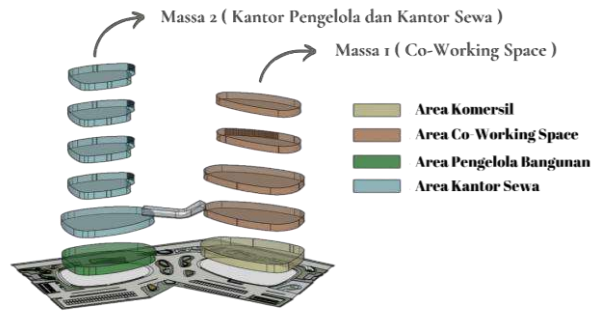
Gambar 6 Bentuk dasar gubahan massa

5. KESIMPULAN

g. Konsep Zona Ruang dan Hubungan Ruang

Penerapan zonasi ruang terbagi juga pada setiap lantai bangunan menyesuaikan dengan fungsi dan kegiatan yang terjadi pada setiap lantai sehingga sirkulasi di dalam massa bangunan terbagi dengan baik sesuai dengan kebutuhannya. Pada zona warna kuning atau yang berada di lantai dasar difokus kan kepada area komersil sehingga dapat digunakan oleh masyarakat umum maupun pengguna *co-working space* dengan privasi yang rendah. Zona hijau untuk pengelola bangunan dengan tingkat privasi meningkat.

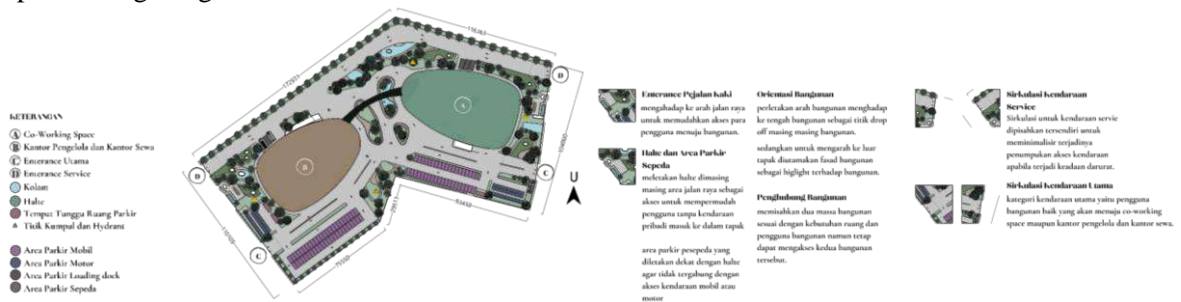
Zona coklat lebih private atau digunakan hanya untuk yang memiliki kepentingan menggunakan co-working space dan Zona hanya digunakan oleh pengguna kantor sewa yang memiliki keperluan saja yang dapat mengaksesnya.



Gambar 7 Zonasi bangunan

h. Konsep Rancangan Tapak

Konsep perancangan ini mengoptimalkan lahan untuk bangunan utama co-working space pada tapak yang berlokasi di Jalan Gading Serpong Boulevard, Curug Sangereng, Kecamatan Kelapa Dua, Kabupaten Tangerang.



Gambar 6 Konsep rancangan tapak

i. Konsep Arsitektur



Gambar 7 Perspektif

Penerapan tema “Arsitektur Biofilik mempengaruhi pemilihan pada setiap elemen dalam perancangan co-working space ini seperti pada beberapa bagian :

- Skylight Polycarbonate Bening sebagai material atap untuk meminimalisir masuknya cahaya dan udara alami.
- Mengaplikasikan material alami dengan dominasi kayu, batu alam (breksi, palimanan, gravel, andesit), unfinished / exposed material memberikan sentuhan alami.
- Translucent concrete beton tembus cahaya untuk mentransmisikan cahaya ke dalam bangunan.
- Aluminium louvres dan dinding roster pada façade menciptakan pencahayaan yang dinamis kedalam bangunan.
- Plafond yang didominasi terbuat dari material kayu.
- Kolam ikan pada lounge indoor, lounge office dan area outdoor pada tapak membawa efek suara suasana pengunjung seolah sedang berada di alam.
- Menggunakan extensive green roof dengan dak beton pada area workspace outdoor.
- Memaksimalkan kondisi alam melalui celah masuk dan keluar penghawaan alami dengan skylight, pintu kaca sehingga cahaya matahari secara alami yang dibutuhkan masuk melalui bukaan yang ada dalam elemen pembentuk ruang.
- View dari dalam ruangan mengacu kepada lingkungan sekitar dengan kondisi interior yang mampu memberikan rasa nyaman dalam bekerja kepada penggunanya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan penulisan paper ini. Saya mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak atas bantuan dan bimbingan yang telah membantu saya dalam penyelesaian penulisan paper ini. Saya berharap paper ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang memerlukannya. Semoga selalu diberikan kesuksesan untuk kita semua. Aamiin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] CNBC Indonesia, "Kerja Tak Harus Di Kantor Geser Tren Sewa Ruang Perkantoran," Jakarta, 2021.
- [2] L. DISHMAN, "The Future Of Coworking And Why It Will Give Your Business A Huge Edge," Fast Company, 15 Januari 2013. [Online]. Available: <https://www.fastcompany.com/3004788/future-coworking-and-why-it-will-give-your-business-huge-edge>. [Diakses 10 April 2021].
- [3] M. Haryandi, "CoWorking Tawarkan Solusi untuk Kebutuhan Bisnis Startup," Tribun Bisnis, 27 Maret 2017. [Online]. Available: <https://www.tribunnews.com/bisnis/2017/03/27/coworking-tawarkan-solusi-untuk-kebutuhan-bisnis-startup>. [Diakses 10 April 2021].
- [4] Gapuraoffice, "SURVEI: 89 Persen Orang Yang Bekerja di Coworking Space Merasa Lebih Bahagia," Gapuraoffice, [Online]. Available: https://www.virtualofficeku.co.id/blog_posts/orang-yang-bekerja-di-coworking-space-merasa-lebih-bahagia/. [Diakses 19 Oktober 2021].
- [5] Badan Pusat Statistik, "Badan Pusat Statistik Kabupaten/Kota Provinsi Banten 2010 - 2020," 2015. [Online]. [Diakses 8 April 2021].
- [6] B. Maress, "15 Faktor Psikologi Dalam Lingkungan Kerja Paling Penting," Dosen Psikologi, [Online]. Available: <https://dosenpsikologi.com/faktor-psikologi-dalam-lingkungan-kerja>. [Diakses 03 Februari 2022].
- [7] R. C. C. C. Browning WD, 14 Patterns of Biophilic Design. Terrapin Bright Green, 2014. [8] Leforestier, The Co-working Space Concept. Ahmedabad: CINE Term Project, 2009.
- [8] Corespace, "Corespace," Pengertian Coworking Space, [Online]. Available: <http://corespace.id/blog3.html>. [Diakses 2 April 2021].
- [9] S. W. E. Kallert, Biophilia, Biophobia, and Natural Landscapes. In the Biophilia Hypothesis.
- [10] Oliver Heath Desain, "Biophilia & Design for Wellbeing," Oliver Heath Desain, [Online]. Available: <https://www.oliverheath.com/our-approach-and-its-impact/biophilia-and-design-for-wellbeing/>. [Diakses 2 Februari 2022].
- [11] P. Pintos, "Vinted Vilnius Office," Archdaily, [Online]. Available: https://www.archdaily.com/974403/vinted-vilnius-office-do-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab. [Diakses 2 Februari 2022].
- [12] H. Abdel, "The Grey Box Office / TRAANSPACE," Archdaily, [Online]. Available: https://www.archdaily.com/973402/the-grey-box-office-traanspace?ad_source=search&ad_medium=projects_tabs. [Diakses 3 Februari 2022].

- [13] P. Pintos, "Shenzen Rural Commercial Bank Headquarters," Archdaily, [Online]. Available: https://www.archdaily.com/974492/shenzhen-rural-commercial-bank-headquarters-skidmore-owings-and-merrill?ad_source=search&ad_medium=projects_tab . [Diakses 3 Februari 2022].
- [14] M. Pereira, "Archdaily," IT'S Biofilia Office, [Online]. Available: https://www.archdaily.com/920540/its-biofilia-office-its-informov?ad_source=search&ad_medium=projects_tab. [Diakses 3 Februari 2022].
- [15] Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi, "Profil Kabupaten Tangerang - Letak Geografis," [Online]. Available: <https://ppid.tangerangkab.go.id/profil/letak-geografis>. [Diakses 10 11 2021].
- [16] KABUPATEN TANGERANG, PERATURAN DAERAH KABUPATEN TANGERANG NOMOR 13 TAHUN 2011 TENTANG RENCANA TATA RUANG WILAYAH KABUPATEN TANGERANG TAHUN 2011-2031, TANGERANG: DEWAN PERWAKILAN RAKYAT DAERAH KABUPATEN TANGERANG DAN BUPATI TANGERANG, 2011.
- [17] ilmugeografi.com, "Tanah Aluvial - Sifat - Sifat Morfologis dan Kandungan," [Online]. Available: <https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/tanah/tanah-aluvial>. [Diakses 12 11 2021].
- [18] R. D. Pramedesty, "Perancangan Interior Creative Co-Working Space di Bandung," dalam *Literatur Laporan Tugas Akhir Program Studi Desain Interior Universitas Telkom. Bandung*, Bandung, 2018.
- [19] A. Fauzi, "Co-Working Spaces for promoting entrepreneurship in sparse regions," *The case of south wales*, vol. 2, no. 1, pp. 462 - 469, 2015.
- [20] B. S. Putri, "Perancangan Co-Working Space di Jakarta Selatan," dalam *Literatur Laporan Tugas Akhir Program Studi Desain Interior Universitas Telkom. Bandung*, Bandung, 2019.
- [21] Pluang, "Perusahaan Start Up Ramai Pilih Co-Working Space, Apa Alasannya?," Pluang, 25 Oktober 2019. [Online]. Available: <https://blog.pluang.com/artikel/perkembangan-co-working-space-di-indonesia/>. [Diakses 1 April 2021].
- [22] Cohive Voza, "Cohive Voza," Cohive Voza, [Online]. Available: <https://cohive.space/buildings/cohive-voza>. [Diakses 6 April 2021].
- [23] Dub Architect, "Dub Architect," The Edge, September 2020. [Online]. Available: <https://dubarchitects.ca/the-edge>. [Diakses 8 April 2021]
- [24] Google Earth, Google Earth, [Online]. Available: <https://earth.google.com/web/@-6.24834219,106.62585444,30.43408775a,0d,60y,0.02395079h,85t,0r/data=IhoKFjBxc2NaSk9>. [Diakses 28 Maret 2021].
- [25] G. Kunjana, "Investor.id," Investor, Senin Maret 2017. [Online]. Available: <https://investor.id/business/coworking-solusi-ampuh-untuk-kebutuhan-bisnis-startup>. [Diakses 19 Oktober 2021].
- [26] Warta Ekonomi, "Industri Coworking Space Tumbuh, GoWork: Kenyamanan Adalah Kunci," Warta Ekonomi, Jumat Desember 2019. [Online]. Available: <https://www.wartaekonomi.co.id/read261422/industri-coworking-space-tumbuh-gowork-kenyamanan-adalah-kunci>. [Diakses 28 Maret 2021]. [28] S. Nitisemito, "Manajemen Personalialia," dalam *Manajemen Personalialia*, 1992.
- [27] Cohive, "Mengenal Lebih Dalam: Apa Itu Coworking Space?," Cohive, [Online]. Available: <https://cohive.space/blogs/mengenal-lebih-dalam-apa-itu-coworking-space-cohive/>. [Diakses 1 April 2021].
- [28] Voffice, "Pengertian Coworking Space," Voffice. [Online]. [Diakses 8 April 2021].
- [29] C. Foersch, Coworking Spaces: Coworking Forecast 2012, 2009.
- [30] M. Schuerman, Coworking space : A potent bussines model for Plug'n Play and Indie Workers, Berlin, 2014. [33] D. Erin, Handbook How to Create a Co-Working, 2014.
- [31] K. D. Purnama, "Perencanaan Co-Working Space di Padangsambian Klod dengan Pendekatan Arsitektur Biophilic," dalam *Program Studi arsitektur Universitas warmadewa. Denpasar*, Bali, 2021.
- [32] R. RR, Strategi Komunikasi Pemasaran El Samara Coworking Space Dalam Meningkatkan Community Relations Perusahaan Program Studi Ilmu Komunikasi., 2020. [36] M. a. J. E, Designing for Tommorrow's Workplace.
- [33] T. A. S. P, "KAJIAN DESAIN INTERIOR KANTOR PT. PUPUK SRIWIDJAJA DENGAN KONSEP MODERN MINIMALIS," dalam *Fakultas Desain dan Seni Kreatif Universitas Mercu Buana Jakarta*, Jakarta.
- [34] M. S, "DESAIN INTERIOR KANTOR PT. KERTAS LECES BERNUANSA MODERN KLASIK," dalam *Jurusan Desain Interior Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, Surabaya, 2015.
- [35] R. Walidonna, "Desain Interior Coworking Space Dilo Surabaya Untuk Meningkatkan Produktifitas dan Inovasi Pengguna," dalam *Departmen Desain Interior Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November*, Surabaya, 2017.

-
- [36] Pengertian Kantor, Ruang Kantor, Ruangan Kerja, Ruangan Pertemuan, RUangan Pendukung,” 08 Mei 2021. [Online]. Available: <https://tamiandrn131.blogspot.com/2018/05/pengertian-kantor-ruangan-kantor.html>. [Diakses 03 01 2022].
- [37] Biro PEMKERSA Provinsi Banten, “Profil Kabupaten Tangerang,” [Online]. Available: <https://biropemerintahan.bantenprov.go.id/profil-kabupaten-tangerang>. [Diakses 10 11 2021].
- [38] KABUPATEN TANGERANG, PERATURAN DAERAH KABUPATEN TANGERANG NO 9 TAHUN 2006 TENTANG RENCANA TAPAK, TANGERANG: DEWAN PERWAKILAN RAKYAT DAERAH KABUPATEN TANGERANG DAN BUPATI TANGERANG, 2006

ANALISIS POLA OPERASI DAN OPTIMASI SARANA KERETA API BATUBARA TERHADAP PENAMBAHAN JALUR GANDA LINTAS PRABUMULIH – TARAHAH

Herawati Zetha Rahman¹, Azaria Andreas¹, Aditya Raul Al Hafid¹

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

Abstrak. Sumatra selatan merupakan wilayah penghasil batu bara dengan produksi 54 juta Ton/tahun dengan total pengiriman 21 Juta Ton/Tahun oleh PT. Bukit Asam menuju tarahan. Pada tahun 2027 akan ada penambahan jumlah pengiriman menuju Pelabuhan tarahan sebesar 45 Juta Ton karena pengembangan Pelabuhan tarahan. Pengiriman batubara dari tanjung enim baru hingga tarahan hanya tersedia menggunakan kereta api yang saat ini masih menggunakan jalur rel tunggal meskipun sebagian sudah dibangun jalur ganda. Untuk Memenuhi pertumbuhan pengiriman batu bara rencananya pemerintah akan membangun *Double Track* Rel Kereta Api Lintas Prabumulih-Tarahan. Sehingga tujuan dari tugas akhir ini adalah Menganalisis Pola Operasi Dan Optimasi Sarana Kereta Api Batubara Terhadap Penambahan Jalur Ganda Lintas Prabumulih – Tarahan, guna memberikan masukan terkait penambahan jadwal perjalanan dan penambahan sarana kereta api angkutan batubara. Penelitian ini menggunakan metode wawancara dan diskusi dengan PT. Bukit Asam sebagai pengguna kereta api angkutan batubara dan Balai Teknik Perkeretaapian Sumatera Selatan sebagai penyedia jasa angkutan kereta api angkutan batubara. Dari hasil analisis yang dilakukan didapat pola operasi rencana sebanyak 88 perjalanan pulang pergi keterta api angkutan batubara untuk target kenaikan pengiriman batubara PT. Bukit Asam sebesar 25 Juta Ton pada tahun 2026 dengan jumlah kenaikan 1 rangkaian Kereta/tahun hingga tahun 2026 dan kenaikan 16 Rangkaian Kereta pada tahun 2027 untuk target kenaikan pengiriman sebesar 45 Juta Ton untuk keberangkatan angkutan batubara dari tanjung enim baru menuju Pelabuhan Tarahan dan Pelabuhan tarahan 2 dengan optimasi total penambahan sarana sebanyak 32 Lokomotif dan 960 Gerbong Curah Terbuka pada tahun 2027.

Kata kunci - Pola Operasi, Optimasi Sarana, Kereta Angkutan Batubara

1. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia sedang gencar-gencarnya melakukan percepatan pembangunan infrastruktur, Pemerintah melakukan upaya percepatan proyek-proyek yang dianggap strategis dan memiliki urgensi tinggi untuk dapat direalisasikan dalam kurun waktu yang singkat.

Transportasi Logistik merupakan bidang aktivitas yang sangat krusial dalam kebutuhan masyarakat Indonesia. Pentingnya transportasi logistik bagi masyarakat Indonesia disebabkan oleh beberapa faktor antara lain, keadaan geografis Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau kecil dan besar, daerah yang berbukit dan perairan yang terdiri dari sebagian laut dan sungai yang memungkinkan pengangkutan logistik dilakukan melalui darat, perairan, dan udara guna untuk menjangkau seluruh wilayah Indonesia.

Sumatra selatan merupakan wilayah penghasil batu bara. Letak wilayah Sumatra selatan yang berbukit dan melewati banyak sungai besar membuat distribusi logistik cukup sulit dan memakan waktu cukup lama jika hanya menggunakan truk. Kereta api logistik merupakan salah satu infrastruktur yang menjadi solusi menunjang kemudahan dalam sistem distribusi batubara.

Kereta api merupakan moda transportasi darat berbasis jalan rel yang efisien dan efektif. Hal ini dibuktikan dengan daya angkutnya baik berupa penumpang ataupun barang yang lebih besar dibandingkan dengan moda transportasi darat lainnya. Begitu juga dengan biaya operasional kereta api relatif lebih hemat dibandingkan dengan moda transportasi darat lainnya. Dengan kelebihan-kelebihan tersebut, perkeretaapian di Indonesia seharusnya dapat lebih dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif solusi dalam distribusi logistik khususnya di wilayah Sumatra selatan.

Menurut Rencana Strategis Bidang Perkeretaapian tahun 2020-2024, Sektor Transportasi mempunyai prioritas perkuatan jalur logistik utama. kebijakan pembangunan transportasi nasional wajib diarahkan supaya bisa merefleksikan & mengimplementasikan prioritas pembangunan transportasi khususnya merajut konektivitas antar daerah menjadi upaya perkuatan jalur logistik utama.

PT. Bukit Asam Tbk. merupakan perusahaan dengan pengiriman batubara terbesar dari tanjung enim baru menuju kertapati dan dari tanjung enim baru menuju tarahan. PT. Bukit Asam Tbk. memproduksi batu bara dengan nilai produksi 54 juta Ton/tahun dengan total pengiriman 25,42 Juta Ton/Tahun. Pada tahun 2027 akan ada penambahan jumlah pengiriman menuju Pelabuhan tarahan sebesar 20 Juta Ton. Sehingga diprediksi 10 tahun kedepan Kereta Api Logistik tidak sanggup memenuhi kebutuhan yang terus bertambah serta hanya satu-satunya angkutan batubara yang tersedia

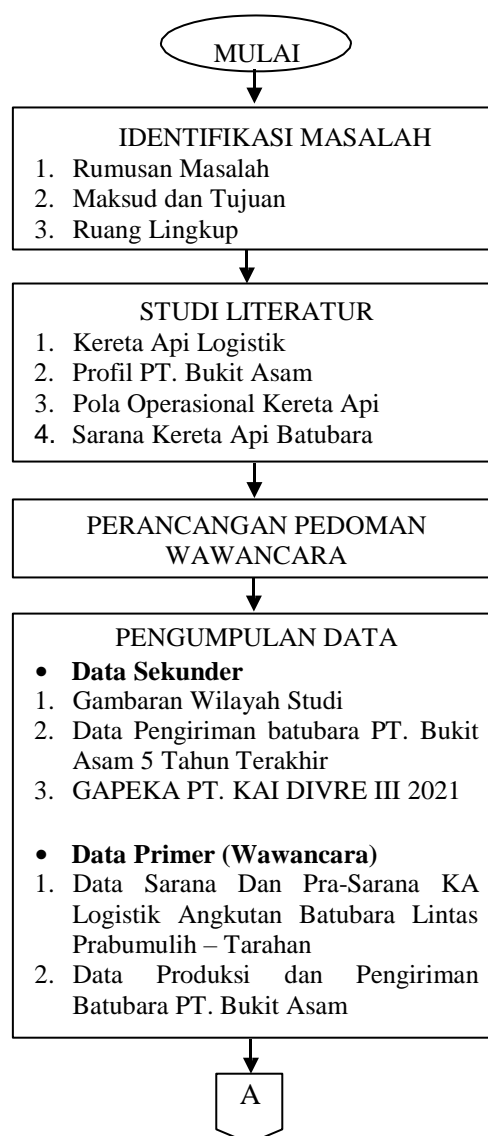
untuk pengiriman menuju PLTU Untuk pembangkit Listrik dan Pelabuhan Tarahan yang di Ekspor dari PT. Bukit Asam. Untuk Memenuhi pertumbuhan pengiriman batu bara rencananya pemerintah akan membangun *Double Track* Rel Kereta Api Lintas Prabumulih-Tarahan.

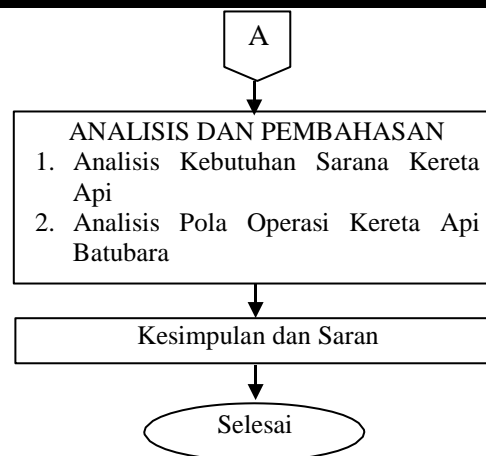
Berangkat dari permasalahan yang telah diuraikan diatas, penelitian ini bertujuan untuk melakukan Analisis Pola Operasi Dan Sarana Kereta Api Batubara Terhadap Penambahan Jalur Ganda Lintas Prabumulih – Tarahan

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Metode Kualitatif. Metode kualitatif dipilih agar penelitian ini berjalan dengan sistematis, terencana dan terstruktur. Menurut M. Mundir (2013) Penelitian Kualitatif, merupakan penelitian yang membutuhkan data dalam bentuk informasi, komentar, pendapat atau kalimat.

Dalam melaksanakan suatu penelitian, peneliti membutuhkan tahapan untuk mengerjakan hingga mencapai maksud dan tujuan yang diinginkan, dimana tahapan tersebut mencakup seluruh proses yang terlibat dalam penyusunan penelitian ini. Diagram Alir Penelitian menjelaskan tentang tahapan/proses penelitian dari awal hingga penelitian selesai. Berikut Bagan Alur Penelitian yang akan digunakan sebagai acuan tahapan penelitian ini.





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengambilan Data pada penelitian ini menggunakan diambil dengan metode wawancara menggunakan Teknik Wawancara Mendalam (*In-Depth Interview*) ini didasarkan pada laporan pribadi atau setidaknya menuat pengetahuan dan keyakinan pribadi.

Wawancara mendalam (*In-Depth Interview*), dimana menurut Pujileksono (2015) teknik pengumpulan data melalui wawancara mendalam (*In-Depth Interview*) merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui tanya jawab secara lisan dan langsung dengan sumber data atau subjek dalam penelitian. Wawancara tersebut dilakukan secara Online melalui Aplikasi Zoom kemudian pertanyaan diajukan dengan menggunakan pedoman wawancara yang telah dibuat sebelumnya oleh peneliti, lalu direkam menggunakan bantuan aplikasi perekam layar komputer untuk memastikan data yang terkumpul selama wawancara lengkap dan tidak terpotong-potong.

Adapun responden wawancara pada penelitian ini yaitu PT. Bukit Asam Tbk Sebagai satu-satunya Pengguna dalam pengiriman batubara menggunakan kereta api menuju Pelabuhan tarahan dan Balai Teknik Perkeretaapian Sumatera Bagian Selatan selaku pengelola dan pengatur sarana dan prasarana perkeretaapian di wilayah sumatera selatan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisa Sarana Angkutan Batubara

Dalam pengiriman batubara menggunakan Kereta Api Logistik, sarana yang digunakan hanya berupa lokomotif dan gerbong barang, karena rangkaian kereta ini khusus direncanakan untuk mengangkut batubara dan tidak mengangkut penumpang. Kereta api yang digunakan untuk angkutan batubara dengan relasi Tanjung Enim Baru menuju Tarahan adalah Rangkaian KA BABARANJANG dengan nama sesuai Gapeka adalah KA BARATARAHAN, Pada Tabel 1 merupakan Spesifikasi Rangkaian Kereta Api Angkutan Batubara yang digunakan.

Tabel 1. Spesifikasi Rangkaian Kereta Api Batubara Rangkaian Panjang

No.	Jenis	Jumlah Unit	Kapasitas	Kecepatan Maks
1	Lokomotif CC 205	2 Unit	2X2000HP	80 Km/jam
2	Gerbong Terbuka (KKBW)	60 Unit	60X5 Ton	80 Km/jam

Sumber : PT. KAI dan PT. INKA

b. Perhitungan Rencana Jumlah Angkutan

Target jumlah angkutan adalah rencana jumlah produksi yang harus terangkut sesuai dengan tahun pengiriman yang ditinjau, yaitu target tahun 2022-2026 ditambah Target 2027-2059. Besarnya target jumlah angkutan dihitung dengan menggunakan kenaikan pengiriman dari tahun 2021-2026 sebesar 20% dari rencana pengiriman 25 juta ton pada tahun 2022-2026 kemudian ditambah 44% dari peningkatan 2026-2027 sebesar 20 Juta karena penambahan kapasitas Pelabuhan tarahan, sehingga target jumlah angkutan menjadi 28 rangkaian naik 20% dari rangkaian saat ini sebesar 23 rangkaian dengan total kenaikan 5 Rangkaian Kereta Api ditambah 44 % dari angkutan 2026 yaitu 28 rangkaian menjadi 40 rangkaian pada tahun 2027-2059. Target jumlah angkutan Kereta api batubara dari tanjung enim baru menuju tarahan dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 2. Rencana Jumlah Angkutan Batubara 2021-2059

Angkutan Batubara (Rangkaian KA Baratahan)	Tahun Pengiriman						
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027-2059
Pelabuhan Tarahan	23	24	25	26	27	28	28
Pelabuhan Tarahan 2	-	-	-	-	-	-	12
Total Rangkaian	23	24	25	26	27	28	40

Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2022

c. Hari Kerja Efektif

Hari kerja efektif digunakan untuk mengetahui jumlah hari kerja dalam 1 tahun untuk memastikan jumlah kereta api angkutan batubara yang beroperasi. Perhitungan dilakukan untuk tiap tahun produksi yang akan ditinjau pada tahun produksi 2023 hingga 2027 yang dianggap datar jika tidak ada kenaikan maupun penurunan jumlah pengiriman hingga tahun 2059. Hari kerja efektif dianalisis berdasarkan data primer yang didapat dari laporan akhir proyek jalur ganda Prabumulih - Tarahan oleh Direktorat Jendral Perkeretaapian. Hari kerja efektif dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hari Kerja Efektif

No.	Hari Kerja	Satuan	Hari Kerja Efektif (Tahun)
1	Hari Kalender	Hari	365
2	Hari libur setahun	Hari	24
3	Hari kerja per tahun	Hari	341
4	Jam kerja per hari	Jam	8
5	Jam kerja per tahun	Jam	2.728

Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2022

d. Frekuensi Perjalanan Kereta Api

Setelah menghitung target jumlah angkutan dan hari kerja efektif kemudian menghitung kebutuhan kapasitas daya angkut batubara per tahun yang besarnya sama dengan target jumlah angkutan / hari kerja efektif. Dapat dilihat hasil dari Perhitungan target per hari dalam satu tahun pada proyeksi pengiriman angkutan batubara tahun 2023 hingga tahun 2059 pada tabel 4

Tabel 4. Kebutuhan Kapasitas Angkut Kereta Api

No.	Tahun Pengiriman	Target Jumlah Angkutan	Hari Kerja Efektif	Kebutuhan Daya Angkut (Ton/Hari)
1	2023	25	341	60.361
2	2024	26	341	63.072
3	2025	27	341	65.783
4	2026	28	341	68.493
5	2027-2059	40	341	123.288

Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2022

Pada tabel 4 diperoleh jumlah kapasitas kebutuhan angkutan batubara perhari, Maka frekuensi muatan yang akan diperlukan menggunakan rangkaian kereta api Baratarahan dengan spesifikasi yang dijelaskan pada Tabel 4.2. sehingga frekuensi kereta api dapat dihitung dengan kebutuhan kapasitas angkut dibagi dengan kapasitas angkut rangkaian. Kebutuhan Frekuensi Kereta Api dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan Frekuensi Kereta Api

No.	Tahun Pengiriman	Kebutuhan Daya Angkut (Ton/Hari)	Kapasitas Angkut 1 Rangkaian (Ton)	Kebutuhan Frekuensi Kereta (KA/hari)
1	2023	60.361	3000	20
2	2024	63.072	3000	21
3	2025	65.783	3000	22
4	2026	68.493	3000	23
5	2027-2059	123.288	3000	41

Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2022

e. Penentuan Headway

Headway merupakan selisih waktu antara keberangkatan satu kereta dengan kereta berikutnya. Pengangkutan batubara berlangsung menerus selama 24 jam, sehingga waktu headway dapat ditentukan dari pembagian waktu pengangkutan dengan jumlah kereta rencana. Nilai *headway* tersebut merupakan nilai maksimum yang tidak boleh terlewat atau melebihi agar waktu pelayanan angkutan kereta api yang diinginkan masih dapat dipertahankan. Penentuan nilai headway maksimum menggunakan anggapan nilai distribusi *headway* yang sama selama 24 jam per hari. Nilai *headway* maksimum dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 6. Nilai Headway Maksimum

No.	Tahun Pengiriman	Kebutuhan Frekuensi Kereta Api (KA/hari)	Headway Maksimum (Menint)
1	2023	20	72
2	2024	21	68
3	2025	22	66
4	2026	23	63
5	2027-2059	41	35

Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2022

f. Perjalanan Kereta Api

Perjalanan Kereta Api yang ditinjau merupakan rangkaian kereta api baratarahan yang memulai perjalanan dengan keberangkatan setelah mengisi muatan batubara menggunakan *Train Loading Station* (TLS) PT. Bukit Asam yang berlokasi di Tanjung Enim Baru menuju Tempat bongkar muatan Menggunakan *Rotary Car Dumper* (RCD) Di *Stockpile* Pelabuhan Tarahan. Berikut merupakan perhitungan waktu perjalan kereta api dari tanjung enim baru hingga tarahan.

$$T = \frac{D}{S} \times 60 \quad (1)$$

$$T = \frac{410}{80} \times 60$$

$$T = 307,5 \text{ Menit}$$

Dimana :

 T = Waktu Tempuh (*Time*)

 D = Jarak (*Distance*)

S = Kecepatan (*Speed*)

60 = Dalam Satuan Menit

Perhitungan dilakukan dari titik masuk TLS hingga titik masuk *Stockpile* dengan panjang jalan rel 410 Km. Proses setelah titik masuk kedua tempat tersebut dinyatakan sebagai waktu muat di TLS dan waktu bongkar di *stockpile* Pelabuhan Tarahan. Panjang keseluruhan rel kereta api yang sudah *double track* termasuk dalam sistem TLS menuju *Stockpile* adalah 410 Km. Proses muat batubara menggunakan Train Loading Station (TLS) menurut penelitian terdahulu selama 60 Menit. Kemudian didapat perhitungan waktu rencana perjalanan apabila jalur ganda sudah terhubung seluruhnya dengan rencana perjalanan selama 307,5 Menit perjalanan dari Tanjung Enim Baru hingga Tarahan dan proses pemongkaran di *stockpile* menggunakan *Rotary Car Dumper* (RCD) selama 120 Menit pembongkaran dari total gerbong rangkaian kereta api menurut wawancara dengan PT. Bukit Asam. Simpulan dari Total waktu Perjalan Kereta Api Baratarahan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 6. Waktu Perjalanan Kereta

No.	Waktu Perjalanan Kereta Api Baratarahan	Waktu <i>Loading-Trip-Unloading</i> (Menit)
1	Waktu Muat Batubara Di TLS	60
2	Waktu Perjalanan Kereta	307,5
3	Waktu Bongkar Batubara Di <i>Stockpile</i>	120

Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2022

g. *Optimasi Sarana Angkutan Batubara*

Setelah diketahui hasil pola operasi perjalanan yang direncanakan untuk proyeksi pengiriman hingga tahun 2059 dapat memenuhi pengiriman batubara dari PT. Bukit Asam Menuju Pelabuhan Tarahan, maka dari pola operasi tersebut dapat dihitung hasil produksi angkutan. Perhitungan produksi angkutan diperlukan agar target pengiriman per tahun yang direncanakan dapat direalisasikan. Optimasi Sarana angkutan batubara dihitung hanya pada hari efektif dengan perhitungan.

$$\text{Optimasi Sarana} = \text{Total Hari Efektif} \times \text{Kapasitas Rangkaian} \times \text{Frekuensi Perjalanan}$$

(2) Berikut merupakan hasil Optimasi Sarana angkutan batubara tahunan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Optimasi Sarana Angkutan Batubara Tahunan

No.	Tahun Pengiriman	Hari Kerja Efektif	Kapasitas Rangkaian (Ton)	Proyeksi Jumlah Angkutan KA Pengiriman Tahunan	Produksi Angkutan Tahunan	Kebutuhan Daya Angkut (Ton/Tahun)
1	2023	341	3000	25	25.575.000	22.031.863
2	2024	341	3000	26	26.598.000	23.021.242
3	2025	341	3000	27	27.621.000	24.010.621
4	2026	341	3000	28	28.644.000	25.000.000
5	2027-2059	341	3000	44	45.012.000	45.000.000

Sumber : Hasil Analisa Penulis

Dari Tabel 7 dapat disimpulkan bahwa pola operasi yang direncanakan dapat mengangkut rencana pengiriman batubara PT. Bukit Asam dengan frekuensi daya angkut 25 keberangkatan kereta per hari pada tahun 2023 dapat dimaksimalkan dari proyeksi jumlah angkutan saat ini, kemudian frekuensi ditingkatkan 1 keberangkatan kereta per hari pada tahun berikutnya hingga 2026. Pada tahun 2027 hingga tahun 2059 pola operasi yang diberlakukan kenaikan

frekuensi daya angkut sebanyak 16 keberangkatan kereta perhari untuk memenuhi produksi pengiriman 45 juta ton ke Pelabuhan tarahan dengan total frekuensi daya angkut sebanyak 41 Keberangkatan Kereta per hari.

h. Cek Kapasitas Lintas

Pemeriksaan kapasitas ini bertujuan untuk memeriksa jumlah frekuensi perjalanan dua arah yaitu kondisi pulang maupun pergi dengan kenaikan maksimal yang akan direncanakan hingga tahun 2027 dengan batas maksimal kapasitas lintas dari frekuensi perjalanan yang dapat ditampung pada ruas jalur ganda.

Pemeriksaan kapasitas lintas ini menggunakan pola operasi maksimal yang akan dioptimalisasi dengan peningkatan 1 perjalan pertahun pada tahun 2023 hingga 2026 dan meningkat 16 perjalan pada tahun 2027 karena

pengembangan kapasitas *stockpile* di Pelabuhan Tarahan dengan frekuensi 44 keberangkatan dan 44 kepulangan perjalanan kereta bermuatan batubara selama 24 jam. Maka dari itu frekuensi perjalanan pulang dan pergi terdapat 88 perjalanan.

Rumus kapasitas yang sesuai dengan keadaan jalur rel ganda dan rangkaian menggunakan rumus scott. Berikut ini merupakan perhitungan pemeriksaan kapasitas lintas jalur ganda dengan contoh perhitungan Tarahan hingga sukamenanti dan hasil dari perhitungan kapasitas lintas rata-rata pada kondisi jalur tunggal saat ini dan rencana jalur ganda tahun 2027 hingga 2029 dapat dilihat pada tabel 8 dan gambar 2 :

$$N = \frac{1440}{T+C1+C2} \times \eta \quad (2)$$

$$N = \frac{1440}{1,58+2+2,5} \times 0,7$$

$$= 182$$

Dimana :

N = Kapasitas Lintas

T = Waktu Tempuh (Menit)
= (Jarak/Kecepatan)x60

C1 = Waktu Pelayanan Blok Mekanik
= 2 Menit

C2 = Waktu Pelayanan Sinyal Mekanik
= 3,5 Menit

η = Faktor Efisiensi
= Sepur Tunggal = 0,6
= Sepur Ganda = 0.7

Tabel 8. *Kebutuhan Dan Kapasitas Lintas Kereta Api*

No.	Tahun Peng-iriman	Kebutuhan Frekuensi Kereta Api (KA/hari) PP	Kapasitas Jalur Rel Tunggal (KA/hari) PP	Kapasitas Jalur Rel Ganda (KA/hari) PP
1	2023	50	60	97
2	2024	52	60	97
3	2025	54	60	97
4	2026	56	60	97
5	2027-2059	88	60	97

Sumber : Hasil Analisa Penulis



Gambar 2. Grafik Kapasitas Lintas Jalur Kereta Api
Sumber : Hasil Analisa Penulis

Berdasarkan Tabel 8 kapasitas lintas pada jalur tunggal saat ini dengan jumlah frekuensi perjalanan pulang maupun pergi sebesar 48 kereta per hari masih dibawah kapasitas lintas jalur tunggal sebanyak 60 Lintas kereta per hari. Sehingga masih sanggup menampung angkutan batubara hingga 2026 dengan frekuensi perjalanan pulang maupun pergi sebesar 56 kereta per hari dan masih tersisa kapasitas lintas sebanyak 4 Lintas Pulang-pergi yang digunakan Kereta Api penumpang.

Untuk Rencana kapasitas lintas pada jalur ganda, jumlah frekuensi perjalanan pulang maupun pergi sebesar 88 kereta per hari masih dibawah kapasitas lintas jalur ganda sebanyak 97 Lintas kereta per hari. Maka pola operasi yang direncanakan pada jalur ganda dari Tanjung Enim Baru menuju Tarahan untuk mengangkut batubara dapat diterapkan dengan aman. Untuk grafik peningkatan ketersediaan kapasitas lintas jalur tunggal saat ini maupun rencana jalur ganda dapat dilihat pada Gambar 2.

i. Analisis Jumlah Sarana

Setelah didapat hasil frekuensi kenaikan jadwal keberangkatan kereta per tahun maka jumlah sarana yang dibutuhkan akan semakin meningkat agar pelaksanaan pengiriman batubara berjalan dengan baik. Penyediaan sarana untuk pengiriman batubara dari pemuatan di *Train Loading Station* (TLS) tanjung enim sampai dengan pembongkaran muatan di *stockpile* Pelabuhan Tarahan berupa penambahan lokomotif dan gerbong yang dilakukan bertahap sesuai target pengiriman tahunan.

Berikut hasil analisis terhadap kebutuhan Jumlah sarana lokomotif dan gerbong angkutan batubara dapat dilihat pada tabel 9 dan tabel 10

Tabel 9. Analisis Jumlah Sarana Gerbong

No.	Tahun Pengiriman	Kebutuhan Frekuensi Kereta Api (KA/hari)	Jumlah Penambahan Rangkaian Per Tahun (KA/Hari)	Jumlah Gerbong Per 1 Rangkaian	Jumlah Gerbong Digunakan Per Tahun	Jumlah Penambahan Gerbong Per Tahun
1	2023	25	1	60	1.500	60
2	2024	26	1	60	1.560	60
3	2025	27	1	60	1.620	60
4	2026	28	1	60	1.680	60
5	2027-2059	44	16	60	2.640	960

Sumber : Hasil Analisa Penulis

Tabel 10. Analisis Jumlah Sarana Lokomotif

No.	Tahun Pengiriman	Kebutuhan Frekuensi Kereta Api (KA/hari)	Jumlah Penambahan Rangkaian Per Tahun (KA/Hari)	Jumlah Lokomotif Per 1 Rangkaian	Jumlah Lokomotif Digunakan Per Tahun	Jumlah Penambahan Gerbong Per Tahun

1	2023	25	1	2	50	2
2	2024	26	1	2	52	2
3	2025	27	1	2	54	2
4	2026	28	1	2	56	2
5	2027-2059	44	16	2	88	32

Sumber : Hasil Analisa Penulis

j. Analisis Manfaat Dan Ekonomi Dengan Adanya Jalur Ganda Kereta Api

Dengan adanya Jalur ganda Lintas Tanjung Enim Baru – Tarahan Diharapkan memiliki nilai manfaat bagi masyarakat. Di samping itu, Pemerintah Daerah pun dapat merasakan manfaat dengan adanya pembangunan jalur ganda ini terutama di wilayah Sumatera Selatan yaitu dapat mengurangi kemacetan dan perbaikan jalan akibat truk-truk pengangkut batubara. Berikut ini merupakan analisis manfaat dan ekonomi dengan adanya jalur ganda kereta api dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Manfaat adanya Jalur Ganda Lintas Tanjung Enim Baru -Tarahan

No.	Bagi Masyarakat	Bagi PT. Bukit Asam dan Pemerintah	
		Tidak Ada Jalur Ganda	Adanya Jalur Ganda
A. Sumatera Selatan			
1	Jalan darat tidak dipenuhi truk angkutan batubara	Cepat Rusak. Menambah beban APBN/D karena perbaikan jalan	Meminimalisasi kerusakan jalan (angkutan truk batubara dipindahkan ke kereta. Dapat mengurangi beban APBN/D dalam perbaikan jalan
2	Tidak adanya <i>overloading</i>	Terjadi <i>overloading</i>	Terhindarkan
3	Tidak ada kemacetan akibat pengiriman batubara	Terjadi kemacetan karena antrian truk batubara	kemacetan karena truk angkutan batubara dapat dimimalisir dengan pengiriman menggunakan kereta api
4	Sangat Efisien untuk perjalanan menggunakan kereta api penumpang	Tidak efisien karena truk maksimal mengangkut 8 ton	Sangat efisien karena pada satu lokomotif dapat mengangkut minimal 60 gerbong dengan maksimal 30 ton
5	Biaya Perjalanan menggunakan kereta api jauh lebih murah	Biaya pengiriman jauh Lebih mahal yaitu 1000/ton-km	Biaya pengiriman jauh Lebih murah yaitu 650/ton-km
B. Lampung			
1	Terhindar dari Kemacetan akibat Kereta api batubara melintas di perlintasan kereta api	Tidak dapat dihindari karena saat kereta babaranjang melintasi Tanjung Karang akan terjadi penghentian kendaraan sepanjang 1 km	Akan terhindar dari kemacetan karena jalur kereta sudah dipindahkan dari Tegineneng ke Pidada tidak melewati Tanjung Karang
2	Meminimalisir dampak polusi kendaraan	Polusi dari debu batubara dapat terlihat dari atap-atap rumah yang berdekatan dengan rel kereta api di lintasan Tegineneng – Tanjung Karang karena batubara yang tidak ditutup akan menghasilkan debu yang tersebar di sepanjang jalur yang dilintasi oleh babaranjang	Akan terhindarkan polusi karena jalurnya sudah dipindahkan dari Tegineneng – Pidada tanpa melewati Tanjung Karang

Sumber : Hasil Analisis Penulis, 2022

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis perhitungan Pola Operasi dan Optimasi Sarana dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Untuk Pola operasi perjalanan kereta api maksimal terhadap penambahan kapasitas daya angkut proyeksi tahun 2023 hingga 2059 mempunyai karakteristik sebagai berikut:
 - Frekuensi keberangkatan sebanyak 25 kereta/hari dengan peningkatan 1 Rangkaian per tahun pada tahun 2023-2026 dan penambahan 16 Rangkaian menjadi 44 kereta/hari untuk tahun 2027-2059 karena pengembangan Pelabuhan tarahan
 - Headway maksimum keberangkatan selama 30 menit
 - Kapasitas angkut per rangkaian maksimal sebanyak 3.000 ton
 - Waktu Perjalanan yang ditempuh kereta angkutan batubara dari Tanjung Enim Baru hingga Tarahan Selama 307,50 menit
 - Kapasitas lintas jalur ganda Tanjung Enim Baru hingga Tarahan diketahui sebanyak 95 Lintas Kereta per Hari sehingga dapat menampung pola operasi yang direncanakan sebanyak 88 Lintas Kereta per hari untuk mengangkut batubara dapat diterapkan dengan aman.
 - Produksi angkutan pengiriman harian sebesar 60.361 ton pada tahun 2023 dengan peningkatan pengiriman sebesar 2.711 Ton per hari pada tahun berikutnya hingga tahun 2026 kemudian ditingkatkan lagi pada tahun 2027 dengan pengiriman sebesar 123.288 Ton per hari dan dianggap datar hingga tahun 2059 bila tidak ada peningkatan maupun pengurangan produksi angkutan pengiriman
 - Produksi angkutan pengiriman tahunan sebesar 22.031.863 pada tahun 2023 dengan peningkatan angkutan 989.379 per tahun hingga mencapai target 25 Juta Ton pada tahun 2026 dan ditingkatkan 45 juta ton pada tahun 2027-2059.
2. Optimasi sarana penambahan rangkaian kereta api terhadap penambahan kapasitas daya angkut proyeksi tahun 2023 hingga 2059. Peningkatan sarana yang dilakukan berupa penambahan lokomotif dan gerbong curah terbuka angkutan batubara. karakteristik optimasi sarana sebagai berikut :
 - Penambahan Gerbong sebanyak 60 Gerbong/Tahun pada tahun 2023-2026 dan penambahan 960 Gerbong pada Tahun pada tahun 2027
 - Penambahan Lokomotif sebanyak 2 Lokomotif/Tahun pada tahun 2023-2026 dan penambahan 32 Lokomotif pada Tahun pada tahun 2027

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Ibu saya Khotijah, kakak Arga dan Adik Nisyam yang sudah setia memberikan doa, memotivasi, memberikan dukungan baik moril maupun materil dan Alm. Ayah saya Jayadi yang menjadi figur teladan untuk penulis agar selalu semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Mba Dr. Herawati Zetha Rahman, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah sangat membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini atas keikhlasan dalam membimbing, memberikan ilmu dan nasihat, serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Azaria Andreas, S.T., M.T selaku dosen yang telah membantu penulis dalam Menyelesaikan Tugas Akhir ini atas kesabaran dalam membimbing, memberikan ilmu dan nasihat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Mas Salman, Mas Lero dan Atika sebagai rekan-rekan karyawan PT. Kreasi Pola Utama yang sudah membantu dan memfasilitasi penulis dalam pengambilan data.
5. Balai Teknik Perkeretaapian Sumatera Bagian Selatan dan PT. Bukit Asam Tbk. yang telah memberikan data dan informasi yang dibutuhkan dalam penelitian ini
6. Teman-teman yang memberikan perhatian, dukungan dan doa kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Pasyimi and U. B. Hatta, *Batubara (jilid 1)*, no. October 2008. 2020.
- [2] PT. Bukit Asam, "Annual Report PT. Bukit Asam Tahun 2021," *New Companion to Urban Des.*, pp. 371–372, 2022, doi: 10.4324/9781315556642-17.
- [3] PT. Kereta Api Indonesia, "Jadwal Perjalanan Kereta Api (GAPEKA) 2021," *Ppid Pt Kai*, 2021, [Online]. Available: <https://ppid.kai.id/layanan-berkala-view?tokenizer=ODU=>.

-
- [4] A. J. Perdani, "Optimasi Pola Operasi Perjalanan Kereta Api Angkutan Batubara Di Sumatra Selatan," no. February, 2010.
- [5] Tim Prima Pena, *Kamus besar bahasa Indonesia*. 2015.
- [6] M. Mundir, *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Jember, 2013.
- [7] Pujileksono, *Metode Penelitian Komunikasi Kualitatif*. Malang: Kelompok Intrans Publishing, 2015.
- [8] M. S. Hardani, S.Pd., G. C. B. Nur Hikmatul Auliya, and Dkk, *METODE PENELITIAN KUALITATIF & KUANTITATIF*. Yogyakarta: CV. Pustaka Ilmu Group Yogyakarta, 2020.
- [9] prof. dr. sugiyono, *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: ALFABETA.CV, 2010. [10] I. Pratiwi, "Analisis Tingkat Halangan Produktivitas TLS II DI PT. Bukit Asam (PERSERO) TBK," *J. Ind. Serv.*, vol. 3, no. 1a, pp. 113–118, 2017.
- [10] PT. Kereta Api Logistik, "Laporan Tahunan Tahun 2020," 2020.

Bobupot Sebagai Inovasi Kreatif pada Industri Pot Tanaman Sistem Pengairan Mandiri dengan Materi *Plas-Chamois*

Anddys Firstanty¹, Irina Mildawani^{2*}

¹Jurusan Arsitektur, Interior dan Industri Kreatif, Universitas Ciputra, Surabaya

²Program Magister Arsitektur, Universitas Gunadarma, Jakarta

Abstrak. Bobupot adalah pot media tanaman baru berbentuk bola tanpa lubang di bawahnya, yang memiliki kemampuan penyiraman air mandiri. Alasnya berbentuk cincin seperti donut, dapat diputar sampai 360 ° dan menjadi cara baru yang kreatif dalam penataan interior bergaya hidup hijau (*green interior*). Sistem penyiraman mandiri merupakan cara berkelanjutan untuk menghemat air dan hanya memerlukan sedikit perawatan bagi berbagai jenis tanaman, sehingga menjadi solusi bagi penduduk kota yang sibuk dan kurang waktu untuk menyiram tanaman pot di dalam rumah. Bobupot adalah inovasi sistem penyiraman mandiri berbeda dengan sistem kain flannel, ban, atau bahan kain yang biasanya menimbulkan bau dan berlumut jika dipakai dalam jangka waktu panjang. *Plas-chamois* merupakan bahan sintesis bersifat menyerap air seperti handuk mikrofiber yang tidak meninggalkan air setetes pun dan dapat bertahan beberapa tahun. Material *plas-chamois* dipakai untuk menggantikan sistem sumbu dalam Bobupot. Setelah pengamatan dua tahun, ternyata *Plas-chamois* dapat digunakan tanpa bau dan lumut. Bobupot juga merupakan solusi media pot tanpa mengundang jentik nyamuk, dapat digunakan untuk tanaman apa saja, organik hingga hidroponik, kering hingga basah. *Cocopeat* (bubuk kelapa) dan kulit padi dikenal sebagai media tanam, namun dalam konsep *planter* baru ini, digunakan sebagai tekstur luar Bobupot. Pada dimensi yang sama dengan batu dan gerabah atau bahan alam lainnya, Bobupot lebih ringan sehingga mudah dipindahkan dan menghadirkan gaya alami hijau yang kreatif bagi penghuni perkotaan.

Kata kunci—*Bobupot; inovasi; green-interior; planter; plas-chamois.*

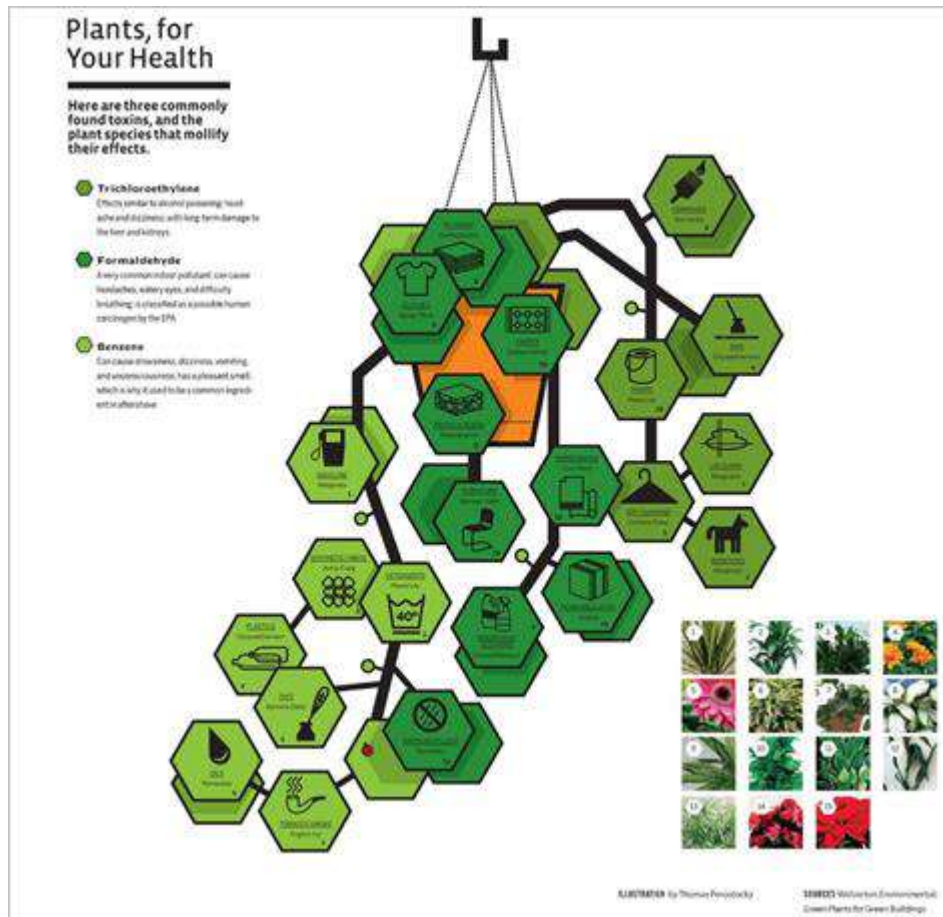
1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim dan suhu global sudah menjadi perhatian dunia saat ini. Suhu bumi telah meningkat sebesar 0,08° Celcius per dekade sejak 1880, tetapi tingkat pemanasan sejak 1981 lebih dari dua kali lipat: 0,18° C per dekade. [1] Hal ini berpengaruh di banyak sektor termasuk arsitektur, baik eksterior maupun interior. Di daerah perkotaan bahkan suhu udara meningkat lebih tinggi daripada daerah pedesaan di sekitarnya. Pulau panas perkotaan tercipta karena tutupan lahan perkotaan berubah dari pepohonan dan vegetasi menjadi bangunan dan infrastruktur perkotaan penyerap panas lainnya. Saat suhu di luar semakin tinggi, suhu di dalam ruangan juga meningkat. Untuk mencegahnya, penduduk kota menutup jendela dan menggunakan AC untuk mendinginkan suasana dalam ruangan untuk mencapai kenyamanan tubuh [2]. Di sisi lain, karena jalan sirkulasi udara terhambat karena situasi ini, kualitas lingkungan dalam ruangan menurun dan dapat menyebabkan banyak masalah kesehatan, seperti yang diketahui fenomena *Sick Building Syndrome*. Berdasarkan EPA (U.S. *Environmental Protection Agency*), situasi *Sick Building Syndrome* adalah situasi di mana penghuni gedung mengalami efek penurunan kesehatan dan kenyamanan akut yang tampaknya terkait dengan waktu yang dihabiskan di gedung, tetapi tidak ada penyakit atau penyebab spesifik yang dapat diidentifikasi. Penghijauan interior bangunan dapat berkontribusi pada kesejahteraan penghuninya, yaitu dengan cara meningkatkan kualitas udara dalam ruangan. Di dunia saat ini, orang menghabiskan rata-rata 80% - 90% waktu mereka di dalam ruangan; akibatnya, risiko terhadap kesehatan mungkin lebih besar karena polusi udara dalam ruangan daripada polusi udara luar ruangan. Tanaman ternyata menyediakan cara alami untuk mengurangi *Sick Building Syndrome* [3]. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa tanaman dalam ruang publik dapat menjadi alternatif yang berharga untuk menghindari peningkatan polusi udara dalam ruangan dengan cara membersihkan udara di dalam bangunan melalui biofiltrasi dan fitoremediasi [4]. Fitoremediasi adalah penggunaan tanaman untuk menghilangkan polutan dari udara, air dan tanah. Tumbuhan terbukti mampu menyerap polutan udara melalui stomata mereka selama pertukaran gas normal [5].

* Corresponding author: irinamtoha58@gmail.com

2. PERNYATAAN MASALAH

Dari pendahuluan di atas, peneliti menemukan bahwa banyak koresponden mengalami berbagai masalah untuk membawa tanaman ke dalam rumahnya sebagai hiasan atau untuk memperbaiki kualitas udara di dalam bangunan sehingga membutuhkan cara alternatif pot tanaman sebagai media tanaman pengisi interior bangunan yang tepat untuk gaya hidup hijau (*green lifestyle*). Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan dan memecahkan cara perawatan yang mudah dan nyaman untuk menempatkan tanaman di dalam ruangan agar mudah dipasang dan dipelihara.



Gambar 1. Tanaman dan kesehatan

3. METODE

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian kualitatif dengan jumlah responden 27 orang dari berbagai latar belakang yang beragam di seluruh Indonesia. Tujuan penulisan ini adalah memberikan deskripsi tentang salah satu solusi masalah kualitas lingkungan interior bangunan yaitu dengan menggunakan Bobupot sebagai inovasi kreatif pada industri pot tanaman sistem pengairan mandiri dengan materi *plas-chamois*.

4. TINJAUAN PUSTAKA

Desain *biophilic* mengacu pada hipotesis bahwa ada hubungan bawaan manusia dengan alam dan proses alam dan bahwa pemenuhan hubungan ini meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan di ruang yang kita huni [6-8]. Desain biofilik mengikat kebutuhan kita untuk terhubung dengan alam di lingkungan binaan modern kita. Berkaitan dengan hal tersebut, Belajar dari alam dengan meniru alam merupakan salah satu pendekatan untuk mempererat hubungan manusia dengan alam.

Biomimetika adalah bidang ilmu di mana inspirasi diperoleh dari alam untuk merancang bahan dan sistem praktis yang dapat meniru struktur dan fungsi biologis asli. Kasus yang berkaitan dengan hal ini adalah kita melihat tumbuhan menggunakan akar untuk menyerap air, bukan daun, dan mengangkutnya ke bagian tumbuhan yang lain. Hal ini mengingatkan kita bahwa penyiraman tidak selalu dari atas daun, langsung ke

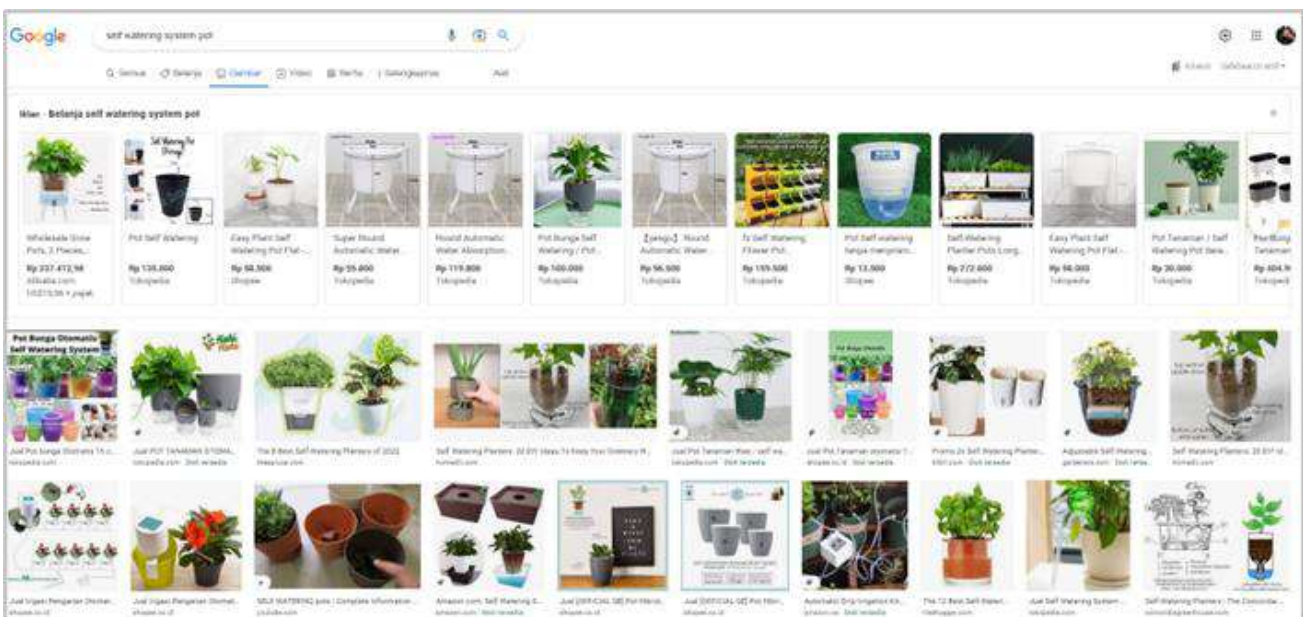
batang, tetapi bisa dari sisi lain tanah, tanah akan menyerapnya, dan kemudian tanah cukup air untuk diserap oleh akar tanaman.

Self Watering System adalah cara penyiraman secara otomatis baik secara pasif maupun dengan listrik. Sistem penyiraman sendiri juga digunakan untuk menyiram tanaman terutama di daerah perkotaan atau daerah gersang karena banyak manfaat dari sistem ini, seperti: mempersingkat atau mempersingkat waktu penyiraman. Lapisan tanah biasanya menyediakan air, nutrisi dan media untuk perakaran tanaman. Aliran air mempengaruhi kohesi, kekuatan agregat, aerasi dan suhu tanah, yang semuanya mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Akar tanaman dapat menyerap air dan unsur hara. Air menghilang ke atmosfer sebagai uap oleh efek transpirasi. Air menghilang ke atmosfer sebagai uap oleh efek transpirasi. Akhirnya, aliran air dan nutrisi terbentuk dari tanah ke akar [9].

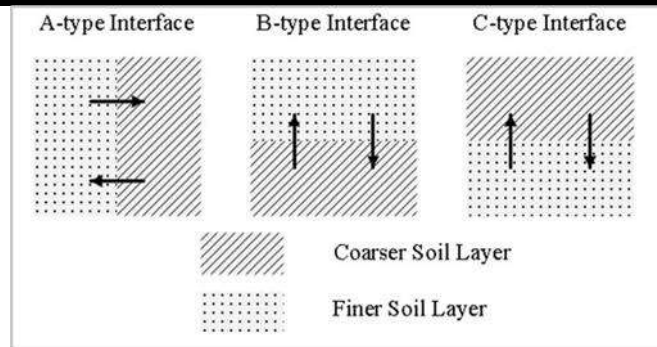
Tanaman membutuhkan cahaya. Kloroplas tanaman mengubah karbon dioksida dan air menjadi bahan organik dan oksigen menggunakan energi matahari. Cahaya tidak hanya menyediakan energi untuk fotosintesis, tetapi juga merupakan faktor lingkungan yang penting karena intensitas cahaya dan kualitas spektral menunjukkan variasi temporal dan spasial. Cahaya merupakan faktor penting yang mempengaruhi perkembangan dan morfologi tanaman [10-12]. Namun, di lingkungan dalam ruangan, karena penghalang jendela, ruang dan posisi, cahaya alami seringkali tidak cukup untuk pertumbuhan tanaman yang optimal. Sumber cahaya buatan ditambahkan dalam budidaya fasilitas terkontrol untuk mempromosikan hasil tinggi dan produk berkualitas [13-15].

Penyiraman Tanaman Secara Tradisional pada Waktu yang Tetap Mungkin Tidak Ideal

Metode tradisional menyiram tanaman Anda pada waktu yang tetap mungkin sebenarnya bukan yang terbaik. Bahkan, menyiram tanaman Anda dengan jadwal tetap seperti setiap hari, setiap hari atau setiap minggu dapat menyebabkan tanaman Anda terendam air atau terlalu banyak air. Hal ini karena metode penyiraman ini sebenarnya tidak memberikan air pada tanaman saat mereka membutuhkannya. Frekuensi penyiraman harus didasarkan pada saat tanaman membutuhkannya lebih baik daripada jadwal rutin [16].



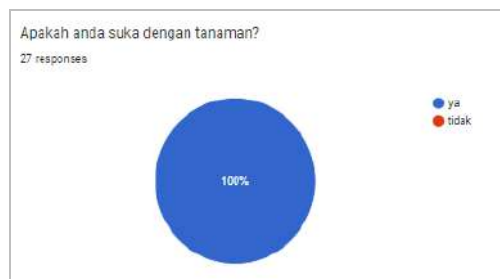
Gambar 2. Pot Tanaman dengan sistem pengairan mandiri yang ada pada saat ini



Gambar 3. Kemungkinan antar-muka sistem pengairan mandiri [10]

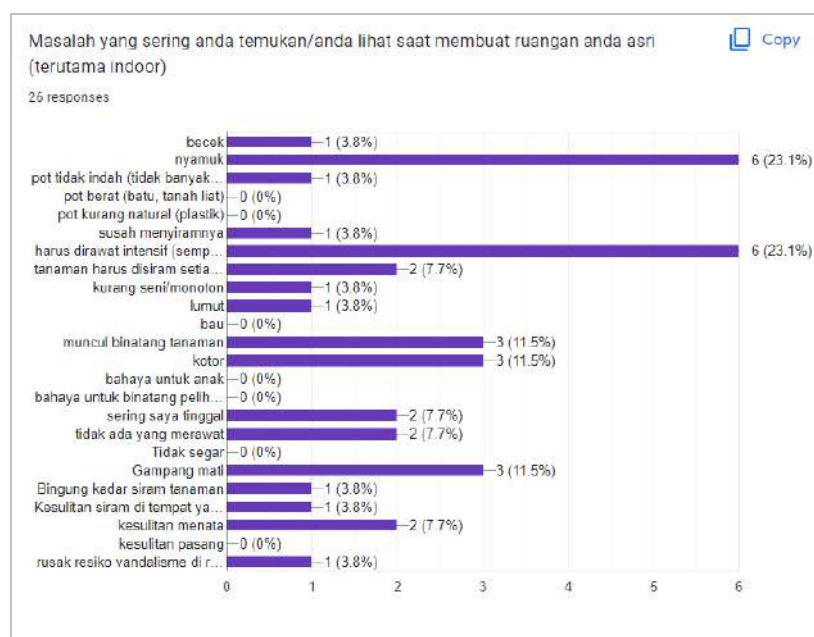
5. HASIL PEMBAHASAN

Hasilnya ternyata menunjukkan bahwa tumbuhan, merupakan bahan alam yang disukai sebagian besar manusia. Dari 27 Koresponden di Indonesia dari latar belakang yang berbeda, ditemukan bahwa 100% responden mengatakan bahwa mereka cinta dengan tanaman (lihat gambar 4).



Gambar 4. Seluruh responden menyukai tanaman

Akan tetapi di lain pihak, kebanyakan dari responden merasa khawatir untuk menanam tanaman di dalam rumahnya karena berbagai faktor. Jawaban yang paling banyak tentang alasan kekhawatiran responden adalah antara lain: (1) Licin, (2) Nyamuk, (3) Wadah tanaman tidak banyak variasi, (4) Wadah/Pot Tanaman Berat, (5) Sulit disiram, (6) Perawatan intensif (pemotongan, pemindahan pot, penyiraman, dll), (7) Perawatan harian, (8) Monoton, (9) Hewan, (10) Kotor, (11) Sibuk, (12) Tanaman Selalu mati, (13) Susah disiram terutama di tempat yang lebih tinggi, (14) Susah penempatannya, (15) Vandalisme (lihat gambar 5).



Gambar 5. Alasan responden khawatir menempatkan tanaman di dalam rumah (interior lanskap)

6. BOBUPOT

Bobupot berasal dari singkatan ‘Bola Tumbuh Pot’ yang berarti ‘Pot Tumbuh Bentuk Bola’. Pot tempat tanaman (*planter*) ini memiliki bentuk bola dengan tekstur alami, inovasi sistem penyiraman sendiri dengan penyerap *plas-chamois*. Bobupot dapat diletakkan berdiri di atas Ring seperti bentuk donut, dan BOBUPOT™ dapat diatur posisinya ke semua arah sampai dengan sudut 360°. Hal ini dapat memperluas jangka waktu penyiraman jika posisi tanaman dan pot menghadap matahari atau dekat jendela [16]. Bobupot juga hemat air dan mudah perawatannya. Bobupot cocok untuk ditanami semua tanaman, dari organik hingga hidroponik.



Gambar 6. Posisi Bobupot

Bobupot memungkinkan pengguna untuk menanam tanaman di dalam ruangan dengan beragam posisi, baik posisi digantung di atas (gambar kiri) atau rangkaian posisi di sudut bawah ruangan (gambar kanan)

Desainnya terinspirasi dari alam, dengan tekstur penutupnya meniru tekstur alam (batang) dan tumbuhan alam (tanaman). Dengan teksturnya yang terbuat dari serbuk kelapa dan kulit padi, Bobupot terlihat lebih alami di dalam ruangan sebagai pendamping ideal interior rumah yang bergaya alami. Bobupot terutama menggunakan bahan alami lokal yaitu *cocopeat* dan sekam. Alternatif baru bahan baku pot ini melimpah namun belum digunakan secara maksimal di Indonesia dan global. Dengan demikian Bobupot memecahkan solusi lingkungan dengan cara sebagai berikut: (1) sedikit jentik nyamuk karena tidak ada perairan terbuka yang menarik nyamuk untuk bertelur, (2) ringan, (3) menggunakan bahan HDPE dan nomor daur ulang #2, sehingga diterima di sebagian besar pusat daur ulang di dunia. (4) Terobosan, (5) bahan inovasi, menggunakan *Plas-Chamois* sebagai penyerap. Bahan ini telah diuji dan ternyata lebih tahan lama dan tidak berbau. (6) Dengan bentuk bola dan berdiri di atas ring, Bobupot dapat diputar untuk menangkap cahaya dalam ruangan yang disesuaikan dengan posisi tanaman, serta posisi penyiraman.

7. KESIMPULAN

Sebagai pot media tanaman, Bobupot adalah konsep baru dengan sistem penyiraman mandiri dan merupakan alternatif untuk memecahkan berbagai masalah lingkungan di dalam ruangan sebagai bagian dari lanskap interior. Dengan inovasi yang menggunakan material *plas-chamois* sebagai sumbu penyiraman mandiri, maka keunikan dan fleksibilitas Bobupot dapat membantu penggunaannya untuk menanam tanaman untuk pelengkap estetika interior di dalam rumah dengan mudah dan perawatan yang minimal. Penggunaan material baru *plas-chamois* masih dapat dikembangkan untuk inovasi ke depannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Climate change; Global temperature, <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature#related-content> [accessed July 18, 2022]
- [2] G. Lewis. *The Dehumidification Handbook*. Amesbury: Munters Corporation: Dehumidification Division (2002).
- [3] Indoor Air Facts No. 4 (revised) *Sick Building Syndrome*, <https://www.epa.gov/>[accessed July 10, 2022]
- [4] M. Davis, S. Hirmer, *The Potential for Vertical Gardens as Evaporative Coolers: An adaptation of the 'Penman Monteith Equation'*. Elsevier, *Building and Environment*, 135–141(2015).
- [5] T. Fjeld, *The Effect of Interior Planting on Health and Discomfort among Workers and School Children*. HorTechnology, 46–52(2000).
- [6] B. Wolverton. *Interior Landscape Plants for indoor Air Pollution Abatement*. NASA (1989).
- [7] S. Kellert, J. Heerwagen, M. Mador. *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*. DOI:10.5860/choice.47-0092. (2011). [accessed July 20, 2022]
- [8] S. R. Kellert, E. F. Calabrese. *The Practice of Biophilic Design*. info@biophilic-design.com [accessed July 25, 2022]
- [9] S.R. Kellert, dan E.O. Wilson. *The Biophilia Hypothesis*. Island Press, Washington DC. (1993)
- [10] L. Qiang, Y. Noriyuki, O. Kiyoshi. *Self-watering system for arid area: A method to combat desertification*. www.sciencedirect.com (2017) [accessed July 12th 2022]
- [11] O.V. Avercheva, Y.A. Berkovich, A.N. Erokhin, T.V. Zhigalova, S.I. Pogosyan, S.O. Smolyanina, *Growth and photosynthesis of Chinese cabbage plants grown under light emitting diode based light source*. Russ J. Plant Physiol, **56**:14-21(2009).
- [12] Lee, Y.J., P.A. Matral, A.M. Friedrichs, V.S. Saba, O. Aumont, M. Babin, E. Buitenhuis, M. Chevallier, L. de Mora, M. Dessert, D. Feldman, R. Frouin, M. Gehlen, T. Gorgues, T. Ilyina, M. Jin, J. John, J. Lawrence, C. Perruche, V. Le Fouest, E. Popova, A. Romanou, A. Samuelson, J. Schwinger, R. Séférian, C. Stock, J. Tjiputra, B. Tremblay, K. Ueyoshi, M. Vichi, A. Yool, and J. Zhang, *Net primary productivity estimates and environmental variables in the Arctic Ocean: An assessment of coupled physical-biogeochemical models*. *J. Geophys. Res. Oceans*, **121**, no. 12, 8635-8669, (2016). doi:10.1002/2016JC011993.
- [13] Md. Rahman, A.M. Abd El-Aty, S.W. Kim, S. Shin, H.C. Shin, J.H. Shim. (2017). *Journal of Separation Science*. 203-212.(2017).
- [14] A. Manivannan, P. Soundararajan, N. Halimah, C.H. Ko, B.R. Jeong. *Blue LED light enhances growth, phytochemical contents, and antioxidant enzyme activities of Rehmannia glutinosa cultured in vitro*. *Hortic Environ Biotechnol*, **56**:105-113(2015).
- [15] R. Wang, Y. Balkanski, O. Boucher, P. Ciais, G.L. Schuster, F. Chevallier, S. Tao. *Estimation of global black carbon direct radiative forcing and its uncertainty constrained by observations*. *121(10), Journal of Geophysical Research*, 5948-5971. (2016).:doi:10.1002/2015JD024326
- [16] Didi. *How Do Self Watering Planters Work?* [Gardening Tips For All](https://gardentipsforall.com/how-do-self-watering-planters-work/). (2021) <https://gardentipsforall.com/how-do-self-watering-planters-work/> [accessed August 29, 2022]

Analisis Proses Produksi dan Usulan Perbaikan Pada Pembuatan Item Flange Bolt 6 x 12 di PT. Dra Component Persada

Liza Aulia Muazah¹, Desinta Rahayu Ningtyas^{1*}, Kirana Rukmayuninda Ririh¹

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

Abstrak. PT. Dra Component Persada merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi berbagai macam baut dan sekrup, salah satunya yaitu *Flange Bolt 6 x 12*. Saat ini perusahaan menghadapi masalah keterlambatan pengiriman kepada *customer* yang disebabkan oleh lamanya waktu produksi pada pembuatan *item Flange Bolt 6 x 12*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi lamanya waktu produksi, sehingga dapat dibuat usulan alternatif dalam pengoptimalan waktu produksi. Pengamatan langsung diperlukan untuk mengetahui jalannya aktivitas produksi dari awal hingga akhir yang dituangkan dalam *Value Stream Mapping*, serta digunakan juga dalam identifikasi kegiatan-kegiatan yang berlangsung serta permasalahan saat pembuatan produk. Hasil identifikasi dari kegiatan dan permasalahan diolah dengan membuat Peta Aliran Proses. Dari PAP didapatkan identifikasi kegiatan non-produktif. Pengolahan data menggunakan *Fishbone Analysis* untuk mengetahui penyebab permasalahan lamanya waktu produksi dan 5W+1H untuk perbaikan yang diusulkan. Berdasarkan hasil analisis *fishbone*, didapatkan faktor-faktor yang menyebabkan lamanya waktu produksi pada pembuatan produk yaitu manusia, mesin, material, metode, dan lingkungan. Faktor manusia merupakan penyebab paling dominan, seperti operator bekerja berdasarkan kebiasaan kerja, tidak menerapkan SOP, tidak paham dalam *job description*, dan sering menunda pekerjaan. Maka usulan yang diberikan yaitu dengan membuat *work instruction*, mengadakan pengawasan dan pelatihan, mengadakan *assessment competency*, serta melakukan perputaran operator.

Kata kunci—*Flange Bolt 6 x 12; Waktu Produksi; Peta Aliran Proses; Fishbone Analysis; Usulan Alternatif*

1. PENDAHULUAN

Waktu produksi dalam industri manufaktur merupakan faktor yang sangat penting dan krusial, karena hal tersebut menentukan bagaimana sistem produksi itu berjalan. Dengan kata lain, waktu produksi dalam membuat suatu produk menjadi tolak ukur untuk menentukan sistem kerja yang baik [1]. Selain itu, diiringi dengan sumber daya manusia yang baik, terampil, dan dapat membantu perusahaan dalam mencapai suatu target, dimana sumber daya manusia disini yaitu yang berperan sebagai operator atau pekerja [2]. Dengan terciptanya sistem kerja yang baik akan membawa pengaruh yang baik pula bagi perusahaan kedepannya.

Salah satu produk yang diproduksi oleh PT. Dra Component Persada yaitu Flange Bolt 6 x 12. Flange Bolt merupakan jenis baut yang dirancang pada bagian bawahnya dengan bubungan yang berfungsi untuk memperkuat baut. Menurut informasi yang didapat dari karyawan, perusahaan kerap mengalami keterlambatan pengiriman produk kepada pelanggan akibat tidak tercapainya estimasi waktu yang telah ditentukan dengan lama proses pembuatan item tersebut, di mana seharusnya perusahaan mengirimkan produk kepada pelanggan dalam waktu 20 hari, tetapi perusahaan mengalami keterlambatan sehingga pelanggan harus menerima produk dalam waktu 27 hari. Salah satu faktornya karena perusahaan juga belum memiliki waktu standar yang menjadi acuan dalam suatu proses produksi. Sebagai informasi awal yang didapat berdasarkan hasil wawancara dengan karyawan yang beraktivitas di area produksi PT. Dra Component Persada bahwa masalah keterlambatan dipengaruhi oleh lamanya waktu produksi yang dijalankan.

Sehingga, dalam analisis ini perlu diketahui bagaimana aliran sebuah produksi dengan menggunakan sebuah tools yang dinamakan *Value Stream Mapping* (VSM) [3]. VSM menyajikan gambaran sebuah proses kegiatan keseluruhan mulai dari keluarnya bahan baku dari gudang, hingga produk yang telah jadi disimpan kembali ke gudang sebelum akhirnya dikirim kepada customer. VSM dapat mengidentifikasi kegiatan yang bernilai tambah (*value added*) dan kegiatan yang tidak bernilai tambah (*non-value added*) pada setiap tahapan proses [4], dimana kegiatan *non value added* ini dapat menyebabkan lamanya waktu proses. Tools lain yang digunakan adalah Peta Aliran Proses (PAP), PAP menggambarkan uraian kegiatan dari sebuah proses produksi, dimana kegiatan tersebut dikelompokkan menjadi proses, inspeksi, transportasi, menunggu,

* Corresponding author: desinta@univpancasila.ac.id

dan penyimpanan. Kegiatan seperti transportasi yang terlalu jauh dan menunggu yang terlalu lama dapat merupakan kegiatan yang perlu dihilangkan atau dikurangi [5] [6]. Karena ketika jalannya sebuah produksi, setiap komponen atau aspek yang terlibat di dalamnya perlu berjalan secara optimal, dengan mengeliminasi kegiatan-kegiatan non produktif atau *non value added* [7].

Berdasarkan uraian di atas, waktu proses produksi merupakan hal yang sangat esensial pada sistem pabrik, sehingga perlu diidentifikasi setiap tahap proses produksi sudah efektif atau belum. Setelah itu, dicari akar masalah agar prosesnya dapat dioptimalkan. Maka tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh pada lamanya waktu produksi dan memberikan usulan perbaikan untuk mengatasi lamanya waktu produksi.

2. METODE PENELITIAN

a. *Objek Penelitian*

Objek pada penelitian ini adalah salah satu produk yang diproduksi pada area produksi PT. Dra Component Persada yaitu *item Flange Bolt 6 x 12*. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis jalannya proses pembuatan *item Flange Bolt 6 x 12*, serta mengidentifikasi faktor apa saja yang menyebabkan lamanya waktu proses produksi. Sehingga dapat dilakukan evaluasi dan diberikan solusi alternatif dalam meminimalisir hal-hal yang membuat waktu produksi yang berlangsung lama.

b. *Sumber Data*

Pengumpulan data primer dilakukan dengan wawancara yang ditujukan kepada operator atau karyawan yang berada di area produksi khususnya yang beraktivitas langsung dalam proses produksi, mengamati secara langsung jalannya proses pembuatan *item Flange Bolt 6 x 12* secara keseluruhan dari bahan baku hingga menjadi produk yang siap digunakan, dan melakukan *brainstorming* dengan mengumpulkan beberapa gagasan atau ide untuk memecahkan suatu masalah terkait topik yang berhubungan dengan penelitian secara spontan dan waktu yang relatif singkat. Selanjutnya, pengumpulan data sekunder didapatkan berdasarkan sumber yang sudah ada atau terdahulu. Data sekunder pada penelitian ini yaitu berbagai macam studi pustaka, dan sumber-sumber literatur yang ada terkait topik penelitian yang dibahas.

c. *Metode Pengumpulan Data*

- Wawancara

Wawancara dilakukan kepada beberapa karyawan yang melakukan pekerjaan pada area produksi PT. Dra Component Persada untuk mengumpulkan sumber-sumber informasi berdasarkan pertanyaan-pertanyaan yang telah diajukan sesuai dengan kebutuhan untuk identifikasi awal dalam melakukan analisis proses produksi *item Flange Bolt 6 x 12*.

- Pengamatan Langsung

Pengamatan langsung dilakukan dengan mengikuti rangkaian proses produksi sejak awal bahan baku dikeluarkan dari gudang, hingga produk jadi disimpan kembali ke gudang sebelum dilakukannya pengiriman kepada *customer*. Pengamatan ini juga mencakup perhitungan lama waktu produksi secara manual menggunakan Stopwatch, dan menghitung jarak perpindahan antar satu proses ke proses lainnya.

- *Brainstorming*

Brainstorming pada penelitian ini dilakukan bersama beberapa karyawan yang berada di area produksi PT. Dra Component Persada dengan berpendapat serta berdiskusi dua arah membahas permasalahan yang berhubungan dengan proses produksi serta masalah-masalah yang mencakup di dalamnya. Sehingga akan menemukan solusi dari permasalahan tersebut.

d. *Metode Pengolahan Data*

- *Value Stream Mapping* (VSM)

Value Stream Mapping disini berguna untuk mengetahui aliran produksi yang dijalankan mulai dari gudang material tempat penyimpanan bahan baku, hingga berjalannya proses produksi yang melewati beberapa kegiatan di dalamnya, sampai akhirnya produk yang telah siap digunakan disimpan kembali ke gudang. *Tools* ini menyajikan gambaran kegiatan keseluruhan dari proses produksi yang diamati,

dimana dalam pemetaan tercakup pula *cycle time* hingga *lead time* yang terjadi selama pembuatan *item Flange Bolt 6 x 12*.

- Peta Aliran Proses (PAP)

Peta aliran proses pada penelitian ini yaitu untuk menunjukkan jalannya proses pembuatan *item Flange Bolt 6 x 12* dengan adanya waktu untuk setiap proses serta jarak perpindahan yang mencakup di dalamnya. Peta ini menggambarkan kegiatan produktif maupun non-produktif.

- Diagram Sebab-Akibat (*Fishbone Analysis*)

Diagram ini digunakan untuk mengetahui hubungan antara sebab dan akibat yang menunjukkan faktor penyebab lamanya waktu produksi pada proses pembuatan *item Flange Bolt 6 x 12* yang sebelumnya dituangkan dalam kegiatan *brainstorming* yang dilakukan dengan karyawan.

3. HASIL PENELITIAN

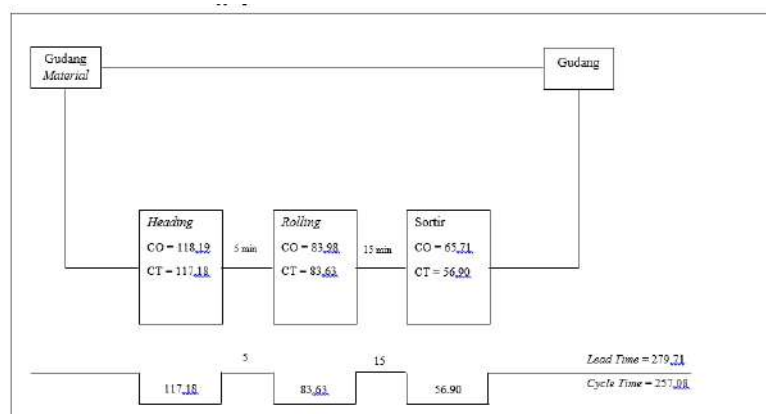
a. *Current State Value Stream Mapping Proses Produksi Item Flange Bolt 6 x 12*

Pemetaan menggunakan *current state value stream mapping* bertujuan untuk mengetahui aliran proses produksi mulai dari gudang hingga menuju gudang kembali. *Value stream mapping* (VSM) menggambarkan semua aktivitas yang bersifat *value added* maupun *non-value added* dalam proses pembuatan suatu produk. Sebelum adanya pemetaan, perlu diketahui pula data waktu siklus setiap komponen pembuatan *item Flange Bolt 6 x 12*, dimana data tersebut dapat dilihat pada tabel 1.:

Tabel 1. Data Proses Produksi Item Flange Bolt 6 x 12

No	Proses	Tahapan	Mesin/Alat	Waktu (menit)
1	Heading	Memasukkan <i>raw material</i>	Manual	0,61
2		Set up mesin heading	Manual	0,4
3		Pembentukan kepala baut	Mesin	117,18
4	Rolling	Memasukkan <i>material</i>	Manual	0,16
5		Set up mesin rolling	Manual	0,19
6		Pembentukan ulir pada batang	Mesin	83,63
Total				202,17

Setelah mengetahui waktu siklus pada proses pemesinan yaitu proses *heading* dan proses *rolling*, dimana total waktu siklus selama 202,17 menit. Maka, dapat dibuat *current state value stream mapping* untuk mengetahui gambaran proses keseluruhan dalam pembuatan *item Flange Bolt 6 x 12*, yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. *Current State Value Stream Mapping*

Berdasarkan pemetaan pada *current state value stream mapping*, total *lead time* keseluruhan pada proses produksi *item Flange Bolt 6 x 12* adalah 279,71 menit. *Lead time* tersebut didapatkan dari proses *heading* hingga proses sortir dengan penambahan waktu perpindahan antar proses.

b. Peta Aliran Proses dalam Pembuatan Item Flange Bolt 6 x 12

Peta aliran proses digunakan untuk menjelaskan dengan rinci bagaimana proses pembuatan produk itu berlangsung termasuk proses transportasi yang digunakan. Dalam pemetaan ini pula bisa diketahui aktivitas dengan nilai tambah (*value added*) dan aktivitas tidak bernilai tambah (*non value added*) berdasarkan pengamatan langsung pada area produksi perusahaan. Penjabaran mengenai aktivitas-aktivitas produksi item Flange Bolt 6 x 12 yang dituang dalam peta aliran proses dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Peta Aliran Proses.

PETA ALIRAN PROSES								
Kegiatan	Sekarang		Pekerjaan : Pembuatan <i>Item Flange Bolt 6x12</i>					
	Jumlah	Waktu						
○ = Operasi	14	268,23	No Peta : 01 Dipetakan Oleh : Liza Aulia Tanggal Dipetakan : 14 Juli 2022					
□ = Inspeksi	0	0						
⇒ = Transportasi	11	9,19						
▭ = Delay	3	12,66						
▽ = Penyimpanan	1	5,17						
Total	29	295,25						
No	Urutan Kegiatan	Lambang					Jarak (m)	Waktu (Menit)
		○	□	⇒	▭	▽		
1	Pergi menuju tempat penyimpanan <i>tools</i>			●			1	0,084
2	Mempersiapkan peralatan <i>setting, working tools</i> , dan <i>box</i> penyimpanan produk	●					0	0,34
3	Pergi menuju mesin <i>Heading</i>			●			1	0,1
4	Menyalakan mesin <i>Heading</i>	●					0	0,167
5	Pergi menuju tempat penyimpanan <i>tools</i>			●			1	0,084
6	Mengambil dan memakai <i>protective equipment</i> (masker dan <i>ear plag</i>)	●					0	2,01
7	Pergi menuju tempat penyimpanan <i>Raw Material</i> (kawat baja)			●			5	0,5
8	Mempersiapkan kawat baja	●					0	4,16
9	Membawa kawat baja menuju mesin <i>Heading</i>			●			6	2

Tabel 2 Peta Aliran Proses (Lanjutan).

PETA ALIRAN PROSES								
Kegiatan	Sekarang		Pekerjaan : Pembuatan <i>Item Flange Bolt 6x12</i>					
	Jumlah	Waktu						
○ = Operasi	14	268,23	No Peta : 01 Dipetakan Oleh : Liza Aulia Tanggal Dipetakan : 14 Juli 2022					
□ = Inspeksi	0	0						
⇒ = Transportasi	11	9,19						
▭ = Delay	3	12,66						
▽ = Penyimpanan	1	5,17						
Total	29	295,25						
No	Urutan Kegiatan	Lambang					Jarak	Waktu (Menit)

		○	□	⇨	D	▽	(m)	
10	Menaikkan kawat baja ke atas dudukan mesin	●					0	0,61
11	Setup mesin heading	●					0	0,4
12	Proses pembentukkan kepala baut	●					0	117,18
13	Memindahkan baut ke <i>box</i>	●					0	0,5
14	Menunggu mesin <i>rolling</i> hingga siap digunakan						0	3
15	Membawa <i>box</i> ke mesin <i>rolling</i>			●			3	0,25
16	Menyalakan mesin <i>rolling</i>	●					0	0,167
17	Memasukkan <i>material</i> ke mesin <i>rolling</i>	●						0,16
18	Setup mesin <i>rolling</i>	●					0	0,19
19	Proses pembentukkan ulir pada batang baut	●					0	83,63
20	Pergi menuju tempat penyimpanan <i>tools</i>			●			4	0,084
21	Mengambil dan membawa <i>box</i> ke mesin <i>rolling</i>			●			4	1,8
22	Memindahkan baut ke dalam beberapa <i>box</i>	●					0	2,43
23	Menunggu operator membawa baut ke gudang penyimpanan sementara						0	3,11
24	Membawa baut ke gudang penyimpanan sementara			●			10	1,78
25	Menunggu produk dibawa ke tempat penyortiran						0	6,55
26	Membawa produk ke tempat penyortiran			●			10	2,01
27	Proses sortir produk	●					0	56,90
28	Membawa produk ke gudang			●			3	0,5
29	Penyimpanan di gudang					●	0	5,17

c. Perbaikan Peta Aliran Proses dalam Pembuatan Item Flange Bolt 6 x 12

Peta aliran proses pada kondisi usulan ini dibuat dengan mengurangi aktivitas non produktif seperti menunggu, maupun aktivitas pemborosan yang ada selama proses pembuatan *item Flange Bolt 6 x 12* yang dapat dilihat pada tabel 3.

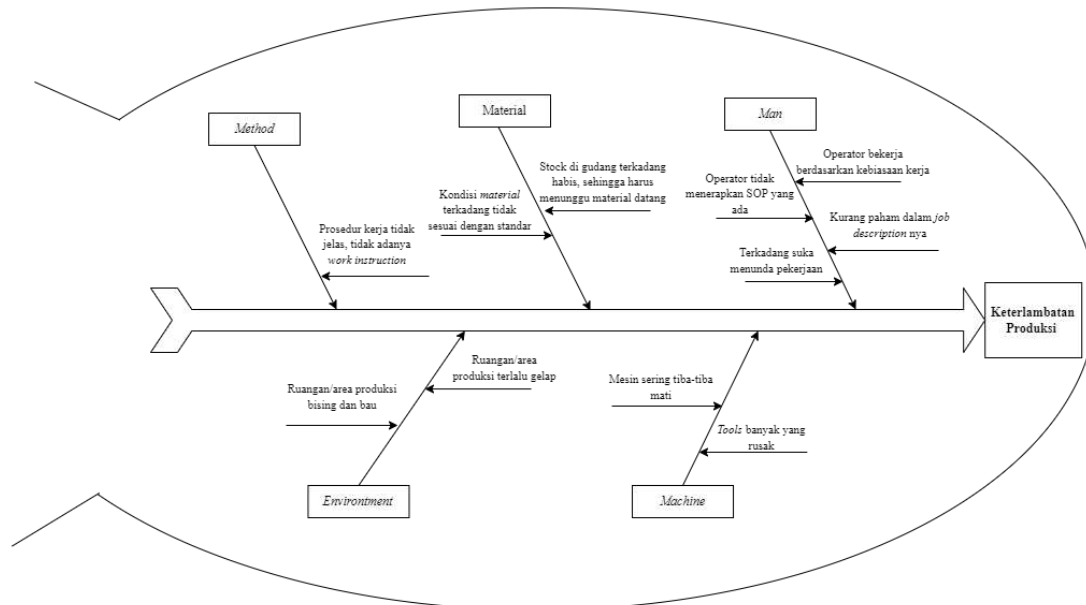
Tabel 3 Peta Aliran Proses Usulan

PETA ALIRAN PROSES								
Kegiatan	Usulan		Pekerjaan : Pembuatan <i>Item Flange Bolt 6x12</i>					
	Jumlah	Waktu						
○ = Operasi	14	268,23	No Peta : 02 Dipetakan Oleh : Liza Aulia Tanggal Dipetakan : 14 Juli 2022					
□ = Inspeksi	0	0						
⇒ = Transportasi	9	7,33						
D = Delay	0	0						
▽ = Penyimpanan	1	5,17						
Total	24	280,73						
No	Urutan Kegiatan	Lambang					Jarak (m)	Waktu (Menit)
		○	□	⇒	D	▽		
1	Pergi menuju tempat penyimpanan <i>tools</i>			●			1	0,084
2	Mengambil dan memakai <i>protective equipment</i> (masker dan <i>ear plug</i>)	●					0	2,01
3	Mempersiapkan peralatan <i>setting, working tools, dan box</i> penyimpanan produk	●					0	0,34
4	Pergi menuju mesin <i>Heading</i>			●			1	0,1
5	Menyalakan mesin <i>Heading</i>	●					0	0,167
6	Pergi menuju tempat penyimpanan <i>Raw Material</i> (kawat baja)			●			5	0,5
7	Mempersiapkan kawat baja	●					0	4,16
8	Membawa kawat baja menuju mesin <i>Heading</i>			●			6	2
9	Menaikkan kawat baja ke atasudukan mesin	●					0	0,61
10	<i>Setup</i> mesin <i>heading</i>	●					0	0,4
11	Proses pembentukkan kepala baut	●					0	117,18
12	Memindahkan baut ke <i>box</i>	●					0	0,5
13	Membawa <i>box</i> ke mesin <i>rolling</i>			●			3	0,25
14	Menyalakan mesin <i>rolling</i>	●					0	0,167
15	Memasukkan <i>material</i> ke mesin <i>rolling</i>	●					0	0,16
16	Setup mesin <i>rolling</i>	●					0	0,19
17	Proses pembentukkan ulir pada batang baut	●					0	83,63
18	Pergi menuju tempat penyimpanan <i>tools</i>			●			4	0,084
19	Mengambil dan membawa <i>box</i> ke mesin <i>rolling</i>			●			4	1,8
20	Memindahkan baut ke dalam beberapa <i>box</i>	●					0	2,43
21	Membawa produk ke tempat penyortiran			●			10	2,01
22	Proses sortir produk	●					0	56,90
23	Membawa produk ke gudang			●			3	0,5
24	Penyimpanan di gudang					●	0	5,17

Terdapat perbedaan waktu sekitar 15 menit antara kondisi aktual dengan kondisi usulan, dimana waktu pada kondisi usulan didapatkan dengan cara menghapus waktu menunggu (*delay*) dan beberapa gerakan pemborosan pada aktivitas pembuatan *item Flange Bolt 6 x 12*.

d. Analisis Diagram Sebab-Akibat

Dari permasalahan yang telah diuraikan melalui sesi *brainstorming* bersama karyawan PT. Dra Component Persada, maka dapat dibuat diagram sebab-akibat atau biasa dikenal dengan fishbone diagram yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Sebab-Akibat

e. Usulan Perbaikan Menggunakan 5W+1H

Pada tahap ini dilakukan analisis rencana tindakan perbaikan terhadap faktor-faktor yang menyebabkan lamanya waktu produksi dengan mengetahui elemen pada 5W+1H yaitu *What* (apa yang terjadi), *Why* (mengapa hal tersebut terjadi), *Who* (siapa yang melakukan perbaikan), *When* (kapan permasalahan itu terjadi), *Where* (dimana yang perlu diperbaiki), dan *How* (bagaimana cara memperbaikinya). Adapun rancangan usulan perbaikan proses produksi berdasarkan konsep 5W+1H yang dilakukan pada area produksi PT. Dra Component Persada yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. Analisis 5W+1H

Faktor	What	Why	Where	When	Who	How
Man (Manusia)	Operator bekerja berdasarkan kebiasaan kerja	Tidak adanya <i>work instruction</i> yang menjadi standar operator dalam melakukan pekerjaan	Area Produksi	Saat kegiatan pemesinan	Divisi SDM, Operator	Membuat <i>work instruction</i> untuk setiap proses maupun mesin
	Operator tidak menerapkan SOP yang ada	Kurangnya kesadaran dari operator	Area Produksi	Saat kegiatan proses produksi	Kepala Divisi Produksi	Mengadakan pengawasan terhadap operator yang beraktivitas di area produksi dan pelatihan secara berkala

Tabel 4. Analisis 5W+1H (lanjutan)

Faktor	What	Why	Where	When	Who	How
<i>man</i>	Kurang paham dalam <i>job description</i> nya	Beberapa operator masih mengandalkan operator lainnya	Area Produksi	Saat kegiatan proses produksi	Divisi SDM	Mengadakan <i>assessment competency</i> sebagai penilaian untuk kinerja tiap operator
	Suka menunda pekerjaan	Kurangnya motivasi operator dalam bekerja	Area Produksi	Saat kegiatan proses produksi	Operator Mesin	Mengadakan <i>job rotation</i>
<i>Machine</i> (Mesin)	<i>Tools</i> banyak yang rusak	<i>Tools</i> tidak dirawat dengan baik, dan ada juga yang berserakan di sekitaran lantai area produksi	Area Produksi	Saat proses pemesinan	Operator <i>Maintenance</i>	Mengganti dengan <i>tools</i> yang baru dan membuat penyimpanan <i>tools</i> yang lebih tertata serta melakukan perawatan berkala
	Mesin sering tiba-tiba mati	Tidak adanya jadwal berkala untuk <i>maintenance</i> mesin	Area Produksi	Saat proses pemesinan	Operator <i>Maintenance</i>	Menerapkan <i>preventive maintenance</i> mesin secara rutin dan melakukan <i>monitoring</i>
<i>Material</i>	Kondisi <i>material</i> terkadang tidak sesuai dengan standar	Material yang datang tidak lulus uji kualitas	Gudang <i>Material</i>	Saat proses pengecekan material	Divisi <i>Quality</i>	Melakukan <i>quality control</i> untuk <i>raw material</i>
	<i>Stock</i> di gudang terkadang habis, sehingga harus menunggu <i>material</i> datang	<i>Material</i> yang dipesan datang tidak sesuai dengan waktu yang ditentukan	Gudang <i>Material</i>	Saat proses produksi akan dimulai	Divisi PPIC	Membuat peramalan pengadaan bahan baku yang dapat dipertanggungjawabkan
<i>Method</i> (Metode)	Prosedur kerja tidak jelas, tidak adanya <i>work instruction</i>	Tidak ada panduan dalam menyelesaikan suatu proses operasi	Area Produksi	Saat kegiatan proses produksi	Divisi Produksi	Membuat <i>work instruction</i> untuk setiap proses maupun mesin
<i>Environment</i> (Lingkungan)	Ruangan/area produksi terlalu gelap	Pencahayaan di area produksi yang kurang terang sehingga membuat penglihatan tidak fokus	Area Produksi	Saat kegiatan proses produksi	Operator <i>Maintenance</i>	Mengganti lampu pada area produksi sesuai dengan standar
	Ruangan/area produksi bising dan bau	Ruangan yang tertutup, tidak ada ventilasi, dan jarak antar mesin yang berdekatan	Area Produksi	Saat kegiatan proses produksi	Operator <i>Maintenance</i>	Membuat ventilasi udara yang mengarah ke luar lingkungan

4. KESIMPULAN

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi lamanya waktu produksi dalam pembuatan *item Flange Bolt 6 x 12* yang mencakup 4M+1E diantaranya *Man* (manusia), *Machine* (mesin), *Material*, *Method* (metode), *Environment* (lingkungan). dari kelima faktor yang disebutkan, maka dapat diberikan usulan seperti: pada faktor manusia dapat dibuat *work instruction* untuk setiap proses maupun mesin, mengadakan pengawasan terhadap operator yang beraktivitas di area produksi, mengadakan *assessment competency* sebagai penilaian untuk kinerja tiap operator, dan melakukan *job rotation*. Pada faktor mesin dengan membuat penyimpanan *tools* yang lebih tertata dan melakukan perawatan berkala, menerapkan jadwal *preventive maintenance* mesin dan melakukan *monitoring*. Pada *material* dengan melakukan *quality control* untuk *raw material*, membuat peramalan persediaan bahan baku yang dapat dipertanggungjawabkan. Pada metode dengan membuat *work instruction* untuk setiap proses maupun mesin. Pada faktor lingkungan dengan mengganti lampu pada area produksi sesuai dengan standar, dan membuat ventilasi udara yang mengarah ke luar lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada PT Dra Component Persada yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. T. Hidayat, V. K. Suhandi, E. Setyanto, S. T. Bhakti, K. Bekasi, and K. Kunci, "Analisis Penerapan Metode Manajemen Kaizen Dalam Meningkatkan Efisiensi Produksi," *MANEGGIO Jurnal Ilm. Magister Manaj.*, vol. 5, no. September, pp. 111–126, (2022).
- [2] W. Widhiarso and R. Ernawati, "Analisis beban kerja pada proses perakitan timbangan (Studi Kasus: UD. XYZ)," *Ind. Inov. Tek. Ind. ITN Malang*, vol. 12, no. 1, pp. 55–62, (2022).
- [3] J. Shook and M. Rother, *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda (Lean Enterprise Institute)*. Cambridge: Lean Enterprise Institute, (2009).
- [4] M. Y. Anshori, D. F. Karya, and A. S. Usamah, "ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING WASTE USING VALUE STREAM MAPPING (VSM) ON KAOSBEBAS . ID," *J. Enterprenuer Entrep.*, vol. 11, no. 2, pp. 139–154, (2022).
- [5] I. Sitalaksana, R. Anggawisastra, and J. Tjakraatmadja, *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung: ITB Press, (2006).
- [6] M. W. Soerijayudha and D. Rahayu, "PERANCANGAN ULANG TATA LETAK FASILITAS PADA PT. KHARISMA PLASTIK INDO," *J. Rekayasa dan Optimasi Sist. Ind.*, vol. 03, no. 1, pp. 32–39, (2021).
- [7] N. F. Garamba, W. Septiani, and S. Adisuwiryo, "Pendekatan Lean Ergonomics Untuk Perbaikan Metode Kerja Proses Wool Press," *J. Penelit. dan Karya Ilm. Lemb. Penelit. Univ. Trisakti*, vol. 7, pp. 371–389, (2022).

Pendekatan Six Sigma Untuk Pengendalian Kualitas Produk Cacat Pada Produksi ModulFlex Di PT. IIP

Nur Yulianti Hidayah¹, Rizki Adji Ramadhan¹

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

Abstrak. PT.IIP merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur yang menghasilkan produk berupa *part ac central*. Terdapat tiga divisi produksi di PT IIP, yaitu *Flexible Duct*, *Diffuser-Grille-Damper*, dan *Pre-Insulated Alumunium*. Departemen *Flexible Duct* memproduksi ModulFlex yang merupakan *part* dari *AC central* yang digunakan untuk penyaluran udara. Kondisi saat ini, banyak ditemui hasil produksi yang tidak sesuai standar mutu yang menyebabkan PT. IIP tidak dapat memenuhi target produksi sehingga penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengendalian kualitas ModulFlex khususnya tipe A1, mengetahui faktor-faktor penyebab kecacatan produk, serta memberikan usulan perbaikan agar dapat mengurangi tingkat produk *reject*. Metode yang digunakan adalah *Six Sigma* dengan tahapan DMAI (*Define, Measure, Analyze, Improve*). Hasil penelitian menunjukkan nilai CTQ adalah 2 yaitu cacat robek dan penyambungan material, peta kontrol P menunjukkan proses berada pada kondisi terkendali, DPMO sebesar 228.767 dengan nilai sigma 2,26. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan *defect* yaitu tidak ada jadwal *maintenance* yang rutin, tidak terdapat IK pada lini produksi serta tidak ada pengecekan kualitas bahan baku. Usulan yang diberikan adalah membuat jadwal *preventif maintenance*, menempelkan IK pada tiap mesin serta memasang alat sensor pada mesin.

Kata kunci— CTQ; DPMO; Peta Kontrol P; Six Sigma

1. PENDAHULUAN

Seiring meningkatnya kebutuhan manusia maka jumlah produksi pada perusahaan akan terus meningkat. Namun, seiring dengan adanya peningkatan dalam jumlah produksi terkadang dalam proses pembuatan sebuah produk sering kali ditemukan beberapa penyimpangan yang mengakibatkan beberapa produk yang dihasilkan berada di luar standar mutu yang ditetapkan oleh perusahaan. Untuk itu perlu adanya proses pengendalian kualitas (*Quality Control*) terhadap produk-produk yang dihasilkan. Proses pengendalian kualitas digunakan untuk memisahkan produk yang cacat dengan produk yang sesuai dengan standar mutu. Selain itu, pengendalian kualitas juga dapat digunakan untuk mengurangi biaya produksi yang terbuang akibat produk cacat yang terjadi pada saat proses produksi sedang berlangsung.

PT. IIP berlokasi di Jakarta Barat, berdiri pada tahun 1973 dan bergerak dalam bidang manufaktur. Produk yang dihasilkan berupa *part* yang digunakan pada *AC central*. Selain memproduksi *part* untuk *AC central*, PT. IIP juga menyediakan jasa perakitan. Perusahaan ini memiliki 3 divisi produksi yaitu *Flexible Duct*, *Diffuser-Grille-Damper* dan *Pre-Insulated Alumunium*. Salah satu divisi produksi yaitu *Flexible Duct* memproduksi beberapa produk seperti ModulFlex, IndoFlex dan AluFlex. Dari ketiga produk yang diproduksi, ModulFlex merupakan produk yang paling banyak dipesan, sehingga dimungkinkan sering terjadi penyimpangan dan hambatan yang mengakibatkan produk dianggap *reject* [1]. Dengan banyaknya jumlah produksi yang dihasilkan, kegiatan produksi ModulFlex tidak selalu menghasilkan produk yang sempurna. Jumlah produk cacat yang dihasilkan pada produksi ModulFlex dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan data pada Tabel 1, didapatkan bahwa selama periode 30 Sept-26 Okt 2022 produk ModulFlex tipe A1 memiliki total % NG *product* sebanyak 25,71% dan tipe A2 memiliki total % NG *product* sebanyak 21,51% dengan demikian tipe A1 memiliki jumlah produk cacat yang lebih tinggi dibandingkan tipe A2. Untuk itu perlu dilakukan analisis terhadap pengendalian kualitas Modulflex tipe A1 menggunakan metode Six Sigma, menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya cacat pada proses produksi ModulFlex khususnya pada tipe A1 dan membuat usulan perbaikan agar dapat mencapai kegiatan produksi yang efektif dan efisien di PT. IIP.

Corresponding author: nurhidayah@univpancasila.ac.id

Tabel 1. Data Jumlah Produk Cacat ModulFlex

No	Tanggal	Nama Produk	Jumlah Produksi (Unit)	Jenis Cacat (Unit)		NG (unit)	% NG
				Robek	Sambung		
1	30/9/2021	ModulFlex Ukuran 8 Inchi tipe A1	60	10	4	14	23,3%
2	7/10/2021	ModulFlex Ukuran 8 Inchi tipe A2	29	5	2	7	24,14%
3	14/10/2021	ModulFlex Ukuran 8 Inchi tipe A1	10	2	2	4	40%
4	26/10/2021	ModulFlex Ukuran 8 Inchi tipe A2	50	7	3	10	20%

Salah satu metode untuk melakukan pengendalian kualitas adalah *Six Sigma*. Penelitian mengenai pengendalian kualitas menggunakan metode Six Sigma sudah banyak digunakan di berbagai perusahaan, antara lain penelitian yang dilakukan oleh Adi Nugroho dan Lien Herliani yang meneliti proses pengendalian kualitas di perusahaan pengolahan daging sapi [2]. Penelitian untuk mengurangi produk cacat dengan metode Six Sigma juga telah dilakukan oleh Nuri Kartini pada perusahaan pembuat botol [3]. Maka dari itu, untuk menganalisis capaian tingkat sigma dan mengetahui faktor-faktor penyebab kecacatan produk ModulFlex digunakan metode Six Sigma dengan melakukan tahapan DMAI (*Define, Measure, Analyze, Improve*).

2. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian dimulai dengan studi pendahuluan berupa studi literatur serta studi lapangan melalui pengamatan secara langsung di lokasi penelitian area produksi divisi *Flexible Duct* PT. IIP. Objek penelitian ini ialah ModulFlex tipe A1 karena produk ini memiliki persentase produk NG terbesar dibandingkan produk lainnya yang diproduksi oleh divisi *Flexible Duct*.

Dalam penelitian ini sumber data didapatkan dari PT IIP berupa data jenis cacat, jumlah produk cacat, proses produksi ModulFlex serta faktor-faktor yang mengakibatkan terjadinya cacat pada produk ModulFlex melalui wawancara dan *brainstorming* dengan narasumber yaitu operator dan supervisor.

Pengolahan dan analisis data menggunakan metode *Six Sigma* dengan tools DMAI (*Define, Measure, Analyze, Improve*) sebagai berikut:

a. Tahap Define.

Tahap ini ditujukan untuk mengidentifikasi *Critical to Quality* (CTQ) pada produk ModulFlex tipe A1 beserta mengidentifikasi jenis cacat yang terjadi.

b. Tahap Measure

Pada tahap Measure dilakukan pengolahan data menggunakan Peta Kontrol p, perhitungan nilai DPMO (*Defect per Million Opportunities*) dan menghitung nilai Sigma proses produksi ModulFlex Tipe A1. Peta Kontrol p digunakan untuk mengetahui batas-batas kendali proses yang terjadi. Rumus yang digunakan sebagai berikut [4]:

$$p_i = \frac{x_i}{n_i} \quad (1)$$

$$BKA = p_i + 3 \sqrt{\frac{p_i(1-p_i)}{n_i}} \quad (2)$$

$$BKB = p_i - 3 \sqrt{\frac{p_i(1-p_i)}{n_i}} \quad (3)$$

Dimana: p_i = proporsi cacat pada periode i
 x_i = jumlah produk *reject* pada periode ke i
 n_i = jumlah produksi pada periode ke I
 BKA = batas kendali atas
 BKB = batas kendali bawah

Perhitungan nilai DPMO digunakan untuk mengetahui tingkat kecacatan produk per satu juta peluang. Berikut ini merupakan rumus untuk menghitung nilai DPMO [5]:

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah produk cacat}}{\text{Unit yang diperiksa} \times CTQ} \times 1.000.000 \quad (4)$$

Hasil dari perhitungan DPMO ini kemudian akan dikonversikan ke dalam bentuk nilai sigma. Konversi nilai sigma dilakukan untuk mengetahui apakah perusahaan termasuk ke dalam tingkat pencapaian sigma pada rata-rata industri. Berikut ini merupakan rumus untuk menentukan nilai sigma [6]:

$$\text{Nilai Sigma} = \text{Normsinv} \left(1 - \frac{DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5 \quad (5)$$

c. Tahap Analyze

Merupakan tahapan untuk mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya cacat pada produk ModulFlex Tipe A1. Pada tahap ini dilakukan *cause effect analysis* menggunakan *Fishbone Diagram*. Data yang digunakan pada analisis penyebab cacat produk ModulFlex tipe A1 diperoleh dengan cara melakukan *brainstorming* atau wawancara dengan operator dan supervisor di divisi *Flexible Duct*.

d. Tahap Improve

Merupakan tahapan yang digunakan untuk memberikan sebuah usulan perbaikan guna mengurangi terjadinya cacat pada produk ModulFlex Tipe A1. Usulan perbaikan ini dibuat dengan menggunakan analisis 5W+1H.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data pada penelitian ini berdasarkan pada hasil rekapitulasi kegiatan produksi berupa *checksheet* selama bulan Juni 2022. *Defect* yang sering terjadi pada produk ModulFlex tipe A1 adalah robek dan penyambungan material. Tabel 2 di bawah ini merupakan data terkait jumlah produksi dan produk cacat selama bulan Juni 2022 di PT. IIP.

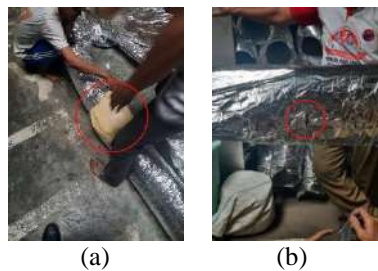
Tabel 2. Produksi ModulFlex tipe A1 bulan Juni 2022

Tanggal Produksi	Jumlah Produksi (Unit)	Jenis Cacat (unit)		NG (unit)
		Robek	Penyambungan Material	
1 Juni 2022	30	12	5	17
2 Juni 2022	25	7	1	8
3 Juni 2022	40	13	4	17
6 Juni 2022	60	19	3	22
7 Juni 2022	29	11	2	13
8 Juni 2022	23	7	3	10
9 Juni 2022	50	21	2	23
10 Juni 2022	15	2	1	3
13 Juni 2022	39	22	4	26
14 Juni 2022	50	20	2	22
15 Juni 2022	23	11	2	13
16 Juni 2022	31	11	6	17
17 Juni 2022	34	14	2	16
20 Juni 2022	13	5	1	6
21 Juni 2022	50	22	3	25
22 Juni 2022	10	2	2	4
23 Juni 2022	20	8	3	11
24 Juni 2022	25	9	2	11
27 Juni 2022	60	24	5	29
28 Juni 2022	50	23	7	30
29 Juni 2022	34	5	3	8
30 Juni 2022	60	27	2	29
Total	771	295	65	360

a. Define

Pada tahap *Define* diperlukan identifikasi kecacatan produk pada ModulFlex tipe A1 dengan menentukan CTQ. Terdapat 2 jenis karakteristik cacat yang terjadi selama proses produksi ModulFlex tipe A1 yaitu cacat robek dan cacat penyambungan material. Gambar produk cacat dapat dilihat pada Gambar 1.

- a. Cacat robek berupa sebuah lubang yang terjadi pada bagian lapisan luar ModulFlex tipe A1. Cacat robek ini juga dapat menyebabkan kualitas *part* lapisan bagian dalam ModulFlex tipe A1 menjadi rusak.
- b. Cacat penyambungan material merupakan jenis cacat yang terjadi pada saat proses pemotongan bahan.



Gambar 1. (a) Cacat robek; (b) Cacat penyambungan material

Berdasarkan data pada Tabel 2 maka diketahui CTQ produk ModulFlex tipe A1 seperti yang dicantumkan pada Tabel 3.

Tabel 3. CTQ Modulflex tipe A1

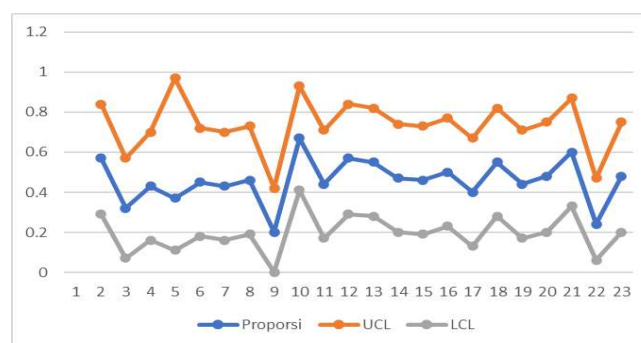
Nama Produk	Jenis Cacat	Jumlah Produk Cacat (Unit)	Persentase cacat
ModulFlex Tipe A1	Robek	295	38,26%
	Penyambungan Material	65	8,43%

Pada Tabel 3 diketahui terdapat dua jenis cacat yang ditemukan yaitu jenis cacat robek serta cacat penyambungan material sehingga nilai CTQ pada ModulFlex tipe A1 berjumlah 2.

b. Tahap Measure

1) *Peta Kontrol p*

Peta Kontrol p digunakan untuk mengetahui batas-batas kendali proses yang terjadi pada saat produksi ModulFlex Tipe A1 berlangsung. Dengan menggunakan Persamaan (1), (2) dan (3) diperoleh nilai p_i , BKA dan BKB yang disajikan dalam Peta Kontrol p pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Kontrol p ModulFlex tipe A1 bulan Juni 2022

Pada Peta Kontrol p terlihat tidak ada titik yang berada di luar batas-batas kendali. Hal ini menunjukkan bahwa proses produksi ModulFlex tipe A1 dalam keadaan yang baik dan terkendali.

2) *Nilai DPMO*

Perhitungan nilai DPMO ini digunakan untuk mengetahui tingkat peluang sebuah kegagalan per satu juta unit dalam proses produksi menggunakan metode *Six Sigma*. Dengan menggunakan Persamaan (4) diperoleh nilai

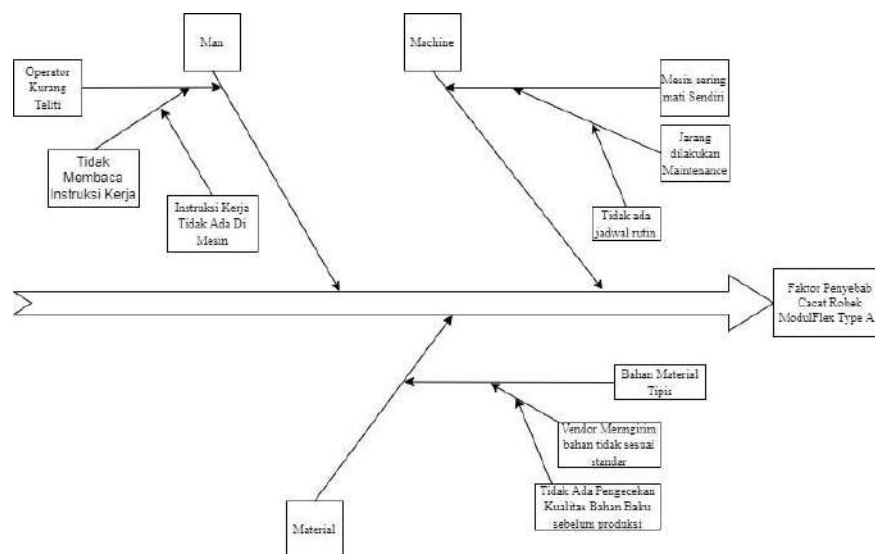
DPMO rata-rata selama bulan Juni 2022 sebesar 228.767 yang berarti dalam 1 juta unit ModulFlex tipe A1 yang diproduksi peluang terjadi produk *reject* sebesar 228.767 unit.

3) Nilai Sigma

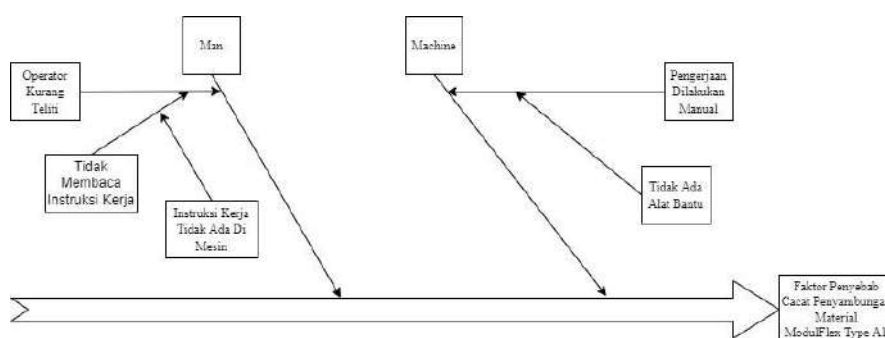
Nilai Sigma diperoleh setelah mengetahui nilai DPMO yang selanjutnya akan dikonversikan menjadi sebuah nilai Sigma untuk mengetahui apakah tingkat Sigma PT. IIP selama bulan Juni 2022 berada pada rata-rata tingkatan industri di Indonesia. Dengan menggunakan Persamaan (5) diperoleh nilai Sigma rata-rata sebesar 2,26 yang menandakan bahwa nilai Sigma PT. IIP berada dalam tingkat rata-rata industri di Indonesia yakni sebesar ± 2 .

c. Analyze

Pada tahap *Analyze* digunakan metode *cause effect analysis* guna mengetahui faktor-faktor penyebab cacat robek serta cacat penyambungan material. Untuk mengetahui faktor-faktor tersebut, dilakukan *brainstorming* dengan operator serta supervisor. Adapun hasil dari *brainstorming* disajikan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. *Fishbone diagram* cacat robek



Gambar 4. *Fishbone diagram* cacat penyambungan material

Pada Gambar 3 diketahui bahwa cacat robek pada ModulFlex tipe A1 disebabkan oleh instruksi kerja tidak terdapat pada mesin, tidak terdapat jadwal pemeliharaan yang rutin dan tidak terdapat pengecekan bahan baku. Sedangkan untuk Gambar 4 terjadinya cacat penyambungan material pada ModulFlex tipe A1 disebabkan oleh instruksi kerja tidak terdapat pada mesin dan tidak terdapat alat yang dapat mendeteksi panjang material.

d. Improve

Tahapan *Improve* merupakan langkah membuat usulan perbaikan untuk mengurangi tingkat produk cacat dengan mengantisipasi timbulnya faktor penyebab menggunakan 5W+1H. Analisis 5W+1H disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Usulan perbaikan cacat robek dan cacat penyambungan material

Faktor Penyebab	5W+1H	Deskripsi Pertanyaan	Penjelasan
Tidak ada jadwal pemeliharaan yang rutin	What	Apa yang menjadi target utama perbaikan?	Jadwal pemeliharaan rutin.
	Why	Kenapa rencana perbaikan tersebut diperlukan?	Untuk meminimalisir terjadinya mesin mati saat proses produksi berlangsung.
	Where	Dimana rencana perbaikan tersebut akan dilaksanakan?	Di lini produksi pembuatan selimut luar ModulFlex tipe A1.
	When	Kapan aktivitas perbaikan akan dilakukan?	Harus dilakukan segera.
	Who	Siapa yang akan melakukan aktivitas perbaikan tersebut?	Supervisor divisi <i>Flexible Duct</i> .
	How	Bagaimana cara mengerjakan aktivitas perbaikan tersebut?	Dengan membuat dan menjalankan jadwal <i>preventif maintenance</i> .
Tidak terdapat instruksi kerja pada lini produksi	What	Apa yang menjadi target utama perbaikan?	Instruksi kerja.
	Why	Kenapa rencana perbaikan tersebut diperlukan?	Untuk mengurangi terjadi kesalahan langkah-langkah dalam proses produksi.
	Where	Dimana rencana perbaikan tersebut akan dilaksanakan?	Perbaikan ini akan dilakukan pada lini penggabungan selimut luar dan lembaran glasswool
	When	Kapan aktivitas perbaikan akan dilakukan?	Harus dilakukan dengan segera
	Who	Siapa yang akan melakukan aktivitas perbaikan tersebut?	Supervisor divisi <i>Flexible Duct</i>
	How	Bagaimana cara mengerjakan aktivitas perbaikan tersebut?	1. Membuat dan menempel lembaran instruksi kerja pada setiap mesin. 2. Memberikan sanksi apabila bekerja tidak sesuai dengan instruksi kerja.
Tidak ada pengecekan kualitas bahan baku	What	Apa yang menjadi target utama perbaikan?	Pengecekan kualitas bahan baku.
	Why	Kenapa rencana perbaikan tersebut diperlukan?	Untuk meminimalisir bahan baku yang diterima tidak sesuai standar.
	Where	Dimana rencana perbaikan tersebut akan dilaksanakan?	Gudang bahan baku.
	When	Kapan aktivitas perbaikan akan dilakukan?	Pada saat menerima bahan baku dari supplier
	Who	Siapa yang akan melakukan aktivitas perbaikan tersebut?	Petugas penerima bahan baku.
	How	Bagaimana cara mengerjakan aktivitas perbaikan tersebut?	1. Menetapkan kriteria supplier dan spesifikasi material. 2. Memilih supplier sesuai dengan kriteria yang ditetapkan.
Tidak ada alat bantu	What	Apa yang menjadi target utama perbaikan?	Alat pendeteksi panjang material.
	Why	Kenapa rencana perbaikan tersebut diperlukan?	Untuk menyesuaikan penggunaan bahan baku yang dibutuhkan pada material.
	Where	Dimana rencana perbaikan tersebut akan dilaksanakan?	Pada mesin pemotongan selimut luar ModulFlex tipe A1.
	When	Kapan aktivitas perbaikan akan dilakukan?	Harus dilakukan segera.
	Who	Siapa yang akan melakukan aktivitas perbaikan tersebut?	Teknisi.
	How	Bagaimana cara mengerjakan aktivitas perbaikan tersebut?	1. Membuat alat bantu sensor untuk mendeteksi panjang selimut luar ModulFlex tipe A1. 2. Melakukan pengukuran dengan alat ukur.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis didapatkan kesimpulan bahwa pada PT. IIP terdapat dua jenis karakteristik cacat yaitu cacat robek dan cacat penyambungan material di produk ModulFlex tipe A1. Proses produksi ModulFlex tipe A1 dalam keadaan yang baik dan *in control* dengan nilai DPMO sebesar 228.767 dan nilai Sigma sebesar

2,26 yang menandakan PT. IIP masih masuk ke dalam tingkat pencapaian Sigma pada rata-rata industri di Indonesia yakni sebesar ± 2 .

Faktor-faktor yang menimbulkan cacat produk ModulFlex tipe A1 yaitu tidak adanya jadwal pemeliharaan yang rutin, tidak terdapat instruksi kerja baik pada lini produksi maupun pada mesin, tidak dilakukan pengecekan kualitas bahan baku, dan tidak terdapat alat bantu untuk mendeteksi panjang material. Usulan perbaikan untuk mengurangi terjadinya produk *reject* berupa membuat dan melaksanakan jadwal *preventif maintenance*, membuat dan menempel lembaran instruksi kerja pada mesin dan lini produksi, memberi sanksi kepada operator apabila bekerja tidak sesuai dengan instruksi kerja dan membuat alat bantu berupa alat sensor untuk mengetahui apakah panjang selimut luar ModulFlex tipe A1 sudah sesuai standar atau melakukan pengukuran manual menggunakan alat ukur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Adji. *Identifikasi Faktor Penyebab Cacat Produk Modulflex Di PT. Idjen Inti Prakasa Menggunakan Metode Fishbone Diagram*. [Laporan Kerja Praktik]. Teknik Industri, Universitas Pancasila (2022).
- [2] A. Nugroho dan L. H. Kusumah. Analisis Pelaksanaan Quality Control untuk Mengurangi Defect Produk di Perusahaan Pengolahan Daging Sapi Wagyu dengan Pendekatan Six Sigma. *J. Manajemen Teknologi. Pasca Sarjana, Universitas Mercu Buana*. 20(1):60 (2021).
- [3] N. Kartini. Pendekatan Six Sigma Untuk Mengurangi Produk Cacat Pada Produksi Botol Di CV XYZ. *J. Penelitian Teknik Industri. Universitas Muhammadiyah Cirebon*. 17(1):63 (2019).
- [4] F. Sholikhin dan N. Y. Hidayah. *Analisis Pengendalian Kualitas Produk Besi Pegangan Motor Dengan Metode Six Sigma di PT. X*. Seminar Rekayasa Teknologi. (Jakarta, Indonesia 2021).
- [5] R. Saputri, P. Vitasari, E. Adiantantri, et al. Identifikasi Timbulnya Produk Cacat Dengan Metode CTQ dan DPMO pada Home Industry Keripik Tempe Sari Rasa. *J. Mahasiswa Teknik Industri. Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang*. 5(1):96 (2022).
- [6] I. Rinjani, W. Wahyudin, dan B. Nugraha. Analisis Pengendalian Kualitas Produk Cacat pada Lensa Tipe X Menggunakan Lean Six Sigma dengan Konsep DMAIC. *J. Pendidikan dan Aplikasi Industri (UNISTEK). Teknik Industri, Universitas Singaperbangsa Karawang*. 8(1):23 (2021).

Analisis Persediaan Bahan Baku Pembuatan Baut Di PT. DRA Component Persada

Shafira Melgandri^{1*}, Laela Chairani¹

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

Abstrak. PT. DRA Component Persada perusahaan yang bergerak di bidang *Manufacturing Industrial Fastening Component* dalam memproduksi berbagai macam jenis baut yang digunakan untuk aksesoris peralatan elektronik dan otomotif. Sistem manufaktur yang digunakan yaitu sistem bersifat *job order*. Fluktuasi permintaan yang terjadi tentunya sangat menyulitkan manajemen perusahaan untuk dapat memperkirakan ataupun melakukan kebijakan-kebijakan yang tepat dalam upaya mengendalikan persediaan untuk dapat memenuhi kebutuhan produksi di perusahaan tersebut. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengendalian sistem *inventory* dengan menggunakan metode pemilahan yang tepat karena tidak semua jenis bahan baku memiliki tingkat kepentingan yang sama. Metode yang dapat digunakan adalah metode Analisa ABC, dimana metode ini mengklasifikasi barang berdasarkan tingkat kepentingan dari suatu item yang terbagi menjadi tiga kelas yaitu kelas A (sangat penting), kelas B (penting) dan kelas C (kurang penting) selain itu digunakan pula simulasi Monte Carlo untuk memprediksi permintaan dengan sifat probabilistik. Untuk melengkapi penelitian ini, dilakukan pula perhitungan *safety stock* sehingga perusahaan dapat mengetahui jumlah aman dari bahan baku yang dibutuhkan pada gudang. Berdasarkan hasil dari pengolahan data yang dilakukan, dari 41 jenis bahan baku yang ada, 6 bahan baku tergolong kedalam kelas A yang kemudian 3 bahan baku teratas akan dilakukan peramalan dengan simulasi monte carlo dan perhitungan *safety stock*.

Kata kunci : Persediaan, Analisis ABC, Simulasi Monte Carlo, *Safety Stock*

1. PENDAHULUAN

Setiap perusahaan baik itu perusahaan kecil, menengah ataupun besar selalu dituntut untuk dapat mengendalikan persediaan dari bahan baku yang dimiliki. Bahan baku adalah hal penting bagi keberlangsungan suatu proses produksi karena tanpa adanya bahan baku akan menyebabkan proses produksi tidak dapat berjalan dengan semestinya. Proses produksi akan berjalan dengan lancar jika perencanaan persediaan bahan baku sudah terjadwal, yakni dari persediaan maksimum, nilai titik pemesanan, dan nilai *safety stock*. Hal ini bertujuan untuk menyeimbangkan jumlah persediaan dengan jumlah permintaan konsumen. Adanya keseimbangan, maka akan mendatangkan keuntungan bagi perusahaan karena dapat menghindari kemungkinan modal tertahan dalam bentuk barang sehingga proses perputaran modal dari perusahaan akan lebih lancar^[1].

Permasalahan yang seringkali terjadi dalam persediaan bahan baku adalah kondisi *overstock* atau *stockout*. Upaya untuk menghindari permasalahan tersebut adalah dengan melakukan pengelolaan persediaan. Dengan melakukan pengelolaan persediaan bahan baku, perusahaan dapat menyeimbangkan jumlah persediaan sehingga berpotensi dalam mengurangi biaya pemborosan yang ditimbulkan. Oleh karena itu perusahaan perlu melakukan analisa yang tepat untuk menentukan jumlah pemesanan dengan didasarkan hasil dari perhitungan terhadap data-data historis. Dengan dilakukannya hal ini maka akan ditemukan titik optimal dimana akan memperkecil biaya pengeluaran^[2].

PT. DRA Component Persada merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang *Manufacturing Industrial Fastening Component* yang memproduksi berbagai macam jenis baut yang digunakan untuk aksesoris peralatan elektronik dan otomotif. Bahan baku utama yang digunakan untuk memproduksi berbagai macam baut adalah kawat dengan diameter yang bervariasi sesuai dengan *grade* dari kawat tersebut, dimana *customer* dapat memilih *grade* mana yang ingin digunakan untuk produk pesanan mereka.

* Corresponding author: smelgandri18@gmail.com

Fluktuasi permintaan yang terjadi tentunya akan sangat menyulitkan manajemen perusahaan untuk dapat memperkirakan ataupun melakukan kebijakan-kebijakan yang tepat dalam upaya mengendalikan persediaan untuk dapat memenuhi kebutuhan produksi di perusahaan tersebut. Perusahaan mengalami kesulitan dalam mengambil kebijakan mengenai persediaan bahan baku karena adanya fluktuasi permintaan yang tidak pasti tersebut. Penentuan jumlah optimal persediaan dan cadangan yang ada di gudang akan sangat sulit bagi perusahaan karena lonjakan permintaan yang tidak pasti dan merupakan perusahaan *job order*.

Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengendalian sistem *inventory* di PT. DRA Component Persada. Untuk mengatasi permasalahan terkait pengelolaan sistem persediaan pada perusahaan yang menggunakan berbagai macam jenis bahan baku, diperlukan suatu metode pemilahan yang tepat. Hal ini dilakukan karena tidak semua jenis bahan baku memiliki tingkat kepentingan yang sama. Metode yang dapat digunakan adalah metode Analisa ABC, dimana metode ini mengklasifikasi barang berdasarkan tingkat kepentingan dari suatu item yang terbagi menjadi tiga kelas yaitu kelas A (sangat penting), kelas B (penting) dan kelas C (kurang penting)^[3].

Dalam menghitung jumlah persediaan bahan baku diperlukan data terkait hasil peramalan terhadap permintaan produk. Permintaan produk dengan sifat probabilistik dapat diramalkan dengan menggunakan simulasi. Simulasi Monte Carlo merupakan simulasi probabilistik di mana suatu solusi dari suatu masalah diberikan berdasarkan proses randomisasi. Proses acak ini melibatkan suatu distribusi probabilitas dari variabel data yang dikumpulkan berdasarkan data masa lalu maupun distribusi probabilitas teoritis. Dengan menggunakan metode simulasi monte carlo perusahaan dapat memprediksi permintaan^[4].

Hasil analisis ABC dan simulasi Monte Carlo terkait permintaan yang sudah dilakukan, selanjutnya digunakan untuk menghitung jumlah *safety stock* dari ke-3 jenis bahan baku yang masuk ke dalam kelas A (sangat penting), sehingga hasil analisis ini dapat mengurangi terjadinya *stockout* maupun *overstock*.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi tingkat kepentingan bahan baku yang ada di PT. DRA Component dengan menggunakan analisis ABC, mengetahui hasil peramalan terhadap permintaan produk dengan menggunakan simulasi Monte Carlo, mengetahui berapa banyak jumlah *stock* pengaman bahan baku yang harus dimiliki perusahaan.

a. Pengendalian Persediaan

Persediaan merupakan salah satu aset yang dimiliki oleh perusahaan, dimana aset tersebut membutuhkan suatu penanganan khusus sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar dan perusahaan dalam posisi yang siap untuk mengatasi apabila terjadi lonjakan permintaan dari konsumen dimana hal ini akan memberikan keuntungan yang maksimal untuk keberlanjutan perusahaan^[5].

Pengendalian persediaan merupakan tindakan yang sangat penting dan harus dilakukan oleh perusahaan. Pada proses pengendalian akan dilakukan untuk menghitung beberapa jumlah optimal tingkat persediaan yang diharuskan, serta kapan saatnya mulai mengadakan pemesanan kembali. Pengendalian bahan baku dalam perusahaan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi biaya persediaan bahan baku, karena sangat berpengaruh terhadap biaya produksi perusahaan. Pengendalian bahan baku dapat menunjang kegiatan-kegiatan yang ada dalam perusahaan yang bersangkutan. Keterkaitan dari seluruh pelaksanaan kegiatan yang ada dalam perusahaan akan menunjang terciptanya pengendalian bahan baku yang baik^[6].

b. Analisis ABC

Analisis ABC merupakan suatu analisis yang memfokuskan pengendalian persediaan didasarkan pada persediaan yang memiliki kepentingan nilai tinggi. Analisis ini menerapkan prinsip "*Pareto the Critical Few and Trivial Many*" yang diperkenalkan oleh HF. Dickie pada tahun 1950-an. Analisis ini membagi persediaan ke dalam tiga kelas yang berbeda berdasarkan nilai (volume) persediaan tersebut. Dari hasil analisis ini akan didapatkan hasil untuk mengetahui item mana yang harus mendapat perhatian lebih intensif atau serius daripada item lainnya^[7].

1. Kelas A: Barang-barang yang memberikan nilai yang tinggi. Walaupun kelompok A ini hanya diwakili oleh 20% dari jumlah persediaan yang ada tetapi kontribusi nilai yang diberikan pada perusahaan adalah sebesar 80%. Persediaan yang termasuk kelas ini memerlukan perhatian yang tinggi dalam pengadaannya karena berdampak pada biaya yang tinggi dan pemeriksaan haruslah dilakukan secara intensif untuk menghindari resiko.
2. Kelas B: merupakan barang-barang yang memberikan nilai sedang. Kelompok persediaan kelas B ini diwakili oleh 30% dari jumlah persediaan dan nilai yang dihasilkan adalah sebesar 15%.

3. Kelas C: merupakan barang-barang yang memberikan nilai yang rendah. Kelompok persediaan kelas C diwakili oleh 50% dari total persediaan yang ada dan kontribusi nilai yang dihasilkan bagi perusahaan hanyalah sebesar 5%. Dalam kelas ini diperlukan teknik pengendalian yang sederhana dan pemeriksaan tidak perlu dilakukan secara intens.

c. Simulasi Monte Carlo

Simulasi merupakan metode *trial and error* yang mewakili ciri-ciri, keadaan dan karakteristik dunia nyata atau dapat dikatakan sebagai tiruan atas suatu keadaan yang terjadi secara nyata dan berfungsi untuk memecahkan permasalahan tersebut. Penggunaan metode simulasi erat akan perangkat komputer dengan prinsip dasar yaitu membangun model matematik yang sesuai sistem nyatanya selanjutnya diubah menjadi model program komputer yang mampu menirukan perilaku sistem nyata. Dari pemrograman tersebut akan dirancang skenario percobaan yang akan digunakan sebagai solusi dalam menyelesaikan masalah yang terjadi pada sistem nyatanya^[8].

Simulasi Monte Carlo juga dikenal dengan istilah *Sampling Simulation* atau *Monte Carlo Sampling Technique*. *Sampling simulation* ini menggambarkan terhadap kemungkinan penggunaan data sampel dalam metode Monte Carlo dan juga sudah dapat diketahui atau diperkirakan distribusinya. Simulasi ini menggunakan data yang sudah ada (*historical data*) yang sebenarnya dipakai pada simulasi untuk tujuan lain. Dengan kata lain, apabila menghendaki model simulasi yang mengikutsertakan *random* dan *sampling* dengan distribusi probabilitas yang dapat diketahui dan ditentukan maka cara simulasi Monte Carlo ini dapat dipergunakan. Adapun penggunaan metode ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kesalahan atau keacakan variasi mempengaruhi sensitivitas, kinerja, atau keandalan sistem yang dimodelkan^[9].

Dalam pengerjaan simulasi terdapat beberapa tahapan dalam pembuatan model simulasi Monte Carlo terdapat beberapa langkah yakni sebagai berikut^[10]:

1. Membuat distribusi kemungkinan untuk setiap variabel yang memiliki unsur probabilistik.

$$P = \frac{F}{TF} \quad (1)$$

2. Melakukan *input modelling* dengan menentukan distribusi probabilitas kumulatif untuk variabel-variabel tersebut.

$$\text{Probabilitas Kumulatif} = P_n + P_{n-1} \quad (2)$$

3. Penggunaan bilangan acak dalam simulasi diurutkan berdasarkan rentang distribusi probabilitas kumulatif dari setiap variabel yang akan digunakan dengan tujuan untuk memberikan gambaran tentang variasi yang sebenarnya. Pembangkitan bilangan acak memerlukan nilai dari rata-rata permintaan, standar deviasi, nilai *absolute error* dan jumlah angka acak.

$$\bar{X} = \frac{\sum \bar{X}_i}{n} \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (4)$$

$$\mathcal{E} = \text{relative error} \times \text{rata-rata} \quad (5)$$

$$N = \left(\frac{3\sigma}{\mathcal{E}} \right)^2 \quad (6)$$

4. Angka *random* ini adalah suatu set angka yang kemungkinan timbulnya adalah sama (probabilitas timbulnya angka tersebut sama) dan pola angka yang timbul tidak dapat diidentifikasi. Bilangan acak diperoleh dari sebuah tabel bilangan acak yaitu pada Microsoft Excel dengan bantuan fungsi “=Rand()”
5. Membuat simulasi dari rangkaian percobaan (eksperimen).
6. Melakukan replikasi hasil simulasi.

d. Safety Stock

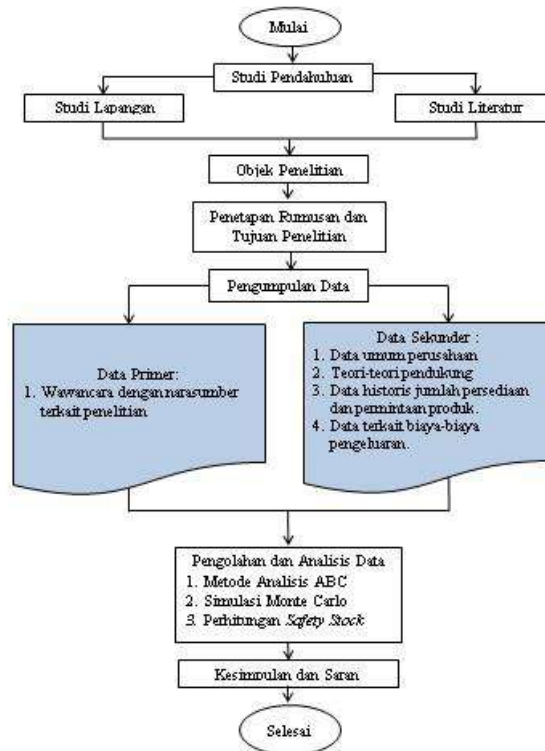
Safety stock merupakan metode yang berfungsi untuk membantu perusahaan dalam menghindari segala bentuk resiko yang dapat ditimbulkan dari adanya persediaan. Perhitungan *safety stock* didasarkan pada seberapa besar nilai penyimpangan yang terjadi terhadap rata-rata selama periode beberapa bulan terakhir^[11]

$$SS = Z \times S_d \quad (7)$$

2. METODE PENELITIAN

Topik penelitian yang diangkat dalam penelitian ini adalah analisis persediaan, dengan metode Analisis ABC, Monte Carlo dan perhitungan *safety stock* agar dapat meningkatkan efisiensi persediaan pada perusahaan. Dalam penelitian dilakukan di PT. DRA Component Persada. Bahan baku utama yang digunakan untuk memproduksi berbagai macam baut adalah kawat dengan jumlah jenis dari kawat yang digunakan yaitu sebanyak 41 jenis dengan diameter yang bervariasi sesuai dengan *grade* dari kawat tersebut.

Untuk mengidentifikasi masalah peneliti melakukan observasi secara langsung serta melakukan wawancara kepada karyawan dan pemilik perusahaan mengenai permasalahan yang pernah dan sering terjadi di perusahaan tersebut. Selanjutnya peneliti merumuskan masalah-masalah yang ada berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang telah dilakukan untuk mengetahui hasil klasifikasi jenis bahan baku didasarkan pada tingkat kepentingan, hasil peramalan terkait permintaan produk dengan menggunakan simulasi monte carlo serta hasil perhitungan *safety stock* untuk menghindari terjadinya *stockout* maupun *overstock* bahan baku pada perusahaan. Berikut merupakan diagram alur dari penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Identifikasi Tingkat Kepentingan Bahan Baku

Dalam proses produksinya PT. DRA Component Persada menggunakan berbagai macam bahan baku dengan diameter yang bervariasi sesuai dengan *grade* dari kawat tersebut. Dimana bahan baku yang digunakan dipesan dari beberapa *supplier* yang berbeda. Dari beragam bahan baku yang dimiliki, tidak semua bahan baku memiliki tingkat kepentingan yang sama. Oleh sebab itu, dilakukanlah klasifikasi bahan baku berdasarkan tingkat kepentingan dengan menggunakan metode Analisa ABC, dimana metode ini mengklasifikasi barang berdasarkan tingkat kepentingan dari suatu item yang terbagi menjadi tiga kelas yaitu kelas A (sangat penting), kelas B (penting) dan kelas C (kurang penting) yang didasarkan pada volume pemakaian dalam satuan rupiah untuk selanjutnya dilakukan peramalan dengan menggunakan simulasi Monte Carlo. Pengelompokan bisa dilakukan untuk menentukan jenis bahan baku apa saja yang membutuhkan pengendalian intens serta yang lebih dalam untuk perusahaan. Dengan ini penerapan metode ABC diharapkan dapat membantu perusahaan dalam memilih serta mengklasifikasi jenis bahan baku mana lebih utama dari pada bahan baku yang lainnya.

Tabel 1. Hasil Analisis ABC

Supplier	D (Mm) - Grade	Harga (Kg)	Volume Pemakaian /Thn (Kg)	Volume Pemakaian /Thn (Rupiah)	Nilai Kumulatif (Rupiah)	Penyerapan Dana (%)	Nilai Kumulatif (%)	Kelas
PT Yang Mandiri	3,45 - 8A	17200	62411	1073469200	1073469200	20,445%	20,445%	A
PT Yang Mandiri	7,00 - 8A	17200	60262	1036506400	2109975600	19,741%	40,186%	A
PT Yang Mandiri	5,23 - 8A	17200	57416	987555200	3097530800	18,809%	58,995%	A
PT Yang Mandiri	7,90 - 8A	17200	23576	405507200	3503038000	7,723%	66,718%	A
Lancar Jaya	5,85 - KB	15500	22410	347355000	3850393000	6,616%	73,334%	A
PT Yang Mandiri	4,38 - 18A	19400	12698	246341200	4096734200	4,692%	78,025%	A
Lancar Jaya	5,23 - 8A	17200	9527	163864400	4260598600	3,121%	81,146%	B
PT Yang Mandiri	5,90 - 8A	17200	7916	136155200	4396753800	2,593%	83,740%	B
Lancar Jaya	3,45 - 8A	17200	6862	118026400	4514780200	2,248%	85,987%	B
PT Yang Mandiri	3,25 - 8A	17200	4935	84882000	4599662200	1,617%	87,604%	B
PT Yang Mandiri	4,38 - 8A	17200	4436	76299200	4675961400	1,453%	89,057%	B
Mount Zugspitze	5,23 - 8A	17200	4395	75594000	4751555400	1,440%	90,497%	B
PT Yang Mandiri	4,80 - 8A	17200	4313	74183600	4825739000	1,413%	91,910%	B
PT Yang Mandiri	3,37 - 8A	17200	3771	64861200	4890600200	1,235%	93,145%	B
PT Yang Mandiri	2,60 - 8A	17200	3707	63760400	4954360600	1,214%	94,360%	B
PT Yang Mandiri	2,48 - 8A	17200	3635	62522000	5016882600	1,191%	95,550%	C
PT Yang Mandiri	2,80 - 8A	17200	3160	54352000	5071234600	1,035%	96,586%	C
PT Yang Mandiri	5,23 - SWRM	15500	1992	30876000	5102110600	0,588%	97,174%	C
PT Yang Mandiri	3,25 - 18A	19400	1439	27916600	5130027200	0,532%	97,705%	C
Lancar Jaya	7,00 - SWRM	15500	1192	18476000	5148503200	0,352%	98,057%	C
PT. Multi Steel Diluch	9,20 - 8A	17200	954	16408800	5164912000	0,313%	98,370%	C
Lancar Jaya	6,9 - SWRM	15500	1046	16213000	5181125000	0,309%	98,679%	C
Mount Zugspitze	7,90 - 8A	17200	936	16099200	5197224200	0,307%	98,985%	C
Kaizen Presisi	5,23 - 8A	17200	634	10904800	5208129000	0,208%	99,193%	C
PT Yang Mandiri	2,30 - 8A	17200	600	10320000	5218449000	0,197%	99,389%	C
PT Yang Mandiri	2,80 - 18A	19400	500	9700000	5228149000	0,185%	99,574%	C
PT Yang Mandiri	2,10 - 8A	17200	400	6880000	5235029000	0,131%	99,705%	C
PT Yang Mandiri	3,20 - 8A	17200	300	5160000	5240189000	0,098%	99,803%	C
PT Yang Mandiri	3,48 - 8A	17200	200	3440000	5243629000	0,066%	99,869%	C
PT Yang Mandiri	4,35 - 8A	17200	200	3440000	5247069000	0,066%	99,934%	C
PT Yang Mandiri	4,00 - 8A	17200	100	1720000	5248789000	0,033%	99,967%	C
PT Yang Mandiri	5,24 - 8A	17200	100	1720000	5250509000	0,033%	100,000%	C
PT Yang Mandiri	4,24 - 8A	17200	0	0	5250509000	0,000%	100,000%	C
PT Yang Mandiri	8,90 - 8A	17200	0	0	5250509000	0,000%	100,000%	C
PT Yang Mandiri	7,00 - SWRM	15500	0	0	5250509000	0,000%	100,000%	C
Mount Zugspitze	3,45 - 8A	17200	0	0	5250509000	0,000%	100,000%	C
Mount Zugspitze	5,90 - SWRM	15500	0	0	5250509000	0,000%	100,000%	C
Mount Zugspitze	6,90 - SWRM	15500	0	0	5250509000	0,000%	100,000%	C

Mount Zugspitze	7,00 - SWRM	15500	0	0	5250509000	0,000%	100,000%	C
Mount Zugspitze	5,85 - KB	15500	0	0	5250509000	0,000%	100,000%	C
Lancar Jaya	5,90 - SWRM	15500	0	0	5250509000	0,000%	100,000%	C

b. Identifikasi Peramalan Terkait Permintaan Bahan Baku

Pengolahan data menggunakan simulasi Monte Carlo untuk mendapatkan hasil peramalan. Peramalan yang dilakukan sebanyak 1 tahun ke depan yaitu bulan April 2022 – Maret 2023 untuk 3 jenis bahan baku yang tergolong ke dalam kelas A. Adapun langkah simulasi Monte Carlo untuk bahan baku grade 8A dengan diameter 3,45 mm oleh PT. Yang Mandiri yaitu:

1. Penentuan Distribusi Probabilitas

Perhitungan penentuan distribusi probabilitas dilakukan pada masing-masing permintaan pada setiap periode. Hasil probabilitas atau nilai peluang yang akan dijadikan pengganti frekuensi kejadian dari setiap variable.

$$P(\text{Maret}) = \frac{\text{Frekuensi}}{\text{Total Frekuensi}} = \frac{3.589}{62.411} = 0,0575$$

2. Penentuan Distribusi Probabilitas Kumulatif

$$\begin{aligned} P_k(\text{Mei}) &= \text{Probabilitas bulan Mei} + \text{Distribusi Kumulatif bulan April} \\ &= 0,0575 + 0,0742 \\ &= 0,1317 \sim 0,13 \end{aligned}$$

3. Penentuan Interval Acak

Penentuan interval angka acak berdasarkan batas bawah dan batas atas setiap kelas. Batas Bawah (Mei) = Batas Atas bulan April +1

$$= 7+1 = 8$$

$$\begin{aligned} \text{Batas Atas (Mei)} &= (\text{Distribusi Probabilitas Kumulatif} \times 100) - 1 \\ &= (0,13 \times 100) - 1 = 12 \end{aligned}$$

4. Pembangkitan Bilangan Acak

Pembangkitan bilangan acak (*random*) dilakukan dengan menghitung rata-rata jumlah permintaan bulan April 2021 – Maret 2022, standar deviasi, nilai *absolute error* dan jumlah angka acak

- Perhitungan Nilai Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{62.411}{12} = 5.201 \text{ Kg}$$

- Perhitungan Nilai Standar Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{32.546.347}{12-1}} = 1.720$$

- Perhitungan Nilai *Absolute Error*

$$\varepsilon = 0,05 \times 5201 = 260$$

- Perhitungan Jumlah Angka Acak

$$N = \left(\frac{3 \times 1720}{12} \right)^2 = 394$$

Tabel 2. Data Hasil Simulasi Monte Carlo

No.	Bulan-Tahun	Jumlah Permintaan (Kg)	Distribusi Frekuensi	Distribusi Kumulatif	Interval Angka Acak
PT. Yang Mandiri - Grade 8A - Diameter 3,45					
1	Apr-21	4.630	0,0742	0,07	0 – 7
2	Mei-21	3.589	0,0575	0,13	8 – 12
3	Jun-21	5.100	0,0817	0,21	13 – 20
4	Jul-21	1.597	0,0256	0,24	21 – 23
5	Agust-21	5.600	0,0897	0,33	24 – 32

6	Sep-21	5.609	0,0899	0,42	33 – 41
7	Okt-21	8.060	0,1291	0,55	42 – 54
8	Nov-21	3.503	0,0561	0,60	55 – 59
9	Des-21	5.830	0,0934	0,70	60 – 69
10	Jan-22	6.864	0,1100	0,81	70 – 80
11	Feb-22	5.400	0,0865	0,89	81 – 88
12	Mar-22	6.629	0,1062	1,00	89 - 100
Total		62.411	1		

Tabel 2. Data Hasil Simulasi Monte Carlo (Lanjutan)

No.	Bulan-Tahun	Jumlah Permintaan (Kg)	Distribusi Frekuensi	Distribusi Kumulatif	Interval Angka Acak
PT. Yang Mandiri - Grade 8A - Diameter 7,00					
1	Apr-21	1.750	0,0290	0,03	0 – 3
2	Mei-21	3.366	0,0559	0,08	4 – 7
3	Jun-21	6.578	0,1092	0,19	8 – 18
4	Jul-21	300	0,0050	0,20	19 – 19
5	Agu-21	4.155	0,0689	0,27	20 – 26
6	Sep-21	5.377	0,0892	0,36	27 – 35
7	Okt-21	6.139	0,1019	0,46	36 – 45
8	Nov-21	7.113	0,1180	0,58	46 – 57
9	Des-21	3.452	0,0573	0,63	58 – 62
10	Jan-22	8.011	0,1329	0,77	63 – 76
11	Feb-22	6.160	0,1022	0,87	77 – 86
12	Mar-22	7.861	0,1304	1,00	87 - 100
Total		60.262	1		
PT. Yang Mandiri - Grade 8A - Diameter 5,23					
1	Apr-21	4.977	0,0881	0,08	0 – 8
2	Mei-21	100	0,0018	0,09	9 - 9
3	Jun-21	8.357	0,1480	0,24	10 – 23
4	Jul-21	1.600	0,0283	0,27	24 – 26
5	Agu-21	3.871	0,0685	0,33	27 – 32
6	Sep-21	4.122	0,0730	0,41	33 – 40
7	Okt-21	6.438	0,1140	0,52	41 – 51
8	Nov-21	6.477	0,1147	0,64	52 – 63
9	Des-21	4.758	0,0842	0,72	64 – 71
10	Jan-22	4.845	0,0858	0,81	72 – 80
11	Feb-22	3.076	0,0545	0,86	81 – 85
12	Mar-22	7.861	0,1392	1,00	86 - 100
Total		56.482	1		

Dengan menggunakan bantuan *software excel* “=Rand()”, maka dilakukan simulasi monte carlo untuk 3 jenis bahan baku yang termasuk ke dalam kelas A. Peramalan dilakukan untuk permintaan bulan April 2022 sampai Maret 2023. Berikut adalah rekapitulasi dari hasil peramalan yang telah dilakukan

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Simulasi Monte Carlo

	Apr 2022	Mei 2022	Juni 2022	Juli 2022	Agust 2022	Sept 2022	Okt 2022	Nov 2022	Des 2022	Jan 2023	Feb 2023	Mar 2023
PT. Yang Mandiri - Grade 8A - Diameter 3,45												
Rata -rata	5732	5723	5747	5807	5827	5887	5884	5785	5829	5723	5757	5783
Standar Deviasi	1346	1352	1368	1350	1448	1366	1442	1371	1402	1478	1430	1403
Absolute Error	287	286	287	290	291	294	294	289	291	286	288	289
% Error	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
PT. Yang Mandiri - Grade 8A - Diameter 7,00												
Rata -rata	6236	6115	6196	6069	6192	6168	6194	6133	6209	6213	6119	6128
Standar Deviasi	1659	1664	1648	1693	1579	1656	1685	1675	1667	1619	1679	1671
Absolute Error	312	306	310	303	310	308	310	307	310	311	306	306
% Error	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
PT. Yang Mandiri - Grade 8A - Diameter 5,23												
Rata -rata	6310	6601	4424	4758	7169	4758	6353	5708	5174	5992	5280	4757
Standar Deviasi	1863	1821	1859	1908	1813	1839	1842	1807	1913	1872	1958	1930
Absolute Error	315	330	221	238	358	238	318	285	259	300	264	238

% Error	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
---------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

c. *Menentukan Jumlah Safety Stock*

Standart layanan menurut kebijakan perusahaan sebesar 99% yang dapat diartikan bahwa PT. DRA Component Persada dapat memenuhi 99% permintaan dan 1% perusahaan mengalami kekurangan produk. Sehingga dengan bantuan tabel Z didapatkan nilai dari faktor pengalinya adalah sebesar 2,33. Adapun perhitungan nilai *safety stock* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Menentukan Nilai *Safety Stock*

No	Bulan - Tahun	Standar Deviasi (SD)	Nilai Standar Pelayanan (Z)	<i>Safety Stock</i> (SD x Z)
PT. Yang Mandiri - Grade 8A - Diameter 3,45				
1	April 2022	1346	2,33	3136
2	Mei 2022	1352		3150
3	Juni 2022	1368		3187
4	Juli 2022	1350		3146
5	Agustus 2022	1448		3374
6	September 2022	1366		3183
7	Oktober 2022	1442		3360
8	November 2022	1371		3194
9	Desember 2022	1402		3267
10	Januari 2023	1478		3444
11	Februari 2023	1430		3332
12	Maret 2023	1403		3269
PT. Yang Mandiri - Grade 8A - Diameter 7,00				
1	April 2022	1659	2,33	3865
2	Mei 2022	1664		3877
3	Juni 2022	1648		3840
4	Juli 2022	1693		3945
5	Agustus 2022	1579		3679
6	September 2022	1656		3858
7	Oktober 2022	1685		3926
8	November 2022	1675		3903
9	Desember 2022	1667		3884
10	Januari 2023	1619		3772
11	Februari 2023	1679		3912
12	Maret 2023	1671		3893
PT. Yang Mandiri - Grade 8A - Diameter 5,23				
1	April 2022	1823	2,33	4341
2	Mei 2022	1821		4243
3	Juni 2022	1859		4331
4	Juli 2022	1908		4446
5	Agustus 2022	1813		4224
6	September 2022	1839		4285
7	Oktober 2022	1842		4292
8	November 2022	1807		4210
9	Desember 2022	1913		4457
10	Januari 2023	1872		4362
11	Februari 2023	1958		4562
12	Maret 2023	1930		4497

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dalam menganalisis persediaan bahan baku pembuatan baut di PT. DRA Component Persada, maka didapat beberapa kesimpulan yang diperoleh bahwa dengan menggunakan analisis ABC dapat dikelompokkan barang menurut nilai pemakaian dan nilai investasi dana persediaannya, sehingga lebih memudahkan di dalam perencanaan dan pengendalian persediaannya. Dari hasil analisis ABC, didapatkan 6 bahan baku yang tergolong kedalam kelas A (sangat penting), dimana 3 bahan baku teratas tersebut selanjutnya dilakukan peramalan permintaan dengan menggunakan simulasi Monte Carlo untuk meramalkan jumlah permintaan selama satu tahun ke depan dengan rata-rata perbulannya yaitu 5.791 Kg untuk diameter 3,45 mm, 6.164 Kg untuk diameter 7,00 dan 5.606 Kg untuk diameter 5,23 mm. Adapun hasil perhitungan rata-rata jumlah *safety stock* perbulannya untuk masing-masing bahan baku yaitu sebanyak 3.254 kg untuk kawat grade 8A dengan diameter 3,45 mm, 3.863 kg untuk kawat grade 8A dengan diameter 7,00 mm dan 4.354 kg untuk kawat grade 8A dengan diameter 5,23 mm dimana jumlah ini bertujuan untuk mengurangi terjadinya *stockout* maupun *overstock*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Y. R. Karamoy *et al.*, “Analisis Persediaan Bahan Baku Pada Moy Restaurant Tonsaru Tondano Di Era Pandemi Covid-19,” *EMBA*, vol. 10, no. 1, pp. 510–517, 2022.
- [2] Ratningsih, “Penerapan Metode Economic Order Quantity (EOQ) Untuk Meningkatkan Efisiensi Pengendalian Persediaan Bahan Baku Pada CV Syahdika,” *J. Ekon. Manaj.*, vol. 19, no. 2, pp. 158–164, 2021, doi: 10.31294/jp.v19i2.11342.
- [3] R. Noviani, Y. N. Nasution, and A. Rizki, “Klasifikasi Persediaan Barang Menggunakan Analisis Always Better Control (ABC) dan Prediksi Permintaan dengan Metode Monte Carlo (Studi Kasus : Persediaan Obat Pada Apotek Mega Rizki Tahun 2016),” *J. EKSPONENSIAL*, vol. 8, no. 2, pp. 103–110, 2017.
- [4] S. Wignjosubroto, *Pengantar Teknik & Manajemen Industri*, 1st ed. Surabaya: Guna Widya, 2010.
- [5] H. Purnomo, *Pengantar Teknik Industri*, 2nd ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [6] A. Dahari, D. Herwanto, and J. Arifin, “Analisa Pengendalian Persediaan Bahan Baku Bumbu Racik Makanan dari Raw Material Hingga Barang Jadi (Finish Good) di PT. Ariake Europe Indonesia,” *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 5, no. 2, pp. 272–277, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP>.
- [7] M. Trihudiyatmanto, “Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Dengan Menggunakan Metode Economic Order Quantity (EOQ) (Studi Empiris Pada Cv. Jaya Gemilang Wonosobo),” *J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. UNSIQ*, vol. 4, no. 3, pp. 220–234, 2017, doi: 10.32699/ppkm.v4i3.427.
- [8] H. Fauzi Afianti and H. Hamdi Azwir, “Pengendalian Persediaan dan Penjadwalan Pasokan Bahan Baku Impor dengan Metode ABC Analysis di PT Unilever Indonesia, Cikarang, Jawa Barat,” *J. IPTEK*, vol. 21, no. 2, pp. 77–90, 2017.
- [9] M. E. Kaukab, “Implementasi Activity-Based Costing Pada UMKM,” *J. Econ. Manag. Account. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 69–78, 2019, doi: 10.32500/jematech.v2i1.576.
- [10] L. M. Cahya Wulandari and L. D. Indrianto Putri, “Inventory Control Analysis of Plastic Raw Materials Using Monte Carlo Simulation Approach,” *Opsi*, vol. 14, no. 1, p. 104, 2021, doi: 10.31315/opsi.v14i1.4744.
- [11] C. Chalimatusadiah, D. C. Lesmana, and R. Budiarti, “Penentuan Harga Opsi Dengan Volatilitas Stokastik Menggunakan Metode Monte Carlo,” *Jambura J. Math.*, vol. 3, no. 1, pp. 80–92, 2021, doi: 10.34312/jjom.v3i1.10137.
- [12] Ermayana Megawati, Jihan Pradesi, Dewi Zainul Khabibah, and Firman Ardiansyah Ekoanindiyo, “Pendekatan Metode ABC Pada Toko X untuk Pengendalian Persediaan Barang,” *J. Tek. Media Pengemb. Ilmu dan Apl. Tek.*, vol. 20, no. 2, pp. 156–165, 2021, doi: 10.26874/jt.vol20no2.400.

Peramalan Permintaan Produk SR12 Sabun Bulus di PT ANI Dengan Simulasi Monte Carlo

Livia Dwi Ananda¹, Laela Chairani¹

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

Abstrak. Perkembangan bisnis dapat dipengaruhi oleh kualitas pelayanan dan ketepatan dalam pengambilan keputusan. Perusahaan perlu mempersiapkan teknologi, biaya, tempat, dan metode perencanaan untuk mengambil keputusan di masa mendatang. Untuk merencanakan pengambilan keputusan yang akan datang maka diperlukan metode peramalan permintaan. Peramalan permintaan berperan penting dalam manajemen operasi sebagai *input* perencanaan produksi. PT. ANI adalah perusahaan jasa maklun yang memproduksi produk *personal care*. Dalam periode Juni – Juli 2021, permintaan tertinggi yaitu produk Sabun Bulus dengan total permintaan 260 ribu unit. Adanya bias antara peramalan dengan kondisi aktual yang bersifat probabilitas menyebabkan kerugian di beberapa proses bisnis. Dalam penelitian ini digunakan metode simulasi Monte Carlo sebagai metode peramalan permintaan Sabun Bulus. Rata-rata jumlah permintaan dengan peramalan metode simulasi Monte Carlo untuk periode Desember 2021 – Mei 2022 adalah sebanyak 48.462 unit dengan persentase *error* sebanyak 5%.

Kata kunci: Permintaan, Penjualan, Sabun Bulus, Peramalan, Monte Carlo

1. PENDAHULUAN

Bisnis dapat berkembang pesat maupun menurun berdasarkan kualitas pelayanan dan ketepatan dalam pengambilan keputusan. Keputusan yang seringkali dihadapi perusahaan mengacu pada tantangan di masa yang akan datang diantaranya adalah kondisi persaingan, kondisi pasar, kondisi ekonomi dan keinginan konsumen di masa yang akan datang yang berpengaruh terhadap permintaan produk serta pelayanan yang akan diberikan perusahaan. Kemampuan untuk mengantisipasi permasalahan yang akan muncul dimasa yang akan datang serta strategi pelayanan untuk meningkatkan kepuasan pelanggan diperlukan oleh setiap perusahaan agar dapat mencapai keuntungan yang maksimal. Oleh karena itu, perusahaan perlu mengerahkan seluruh sumber daya yang ada untuk memenuhi permintaan konsumen agar barang maupun jasa tersedia pada waktu, tempat, dan jumlah yang tepat. Perusahaan perlu mempersiapkan sistem teknologi, biaya, analisis bisnis, dan metode perencanaan dan peramalan permintaan dalam upaya meningkatkan kemampuan perusahaan untuk memenuhi permintaan dimasa yang akan datang.

Peramalan permintaan mempunyai peran penting dalam manajemen operasi sebagai input untuk perencanaan kegiatan produksi. Peramalan permintaan masa depan didasari oleh informasi permintaan konsumen dimasa lalu. Namun pada kenyataannya, perusahaan memiliki banyak tantangan untuk melakukan peramalan yang sangat bervariasi yang dapat menyebabkan prediksi bias. Prediksi bias ini akan mempengaruhi akurasi dan efisiensi urutan penjadwalan produksi dan perencanaan sumber daya perusahaan. Peramalan yang bias ini akan mempengaruhi ketepatan dan efektivitas urutan penjadwalan produksi dan perencanaan sumber daya manufaktur. Prediksi bias ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti ketidakpastian permintaan produk, lead time yang pendek sehingga manajemen cenderung mengabaikan aspek pengelolaan persediaan, manajemen kurang memahami metode peramalan yang sesuai, kesulitan mengitung biaya penanganan dan lain lain. Khususnya, karena faktor eksternal yang bersifat uncontrollable yang menyebabkan permintaan menjadi bersifat probabilistik.

Untuk produk-produk yang sangat kompetitif di pasar, khususnya produk Fast Moving Consumer Good (FMCG), tingkat probabilitas permintaannya sangat tinggi. Permintaan pasar menjadi semakin fluktuatif karena faktor-faktor seperti percepatan siklus ekonomi, persaingan yang ketat, keinginan konsumen, evolusi produk dan teknologi produksi yang cepat. Faktor-faktor tersebut seringkali menyebabkan penyimpangan hasil peramalan yang cukup besar saat menggunakan metode peramalan tradisional karena metode peramalan tradisional tidak cukup mencakup dan mengelola komponen variabilitas acak permintaan.

*Corresponding author: liviadwiananda@gmail.com

Oleh karena itu, perusahaan perlu mempertimbangkan metode peramalan probabilistik yang mudah diaplikasikan dan memberikan hasil yang optimal. Salah satu metode untuk meramalkan permintaan yang bersifat probabilistic adalah metode simulasi Monte Carlo.

Monte Carlo adalah metode analisis numerik probabilistik yang melibatkan pengambilan sampel eksperimen bilangan acak. Simulasi Monte Carlo dapat memperkirakan secara akurat hampir semua jenis proses stokastik. Simulasi Monte Carlo juga sebelumnya pernah diterapkan pada penelitian yang dilakukan oleh Moh. Jufrianto pada tahun 2020 dengan judul Peramalan Permintaan Keripik Pisang dengan Simulasi Monte Carlo. Pada penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa peramalan permintaan dilakukan selama dua belas bulan dan menggunakan data historis permintaan aktual pada tahun 2018 dan 2019. Hasil peramalan permintaan pada tahun 2020 diperoleh total sebesar 45.958 kg dengan tingkat akurasi sebesar 98.68%. PT. ANI adalah perusahaan jasa maklun yang memproduksi produk *personal care*. PT. ANI memproduksi berbagai macam *skincare* sesuai dengan permintaan konsumen.

PT. ANI selama ini hanya melakukan peramalan berdasarkan asumsi dari permintaan rata-rata pelanggan sehingga belum memiliki metode peramalan yang tepat. Hasil dari metode peramalan PT. ANI terkadang bias dengan permintaan aktual. Dengan besarnya bias peramalan tersebut, maka dapat mengakibatkan PT. ANI mengalami kekurangan maupun kelebihan persediaan untuk bahan baku pembuatan produk Sabun Bulus. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk meramalkan permintaan produk Sabun Bulus dengan menggunakan simulasi Monte Carlo.

2. TINJAUAN PUSTAKA

a. Peramalan

Peramalan adalah suatu perkiraan tingkat permintaan yang diharapkan untuk suatu produk atau beberapa produk dalam periode waktu tertentu di masa yang akan datang. Oleh karena itu, peramalan pada dasarnya merupakan suatu taksiran, tetapi dengan menggunakan cara-cara tertentu peramalan dapat lebih daripada hanya satu taksiran. Dapat dikatakan bahwa peramalan adalah suatu taksiran yang ilmiah meskipun akan terdapat sedikit kesalahan yang disebabkan oleh adanya keterbatasan kemampuan manusia.

Dalam peramalan (*forecasting*) tidak jarang terjadi kesalahan misalnya saja penjualan sering tidak sama dengan nilai eksak yang diperkirakan. Sedikit variasi dari perkiraan sering dapat diserap oleh kapasitas tambahan, sediaan penjadwalan permintaan. Tetapi, variasi perkiraan yang besar dapat merusak operasi. Ada tiga cara untuk mengakomodasi perkiraan, yaitu yang pertama adalah mencoba mengurangi kesalahan melakukan pemerkiraan yang lebih baik. Yang kedua adalah, membuat fleksibilitas pada operasi dan yang terakhir adalah mengurangi waktu tunggu yang dibutuhkan dalam peramalan. Tetapi kemungkinan kesalahan terkecil adalah tujuan yang konsisten dengan biaya peramalan yang masuk akal^[1].

Perusahaan selalu menentukan sasaran dan tujuan, berusaha menduga faktor-faktor lingkungan, lalu memilih tindakan yang diharapkan akan menghasilkan pencapaian sasaran dan tujuan tersebut. Kebutuhan akan peramalan meningkat sejalan dengan usaha manajemen untuk mengurangi ketergantungannya pada hal-hal yang belum pasti. Peramalan menjadi lebih ilmiah sifatnya dalam menghadapi lingkungan manajemen. Karena setiap organisasi berkaitan satu sama lain, baik buruknya ramalan dapat mempengaruhi seluruh bagian organisasi.

b. Model Simulasi

Model simulasi bertujuan untuk mereplikasi cara kerja dan logika nyata dengan menggunakan deskripsi statistik dan segala aktivitas yang terlibat. Model simulasi merupakan sebuah perangkat uji coba untuk menentukan alternatif terbaik dengan menerapkan aspek-aspek penting^[2]. Model simulasi membantu manusia untuk mengambil keputusan, terutama untuk sistem yang rumit dan tidak mudah dipahami. Simulasi dapat digunakan untuk memprediksi keadaan masa depan suatu sistem melalui data masa lalu. Model simulasi dan optimasi sering digunakan dalam analisis kuantitatif tetapi menggunakan konsep yang berbeda. Model simulasi memiliki kelebihan untuk membantu mendapatkan struktur keseluruhan dari sistem yang kompleks dan membutuhkan waktu yang singkat untuk memperoleh hasil pemodelannya sehingga relatif mudah untuk diimplementasikan. Sebagai alat analisis, model simulasi juga memiliki kekurangan yaitu model simulasi yang baik bisa membutuhkan biaya yang mahal karena membutuhkan waktu yang lama untuk mengembangkannya, simulasi tidak selalu menghasilkan solusi yang optimal seperti dalam pemrograman linier sehingga jika simulasi diulang dapat menghasilkan solusi yang berbeda, model simulasi tidak

menghasilkan jawaban tanpa masukan yang lengkap dan faktual sehingga harus didefinisikan terlebih dahulu semua kondisi dan kendala dari solusi yang ingin diuji, solusi dari suatu model dan kesimpulannya seringkali tidak dapat diterapkan pada masalah lain.

c. Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo adalah teknik matematika yang menghasilkan variabel acak untuk memodelkan resiko atau ketidakpastian suatu sistem. Input berupa varian acak dimodelkan berdasarkan distribusi probabilitas seperti normal, log normal, dll. Iterasi atau simulasi yang berbeda dijalankan untuk menghasilkan jalur dan hasilnya diperoleh dengan menggunakan perhitungan numerik yang sesuai. Simulasi Monte Carlo adalah metode yang paling dapat digunakan ketika model memiliki parameter yang tidak pasti atau sistem dinamis yang kompleks perlu dianalisis. Simulasi Monte Carlo adalah metode probabilistik untuk memodelkan risiko dalam suatu sistem.

Simulasi Monte Carlo ditemukan oleh John von Neumann dan Stanislaw Ulam selama Perang Dunia II untuk meningkatkan pengambilan keputusan dalam kondisi yang tidak pasti. Meskipun memiliki informasi masa lalu dan masa kini, sulit untuk memprediksi masa depan dengan presisi dan akurasi yang mutlak. Hal ini terjadi karena faktor-faktor yang bersifat dinamis yang dapat mempengaruhi hasil dari suatu keputusan. Simulasi Monte Carlo memungkinkan untuk melihat kemungkinan hasil dari suatu keputusan. Dengan demikian dapat membantu mengambil keputusan yang lebih baik di bawah ketidakpastian. Seiring dengan hasil, simulasi Monte Carlo juga dapat memungkinkan pembuat keputusan melihat probabilitas hasil^[3].

Simulasi Monte Carlo menggunakan distribusi probabilitas untuk memodelkan variabel stokastik atau acak. Distribusi probabilitas yang berbeda digunakan untuk memodelkan variabel input seperti normal, lognormal, uniform, dan triangular. Dari distribusi probabilitas variabel input, jalur hasil yang berbeda dihasilkan. Dibandingkan dengan analisis deterministik, simulasi Monte Carlo memberikan simulasi risiko yang lebih unggul. Simulasi Monte Carlo tidak hanya memberikan gambaran hasil yang diharapkan tetapi juga kemungkinan terjadinya hasil itu^[4].

Simulasi Monte Carlo adalah salah satu metode simulasi sederhana yang dapat dibangun secara cepat dengan hanya menggunakan spreadsheet (misalnya Microsoft Excel). Pembangunan model simulasi ini Monte Carlo didasarkan pada probabilitas yang diperoleh dari data historis sebuah kejadian dan frekuensinya. Rumus probabilitas kejadian simulasi Monte Carlo dapat dilihat pada rumus (1).

$$P_i = \frac{f_i}{n} \quad (1)$$

Keterangan:

P_i = probabilitas kejadian i

F_i = frekuensi kejadian i

n = jumlah frekuensi semua kejadian

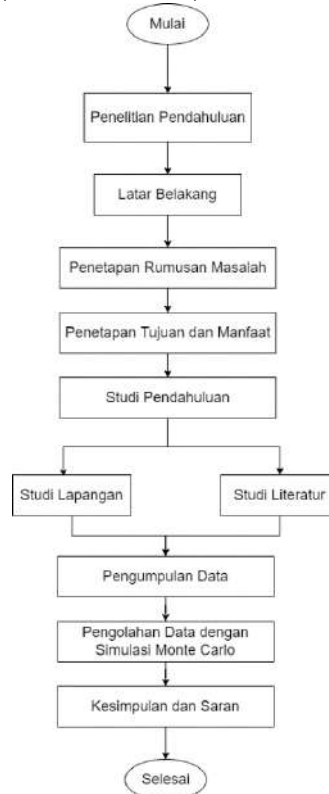
Dalam simulasi Monte Carlo, probabilitas juga dapat ditentukan dengan mengukur probabilitas suatu peristiwa relatif terhadap distribusi yang diberikan. Distribusi ini tentunya telah melalui serangkaian pengujian distribusi seperti Heuristic atau Kolmogorov Smirnov, uji Chi Square, dll. Langkah-langkah untuk melakukan estimasi dengan simulasi monte carlo adalah sebagai berikut^[5]:

1. Menentukan distribusi probabilitas.
2. Mengkonversi distribusi probabilitas ke bentuk frekuensi kumulatif.
3. Menentukan rentang bilangan acak untuk menemukan nilai atas maksimum dan minimum.
4. Menjalankan simulasi menggunakan bilangan acak.
5. Analisis yang dikeluarkan dari keluaran simulasi sebagai masukan bagi alternatif pemecahan permasalahan dengan pengambilan kebijakan.

3. METODE PENELITIAN

Pengumpulan data pada penelitian ini adalah dari data historis penjualan produk Sabun Bulus PT. ANI pada periode bulan Juni – November 2021. Data historis penjualan produk ini diperoleh dari divisi *Production Planning & Inventory Control* (PPIC) PT. ANI. Peramalan permintaan Sabun Bulus di PT. ANI menggunakan metode simulasi Monte Carlo dengan bantuan *software* Microsoft Excel. Langkah awal pengolahan data menggunakan metode simulasi Monte Carlo adalah menentukan distribusi probabilitas apda masing-masing permintaan disetiap periode. Hasil probabilitas atau nilai peluang yang akan dijadikan pengganti frekuensi kejadian dari setiap variabel. Selanjutnya adalah menentukan distribusi probabilitas kumulatif dan menentukan interval angka acak. Penentuan interval angka acak berdasarkan batas bawah dan

batas atas setiap kelas. Kemudian membangkitkan bilangan acak dengan menghitung rata-rata jumlah permintaan bulan Juni – November 2021, standar deviasi, nilai *absolute error* dan jumlah angka acak.



Gambar 1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengumpulan Data

Kebutuhan data dalam peramalan adalah data historis penjualan perusahaan. Data penjualan yang diambil dalam penelitian ini adalah data historis periode bulan Juni – November 2021.

Tabel 1 Data Informasi Penjualan Sabun Bulus

BULAN	PERMINTAAN AKTUAL	HASIL
JUNI	30.000	50.000
JULI	40.000	50.000
AGUSTUS	50.000	30.000
SEPTEMBER	30.000	30.000
OKTOBER	40.000	70.000
NOVEMBER	45.000	30.020

b. Pengolahan Data

Pada tahap ini merupakan pengolahan terhadap data yang diperoleh. Pengolahan data menggunakan simulasi Monte Carlo untuk mendapatkan hasil peramalan. Peramalan yang dilakukan sebanyak 6 bulan ke depan yaitu bulan Desember 2021 – Mei 2022.

1) Penentuan Distribusi Probabilitas

Perhitungan penentuan distribusi probabilitas dilakukan pada masing-masing permintaan pada setiap periode. Hasil probabilitas atau nilai peluang yang akan dijadikan pengganti frekuensi kejadian dari setiap variable.

$$P(\text{Juni}) = \frac{\text{Jumlah permintaan bulan Juni}}{\text{Total Jumlah Permintaan}} \quad (2)$$

$$P(\text{Juni}) = \frac{50.000i}{260.020}$$

$$P(\text{Juni}) = 0,19$$

Hasil dari perhitungan distribusi probabilitas secara keseluruhan dapat dilihat pada table 2.

Tabel 2 Distribusi Probabilitas Permintaan

Bulan	Permintaan (unit)	Distribusi Probabilitas
Juni	50.000	0,19
Juli	50.000	0,19
Agustus	30.000	0,12
September	30.000	0,12
Oktober	70.000	0,27
November	30.020	0,12
Total	260.020	1

Setelah menentukan distribusi probabilitas, kemudian hitung pula rata-rata permintaan produk Sabun Bulus untuk setiap bulannya. Perhitungan rata-rata permintaan berdasarkan distribusi probabilitas adalah sebagai berikut:

$$\text{Permintaan} = (50.000 \times 0,19) + (50.000 \times 0,19) + (30.000 \times 0,12) + (30.000 \times 0,12) + (70.000 \times 0,27) + (30.020 \times 0,12)$$

$$\text{Permintaan} = 48.462 \text{ unit}$$

Jadi rata-rata permintaan per bulan berdasarkan distribusi probabilitas untuk produk Sabun Bulus dari bulan Desember 2021 – Mei 2022 adalah sebanyak 48.462 unit.

2) Penentuan Distribusi Probabilitas Kumulatif

Untuk menentukan distribusi probabilitas kumulatif adalah dengan menjumlahkan probabilitas kumulatif periode sebelumnya dengan distribusi probabilitas periode saat ini. Berikut adalah contoh perhitungannya:

$$\text{Distribusi probabilitas kumulatif (Juli)} = \text{Distribusi Probabilitas Kumulatif bulan Juni} + \text{Distribusi Probabilitas bulan Juli}$$

$$\text{Distribusi probabilitas kumulatif (Juli)} = 0,19 + 0,19$$

$$\text{Distribusi probabilitas kumulatif (Juli)} = 0,38$$

Hasil penentuan distribusi probabilitas kumulatif dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Distribusi Probabilitas Kumulatif Permintaan Sabun Bulus

Bulan	Permintaan (unit)	Distribusi Probabilitas	Distribusi Probabilitas Kumulatif
Juni	50.000	0,19	0,19
Juli	50.000	0,19	0,38
Agustus	30.000	0,12	0,50
September	30.000	0,12	0,62
Oktober	70.000	0,27	0,88
November	30.020	0,12	1

3) Penentuan Interval Angka Acak

Penentuan interval angka acak berdasarkan batas bawah dan batas atas setiap kelas. Contoh penentuan batas bawah pada bulan Juli adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Batas Bawah (Juli)} &= \text{Batas Atas bulan Juni} + 1 \\ \text{Batas Bawah (Juli)} &= 18 + 1 \\ \text{Batas Bawah (Juli)} &= 19 \end{aligned}$$

Contoh penentuan batas atas pada bulan Juli adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Batas Atas (Juli)} &= (\text{Distribusi Probabilitas Kumulatif} \times 100) - 1 \\ \text{Batas Atas (Juli)} &= (0,38 \times 100) - 1 \\ \text{Batas Atas (Juli)} &= 37 \end{aligned}$$

Tabel 4 Interval Angka Acak

Bulan	Permintaan (unit)	Distribusi Probabilitas	Distribusi Probabilitas Kumulatif	Interval Angka Acak
Juni	50.000	0,19	0,19	0 – 18
Juli	50.000	0,19	0,38	19 – 37
Agustus	30.000	0,12	0,50	38 – 49
September	30.000	0,12	0,62	50 – 61
Oktober	70.000	0,27	0,88	62 – 87
November	30.020	0,12	1	88 – 99

4) Pembangkitan Bilangan Acak

Pembangkitan bilangan acak (*random*) dilakukan dengan menghitung rata-rata jumlah permintaan bulan Juni – November 2021, standar deviasi, nilai absolute error dan jumlah angka acak. Berikut adalah hasil perhitungannya rata-rata, standar deviasi, absolute error dan jumlah angka acak:

- Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{50.000 + 50.000 + 30.000 + 30.000 + 70.000 + 30.020}{6}$$

$$\bar{X} = 43.337 \text{ unit}$$

- Standar Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{1.332.800.333}{6-1}}$$

$$\sigma = 16326,67$$

- Absolute Error

$$\mathcal{E} = 0,05 \times 43.447$$

$$\mathcal{E} = 2166,83$$

- Jumlah Angka Acak

$$N = \frac{(3 \times 16326,67)^2}{2166,83}$$

$$N = 511$$

5) Pembangkitan Bilangan Acak

Bangkitkan angka acak dengan menggunakan rumus microsoft excel kemudian sesuaikan hasil

peramalannya dengan jumlah permintaan. Rekapitulasi pengolahan data untuk 511 angka acak dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5 Rekapitulasi Pengolahan Data 511 *Random Number*

	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei
Rata-rata	48163	47537	47889	47419	47380	48280
Standar Deviasi	15607,14	15820	15189,99	15271,63	15745,93	15645,72
<i>Absolute Error</i>	2408,14	2376,86	2394,44	2370,97	2369	2414,01
Persentase <i>Error</i>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah yang maha Esa yang mana dengan rahmat-Nya penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan laporan penelitian yang diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Universitas Pancasila. Dalam menyusun dan menyelesaikan laporan penelitian ini, penulis tidak terlepas dari bantuan pihak-pihak terkait baik dari dosen-dosen dan staf Teknik Industri Universitas Pancasila serta staf-staf Departemen *Supply Chain Management* PT. ANI yang telah membantu selama kegiatan penelitian berlangsung sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian. Oleh karena itu, pada kesempatan ini izinkan penulis untuk mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam proses penelitian hingga penyelesaian laporan penelitian ini. Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan ilmu dan wawasan yang dimiliki penulis selama penyusunan laporan penelitian ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan laporan penelitian ini serta agar dapat dijadikan pembelajaran bagi pembaca yang akan melaksanakan penelitian serupa. Akhir kata, penulis berharap agar kiranya laporan penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik dan bermanfaat bagi pembaca.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Tumpu, *Manajemen Rantai Pasok*, no. January. 2022.
- [2] D. S. Donoriyanto *et al.*, "XYZ DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI MONTE," vol. 01, no. 02, pp. 1–11, 2020.
- [3] P. Produksi, "Perencanaan dan Pengendalian Produksi i."
- [4] M. Metode, M. Carlo, K. K. Simulasi, and M. Carlo, "Simulasi prediksi jumlah mahasiswa baru universitas dehasen bengkulu menggunakan metode monte carlo," vol. VII, 2020.
- [5] B. Sugiharto, "Aplikasi simulasi untuk peramalan permintaan dan pengelolaan persediaan yang bersifat probabilistik," vol. 8, no. 9, pp. 112–120.
- [6] M. Huang, P. Chang, and Y. Chou, "International Journal of Production Demand forecasting and smoothing capacity planning for products with high random demand volatility," no. October 2014, pp. 37–41, doi: 10.1080/00207540601094457.
- [7] F. Exnar and O. M. Č, "Forecasting Differentiated Demand in Manufacturing Plant 2 Objectives of the Research 3 Analysis of the Characteristics of the Demand for Individual Product Variants," pp. 184–188.
- [8] C. Voudouris, G. Owusu, R. Dorne, and D. Lesaint, "Forecasting and Demand Planning 4.1," doi: 10.1007/978-3-540-75504-3.
- [9] K. Muralidhar, "Monte Carlo Simulation," vol. 3, 2003.
- [10] Mahessya R.A., Mardianti L. dan Sovia R, 2017 : Pemodelan dan simulasi sistem antrian pelayanan pelanggan menggunakan metode Monte Carlo pada PT. POS INDONESIA (persero) Padang: Vol. 6 E-ISSN : 2579 - 3918 P-ISSN : 2302 - 710X.

Pengaruh Usia Dan Waktu Kerja Terhadap Kelelahan Kerja Operator Di Departemen Produksi

Bambang Cahyadi^{1*} dan Azhari Noviana Isa¹.

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

Abstrak. Kelelahan kerja merupakan suatu keadaan berkurangnya kemampuan fisik yang dialami oleh seseorang. Faktor-faktor yang dapat menimbulkan kelelahan diantaranya usia dan waktu kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh usia dan waktu kerja terhadap kelelahan kerja yang dialami oleh operator di Departemen Produksi. Kelelahan kerja yang dialami oleh pekerja dapat mengakibatkan penurunan kinerja. Apabila terjadi penurunan kinerja maka berdampak pada produktivitas kerja. Jika tingkat produktivitas seorang tenaga kerja terhambat akibat kelelahan yang dialami, maka dampak yang akan dirasakan oleh perusahaan adalah penurunan produktivitas perusahaan. Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode *multiple regression*. Jumlah Operator yang menjadi responden pada penelitian ini berjumlah 33 orang. Data primer diperoleh melalui kuisioner kelelahan kerja dan data sekunder seperti profil perusahaan diperoleh melalui pihak manajemen perusahaan. Analisis data dilakukan dengan perhitungan uji regresi berganda dan pengujian hipotesis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya pengaruh antara usia dan waktu kerja dengan tingkat kelelahan operator di Departemen Produksi.

Kata kunci: Kelelahan Kerja, Usia, Waktu Kerja, Regresi Berganda

1. PENDAHULUAN

Penelitian ini dilakukan pada salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi *Food & Beverage, Drink Powder* dan *Flavour*. Bubuk minuman adalah salah satu produk yang diperoleh dengan cara mencampurkan bahan-bahan pangan, perisa dan juga pemanis. Perusahaan ini memiliki produk yang berkualitas premium dengan pemasaran yang dilakukan kebeberapa hotel, restoran dan juga kedai-kedai minuman dengan harga yang beragam sesuai dengan ukuran dari produk tersebut.

Dalam proses produksi pembuatan bubuk minuman melibatkan beberapa pekerja dalam setiap bagiannya. Bagian yang terlibat diantaranya yaitu proses pada bagian formulasi bahan baku, bagian pencampuran bahan baku dengan menggunakan mesin *mixing* dan bagian pengemasan dengan menggunakan mesin *filling*. Pada proses formulasi bahan baku, seorang operator memiliki tugas untuk melakukan pemilihan bahan-bahan yang diperlukan dalam pembuatan produk. Selanjutnya pada proses pencampuran, operator memiliki tugas untuk memasukkan bahan-bahan yang sudah ditentukan sebelumnya kedalam mesin *mixing*. Setelah itu, memindahkan bubuk kedalam plastik secara manual dan mengangkat bubuk yang telah melalui proses *mixing* menuju mesin *filling* untuk dilakukan pengemasan. Dari ketiga proses pembuatan produk tersebut, dalam proses pencampuran bahan-bahan pada bagian *mixing* mengalami aktivitas fisik saat memindahkan dan mengangkat hasil olahan tanpa menggunakan alat bantu. Hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya kelelahan dalam bekerja. Bagian *mixing* merupakan proses pencampuran bahan-bahan yang dimasukkan kedalam mesin *mixing*.

Penelitian yang berkaitan dengan pengaruh usia dan waktu kerja terhadap kelelahan kerja telah banyak dilakukan diantaranya dilakukan oleh Septiana Dwi Astuti (2021) yang mencari hubungan antara jenis kelamin, status gizi, durasi waktu tidur dan masa kerja dengan kelelahan kerja pada perawat RSJD Surakarta menunjukkan bahwa perawat dengan jenis kelamin wanita mengalami kelelahan akibat kerja 71,1% dengan kategori sedang dan berat lebih banyak. Sedangkan pada perawat dengan jenis kelamin pria sebanyak 70%. Oleh karena itu, jenis kelamin dapat menentukan tingkat kelelahan akibat kerja. Selain itu, penelitian ini juga menyatakan bahwa adanya hubungan yang signifikan antara masa kerja, durasi waktu kerja terhadap kelelahan

* Corresponding author: azharinvns03@gmail.com

kerja. hal itu disebabkan karena perawat melakukan pekerjaan secara berulang atau monoton disetiap harinya sehingga memicu munculnya rasa jenuh. Perawat yang telah berusia lanjutnya memiliki kemampuan tubuh yang cenderung rendah sehingga dalam melakukan sebuah pekerjaan dapat menyebabkan kelelahan. Hal tersebut perlu dikaji lebih lanjut hubungan antara kelelahan kerja dengan usia dan waktu kerja^[1].

Berdasarkan hasil penyebaran kuisioner yang telah dilakukan menunjukkan bahwa terdapat 33 operator yang bekerja di departemen produksi. Dari keseluruhan operator tersebut memiliki usia yang berbeda-beda. Hasil dari kuisioner juga menunjukkan bahwa tingkat kelelahan paling tinggi terjadi di bagian *mixing*. Setelah dilakukan pengukuran denyut jantung terhadap 5 operator pada bagian *mixing* dengan *cardiovascular load* dengan hasil bahwa 3 diantaranya berusia 30 tahun mengalami kelelahan akibat kerja dan 2 lainnya berusia 25 tahun tidak mengalami kelelahan akibat kerja. Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh usia dan waktu kerja terhadap kelelahan kerja yang dialami oleh operator di departemen produksi.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif menggunakan metode regresi berganda atau *multiple regression*. Dengan tujuan untuk mengetahui hubungan dari variabel independen yaitu kelelahan kerja dan variabel dependen yaitu usia dan waktu kerja. Lokasi penelitian ini dilaksanakan di departemen produksi dengan objek penelitian yaitu operator.

a. Metode Pengumpulan Data

1. Kuisioner Pendahuluan
Kuisioner pendahuluan ini dilakukan ke setiap bagian yang ada di Departemen Produksi guna mengetahui bagian mana yang memiliki aktivitas fisik yang paling tinggi.
2. Pengukuran Denyut Jantung
Setelah dilakukan penyebaran kuisioner pendahuluan, maka telah diketahui bahwa bagian *mixing* merupakan bagian yang mengalami aktivitas fisik yang paling tinggi. Selanjutnya akan dilakukan pengukuran denyut jantung kepada setiap operator yang berada pada bagian tersebut guna mengetahui tingkat persentase CVL dari setiap pekerja.
3. Kuisioner Kelelahan Kerja
Kuisioner ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kelelahan akibat kerja pada operator departemen produksi.
4. Kuisioner Data Diri
Kuisioner ini dilakukan untuk mengetahui usia dan durasi waktu kerja dari operator di departemen produksi.

b. Metode Pengolahan Data

1. Setelah diperoleh data persentase *cardiovascular load* (CVL) dari penelitian sebelumnya mengenai pengukuran beban kerja fisik terhadap operator maka selanjutnya akan dilakukan pengukuran kelelahan kerja menggunakan kuisioner kelelahan kerja dan penyebaran kuisioner data diri guna mengetahui usia dan waktu kerja yang dialami oleh operator.
2. Kemudian tahap awal dalam pengolahan data yaitu dengan merekap seluruh data yang telah didiperoleh kedalam *Microsoft Excel*. Kemudian dari data-data tersebut akan dilakukan perhitungan guna mengetahui nilai rata-ratanya.
3. Kemudian hasil rata-rata tersebut diolah kembali menggunakan *microsoft excel* yang bertujuan untuk mencari nilai koefisien determinan, uji *t-test*, dan uji *fisher test*.
4. Kemudian dari hasil tersebut, maka dapat diketahui apakah antara usia dan waktu kerja memiliki hubungan terhadap kelelahan kerja yang dialami oleh operator di Departemen Produksi.

3. HASIL PENELITIAN

1. Uji Fisher Test

Uji-F digunakan untuk mengetahui apakah variabel Usia (X1) dan variabel Waktu Kerja (X2) memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel Kelelahan Kerja (Y). Berikut ini merupakan rumus yang digunakan dalam mencari nilai uji F.

Tabel. 1 Data Uji F

Koefisien Determinasi	Jumlah Data	Jumlah Variabel Bebas	F Hitung	F Tabel
1	33	2	29,5	3,316

Sumber: Pengolahan Data

$$F = \frac{R^2 / (k - 1)}{(1 - R^2) / (n - k)}$$

$$F = \frac{1 / (3 - 1)}{(1 - 1) / (33 - 3)} = 29,5$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh hasil F hitung sebesar 29,5 yang mana nilai tersebut lebih besar daripada F tabel sebesar 3,316. Artinya, H_0 ditolak dan H_a diterima maka dapat disimpulkan bahwa adanya pengaruh antara variabel Usia (X1) dan Waktu Kerja (X2) dengan variabel Kelelahan Kerja (Y).

2. Uji *t-test*

Uji *t-test* atau disebut juga dengan koefisien regresi secara parsial digunakan untuk mengetahui apakah pada variabel X1 dan X2 memiliki pengaruh terhadap variable Y. Berikut ini merupakan rumus dalam mencari nilai T.

 Tabel. 2 Data Uji *t-test*

Koefisien Determinan	Koefisien Korelasi	Jumlah Data	Jumlah Variabel Bebas	df	F Hitung	F Tabel
1	1	33	2	31	2,040	5,456

Sumber: Pengolahan Data

$$t = \frac{r \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r^2}}$$

$$t = \frac{0,98 \sqrt{33 - 2}}{\sqrt{1 - 1}} = 5,456$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh hasil t hitung sebesar 5,456 yang mana nilai tersebut lebih besar daripada t tabel sebesar 2,040. Artinya, nilai t hitung > t tabel maka dapat disimpulkan bahwa adanya pengaruh yang nyata antara variabel Usia (X1) dan Waktu Kerja (X2) dengan variabel Kelelahan Kerja (Y).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh bahwa adanya pengaruh yang signifikan antara variabel usia dan waktu kerja terhadap variabel kelelahan kerja. Hal tersebut dapat diketahui berdasarkan pengujian hipotesis uji *fisher test* dengan nilai F hitung sebesar 29,5 yang mana nilai tersebut lebih besar daripada F tabel sebesar 3,316 dan uji *t-test* dengan nilai t hitung sebesar 5,456 yang mana nilai tersebut lebih besar daripada t tabel sebesar 2,040. Sehingga terdapat pengaruh antara variabel Usia (X1) dan Waktu Kerja (X2) dengan variabel Kelelahan Kerja (Y).

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan terima kasih pada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan ini dan saya berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan untuk pembacanya. Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan dari laporan ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya, mengingat kurangnya pengetahuan dan pengalaman penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Maulina and L. Syafitri, “Hubungan Usia, Lama Bekerja Dan Durasi Kerja Dengan Keluhan Kelelahan Mata Pada Penjahit Sektor Usaha Informal Di Kecamatan Banda Sakti Kota Lhokseumawe Tahun 2018,” vol. 5, no. 2, p. 44, 2019.
- [2] S. F. Utami, I. Kusumadewi, and R. Suarantalla, “Analisis Kelelahan Kerja Terhadap Faktor Umur, Masa Kerja, Beban Kerja, dan Indeks Masa Tubuh pada Dosen Reguler Fakultas Teknik, Universitas Teknologi Sumbawa Tahun 2019,” *J. Tek. dan Sains*, vol. 1, no. 1, pp. 58–62, 2020.

Pemilihan Strategi Bersaing Coffee Shop DL dengan Metode SWOT-TOPSIS

Mohammad Ilhamsyah Akbar^{*1}, Dimas Satria Putra¹, dan Anggina Sandy Sundari¹

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

Abstrak. Terjadi peningkatan jumlah kedai kopi di Indonesia yang diperkirakan akan terus bertambah. DL merupakan salah satu bisnis coffee shop yang didirikan pada tahun 2019. Dengan meningkatnya trend coffee shop seharusnya penjualan DL meningkat. Dibutuhkan strategi yang dapat digunakan oleh DL untuk meningkatkan penjualan. Maka dibutuhkan usulan perbaikan guna meningkatkan penjualan. Dalam perbaikan ini dilakukan dengan beberapa cara yaitu menggunakan analisis fungsional, IFE matriks, analisis porter five forces analisis PEST, dan EFE matriks. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemilihan strategi bersaing terbaik yang dapat digunakan DL melalui kuesioner yang diberikan ada 3 orang responden. Pemilihan strategi akan menggunakan metode SWOT-TOPSIS. Dimana metode SWOT akan menghasilkan alternatif strategi. Dilanjutkan dengan metode TOPSIS menghasilkan alternatif terbaik yang sudah dihasilkan dari metode SWOT. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan acuan DL untuk meningkatkan penjualan. Berdasarkan TOPSIS strategi yang terpilih adalah Promosi melalui platform lain selain instagram. Hal ini didukung dengan pernyataan dalam wawancara pihak DL yang menyebutkan kurangnya pemasaran dalam hal digital marketing.

Kata kunci—maksimal; strategi, kopi, SWOT, TOPSIS, MCDM

1. PENDAHULUAN (STYLE: HEADING 1)

Coffee shop atau kedai kopi sedang menjamur di Indonesia. Perkembangannya mencapai 10% pertahun di daerah seperti Jakarta dan diperkirakan terdapat lebih dari 1.500 kedai kopi [1] *Coffee shop* bahkan sekarang disebut sebagai ‘ruang ketiga’ dalam kehidupan perkotaan selain rumah dan kantor di mana coffee shop dapat menyediakan ruangan untuk bertemu, relaksasi dan membuat koneksi [2] Dapat dikatakan bahwa konsumen pergi ke *coffee shop* tidak hanya untuk mencicipi kopi, melainkan untuk sekedar nongkrong dan bersantai dengan kelompoknya [3]

Salah satu coffee shop yang terdapat di Jakarta adalah coffee shop DL (nama disingkat sesuai dengan kesepakatan dengan pemilik). Pada awalnya DL didirikan pada tahun 2018 di Surabaya oleh beberapa mahasiswa ketika melihat adanya peluang untuk membuka usaha. Usaha tersebut menasar mahasiswa yang ada di kampus-kampus Surabaya dan juga siswa SMA. Setelah pandemi pada tahun 2020, DL memutuskan menutup tokonya di Surabaya.

Bisnis DL kembali berkembang ketika ada penawaran baru untuk membuka toko di salah satu rumah sakit swasta di Jakarta. Targetnya pun bergeser menjadi *stakeholder* internal rumah sakit di mana 90% transaksi berasal dari entitas internal seperti: pasien rawat jalan, penunggu pasien rawat inap, dokter dan karyawan. Hanya 10% konsumen yang berasal dari luar rumah sakit.

Namun dengan kondisi tersebut didapat beberapa masalah yang terjadi antara lain: 1) Terdapat pesaing yang menjual produk yang sama di Rumah Sakit tersebut. Hal ini tentu menjadi tantangan karena 90% target pasar adalah entitas internal rumah sakit. 2) Dikarenakan toko berada di dalam kawasan rumah sakit maka tidak diperkenankan adanya zona merokok padahal menurut hasil wawancara dengan konsumen, zona merokok adalah salah satu fitur yang diinginkan dari DL. 3) Kesulitan untuk memenuhi penjualan *online* (daring) karena akses masuk ke rumah sakit yang terbatas bagi kurir dan ojek *online*. Dapat disimpulkan bahwa meskipun ada pasar yang stabil, memiliki hanya satu toko di rumah sakit menjadi tantangan untuk berkembang bagi DL.

Pihak DL ingin mencari revenue stream baru dan membutuhkan strategi untuk dapat mengatasi keterbatasan dan berkembang lagi dan mencapai *competitive advantage* (keunggulan kompetitif). Strategi sendiri dapat diartikan sebagai langkah-langkah untuk mencapai tujuan jangka panjang. Di dalam bukunya, David (2011) [4] merancang sebuah *framework* untuk merancang strategi. Framework tersebut dimulai dari perancangan visi misi, audit internal dan eksternal, penentuan strategi, implementasi serta evaluasi.

* Corresponding author: ilhamsyahakbar.g@gmail.com

Penelitian ini dibatasi pada tahap audit internal, audit eksternal, serta perancangan strategi dan tidak sampai tahap implementasi dan evaluasi. Metode yang digunakan adalah integrasi antara SWOT (Strength-Weakness-Opportunity-Threat) dan TOPSIS (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution). TOPSIS adalah salah satu *framework multi-criteria decision making* (MCDM). Beberapa penelitian terdahulu mengintegrasikan SWOT dengan berbagai metode MCDM antara lain: SWOT-AHP [5] SWOT-AHP-Fuzzy TOPSIS, [6], dan SWOT – TOPSIS [7]. Pada penelitian ini SWOT digunakan untuk menghasilkan beberapa alternatif strategi. Strategi tersebut akan diperingkatkan prioritas pelaksanaannya dengan menggunakan metode TOPSIS.

Tujuan dari penelitian ini adalah: 1) Menganalisis kondisi internal DL dengan menggunakan analisis fungsional dan IFE Matriks. 2) Menganalisis kondisi eksternal DL dengan analisis Porter Five Forces, analisis PEST dan EFE Matriks. 3) Merancang pilihan strategi bersaing dengan matriks SWOT. 4) Memprioritaskan strategi dengan menggunakan metode TOPSIS.

2. METODE

Penelitian ini didahului dengan penentuan narasumber dan dilakukannya wawancara semi-terstruktur terhadap narasumber. Narasumber ditentukan menggunakan purposive sampling yang dipilih berdasarkan tingkat kepentingan, pemahaman, serta pengetahuan yang terjadi di objek penelitian. Wawancara dibagi menjadi audit internal dan audit eksternal.[4]

Audit internal didasarkan pada area fungsional pada perusahaan yaitu: manajerial dan SDM, penjualan & pemasaran, keuangan, serta operasional.

Audit eksternal dilakukan dengan menggunakan framework PEST dan Porter 5 Forces. PEST menganalisis kondisi eksternal makro yaitu: politik, ekonomi, sosial budaya, dan teknologi. Porter 5 Forces memberikan gambaran tentang ancaman-ancaman dan kondisi persaingan industry pada industry yang dimasuki oleh bisnis, antara lain: ancaman dari competitor, ancaman pendatang baru, ancaman produk substitusi, kekuatan tawar pemasok, dan kekuatan tawar konsumen [8]

Hasil dari audit internal digambarkan dalam matriks IFE (*Internal Factor Evaluation*) dan hasil audit eksternal digambarkan dalam matriks EFE (*External Factor Evaluation*).

Langkah-langkah membuat matriks IFE adalah [4]:

- 1) Buat daftar faktor internal kunci dari hasil wawancara yang sudah dilakukan
- 2) Beri bobot untuk setiap faktor dari 0 (paling tidak penting) sampai 1 (paling penting). Dalam penelitian ini digunakan metode *paired comparison* untuk menentukan bobot.
- 3) Beri rating 1-4 di mana untuk strength (kekuatan) diisi dengan angka 3 (kekuatan minor) atau 4 (kekuatan mayor) dan untuk weakness (kelemahan) diisi dengan angka 1 (kelemahan mayor) dan 2 (kekuatan minor). Rating didapatkan dengan perhitungan rata-rata hasil penilaian narasumber.
- 4) Kalikan bobot dan rating setiap faktor untuk mendapatkan hasil kali
- 5) Jumlahkan hasil kali dan akan didapatkan skor akhir. Angka internal kuat ditandai dengan total lebih dari 2.5 poin

Perhitungan pada matriks EFE hampir mirip langkah-langkahnya dengan matriks IFE, tetapi faktor kunci didapatkan dari faktor eksternal seperti analisis PEST dan Porter 5 Forces dan dibedakan menjadi *opportunity* (peluang) dan *threat* (hambatan). Tentu saja narasumber eksternal seperti konsumen harus dilibatkan. Perbedaan juga terdapat pada pemberian rating di mana rating untuk opportunity maupun threat dapat dituliskan dari skala 1 sampai 4 tergantung dari seberapa baik respon perusahaan terhadap faktor eksternal tersebut. Angka 1 diberikan apabila respon perusahaan sangatlah buruk terhadap kekuatan atau ancaman tersebut dan angka 4 diberikan apabila respon perusahaan sangatlah baik menanggapi kekuatan atau ancaman tersebut.

Setelah dirancang matriks IFE dan EFE maka komponen-komponen tersebut digabungkan dalam sebuah matriks SWOT. Matriks SWOT bertujuan mengkombinasikan strength-weakness-opportunity-threat menjadi strategi. Terdapat empat jenis strategi di dalam matriks SWOT yaitu: 1) Strategi SO (strategi yang dihasilkan dengan pertimbangan kekuatan yang memanfaatkan peluang), 2) Strategi WO (memanfaatkan peluang untuk memperbaiki kelemahan), 3) Strategi ST (memanfaatkan kekuatan untuk mengatasi hambatan) dan 4) Strategi

WT (strategi defensif). Hasil dari strategi yang dihasilkan akan digunakan pada tahapan berikutnya yaitu TOPSIS.

TOPSIS adalah salah satu metode MCDM yang mencari solusi yang merupakan solusi yang memiliki jarak euclidian terdekat dengan solusi ideal positif dan jarak euclidean terjauh dari solusi ideal negatif [7]. Seperti metode MCDM lainnya untuk melakukan prioritas dibutuhkan alternatif (pilihan yang dipilih) dan kriteria (faktor untuk memilih pilihan). Alternatif didapatkan dari strategi-strategi yang dihasilkan oleh matriks SWOT dan kriteria dipilih sendiri dan ditentukan bobotnya. Penelitian ini menentukan bobot dengan menggunakan *paired comparison*.

Langkah-langkah dalam TOPSIS adalah [7]:

- 1) Merancang matriks keputusan ternormalisasi dengan dari alternatif dan kriteria yang didapatkan
- 2) Buat matrik keputusan ternormalisasi terbobot
- 3) Tentukan solusi ideal positif dan negatif
- 4) Hitunglah jarak setiap alternatif
- 5) Hitunglah kedekatan relatif setiap alternatif dengan solusi ideal

Hasil dari TOPSIS akan didapatkan urutan alternatif dari paling prioritas sampai yang tidak menjadi prioritas sehingga perusahaan dapat melakukan langkah manajerial yang dibutuhkan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Penentuan Narasumber

Pada penelitian ini narasumber berasal dari internal: CFO DL, CMO DL, BDO DL serta dari eksternal yaitu konsumen. Dilakukan wawancara semi-terstruktur untuk mengidentifikasi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman yang dihadapi coffee shop DL.

b. Audit Internal dan Perancangan Matriks IFE

Audit internal dilakukan dengan wawancara dan pengamatan berdasarkan fungsi bisnis dari coffee shop DL. Hasil tergambar pada tabel 1.

Dilakukan pengisian bobot dan rating sehingga dihasilkan matrik IFE yang digambarkan pada tabel 2. Skor akhir adalah 2,646 dan ada di atas rata-rata.

Tabel 1 Hasil Audit Internal.

	Strength	Sumber
S1	Sistem pelayanan dan pemasaran yang baik (sudah memakai barcode disetiap kamar inap)	Audit Internal Fungsi Pemasaran
S2	Harga yang ditentukan sesuai dengan target pasar	Audit Internal Fungsi Pemasaran
S3	Mekanisme pembayaran lengkap	Audit Internal Fungsi Keuangan
S4	Cashflow positif	
S5	Tempat yang nyaman	Audit Internal Fungsi Oprasional
S6	Mesin dan alat masak yang terbaru serta perawatan baik	Audit Internal Fungsi Oprasional
S7	Produk bervariasi dan kemasan yang mudah dibawa	Audit Internal Fungsi Pemasaran
	Weakness	Sumber
W1	Kualitas pegawai/barista kurang memenuhi standart setiap merekrut pegawai baru	Audit Internal Fungsi Manajemen dan SDM
W2	Minimnya penggunaan digital marketing	Audit Internal Fungsi Pemasaran
W3	Sulit menambah menu makanan	Audit Internal Fungsi Oprasional
W4	Kurangnya komunikasi antar divisi	Audit Internal Fungsi Manajemen dan SDM
W5	Kesulitan dijangkau oleh ojek online	Audit Internal Fungsi Pemasaran
W6	Tidak adanya tempat merokok	Audit Internal Fungsi Oprasional
W7	Tidak adanya tempat untuk membuka laptop yang memadai	Audit Internal Fungsi Oprasional

Tabel 2 Matriks IFE.

IFE				
No	Faktor Internal	Bobot	Rating	Skor
STRENGTH				
1	Sistem pelayanan dan pemasaran yang baik (sudah memakai barcode di setiap kamar inap)	0,064	4	0,255
2	Harga yang ditentukan sesuai dengan target pasar	0,066	3,33	0,219
3	Mekanisme pembayaran lengkap	0,077	4	0,307
4	Cashflow positif	0,069	3,33	0,229
5	Tempat yang nyaman	0,082	3,67	0,301
6	Mesin dan alat masak yang terbaru serta perawatan baik	0,070	3,33	0,235
7	Produk bervariasi dan kemasan yang mudah dibawa	0,074	3,67	0,271
WEAKNESSES				
8	Kualitas pegawai/barista kurang memenuhi standart setiap merekrut pegawai baru	0,064	2	0,128
9	Minimnya penggunaan digital marketing	0,063	2	0,126
10	Sulit menambah menu makanan	0,063	1,33	0,084
11	Kurangnya komunikasi antar divisi	0,057	2	0,114
12	Kesulitan dijangkau oleh ojek online	0,064	2	0,127
13	Tidak adanya tempat merokok	0,104	1,33	0,139
14	Tidak adanya tempat untuk membuka laptop yang memadai	0,084	1,33	0,112
TOTAL				2,646

c. Audit Eksternal dan Perancangan Matriks EFE

Audit eksternal dilakukan dengan framework PEST dan Porter 5 Forces di industri kopi. Hasil tergambar pada tabel 3. Dilakukan pengisian bobot dan rating sehingga dihasilkan matriks EFE yang digambarkan pada tabel 4. Skor akhir adalah 2,964 yang ada di atas rata-rata dan dapat dikatakan coffee shop DL ada di industri yang masih dapat bersaing

Tabel 2 Hasil Audit Eksternal.

	Opportunity	Sumber
O1	Anak muda yang memiliki budaya nongkrong di tempat coffee shop	PEST – Sosial Budaya
O2	Banyaknya trend pemesanan online dengan E-Commerce	PEST – Sosial Budaya
O3	Berkembangnya platform media sosial sebagai jalur pemasaran	PEST - Teknologi
O4	Banyak event organizer yang mencari tempat untuk event	PEST – Sosial Budaya
O5	Adanya komunitas pecinta kopi yang berisi orang-orang yang ahli di bidang kopi	PEST – Sosial Budaya
	Threat	Sumber
T1	Perubahan peraturan PPKM dan ketatnya PPKM di rumah sakit	Politik/Legal
T2	Persaingan Coffee Shop yang ketat	Porter 5 Forces – Rivalry among competitive Firm
T3	Pesaing substitusi yang banyak	Porter 5 Forces - Substitusi
T4	Harga pemasok dan kualitas biji kopi yang berubah-ubah serta hanya menggunakan 1 supplier	Porter 5 forces – bargaining power of suppliers
T5	Kondisi ekonomi yang menyebabkan ketidakstabilan harga pasar bahan baku	Ekonomi

Tabel 4 Matriks EFE.

EFE				
No	Faktor Eksternal	Bobot	Rating	Skor
<i>Opportunity</i>				
1	Anak muda yang memiliki budaya nongkrong di tempat coffee shop	0,117	3	0,350
2	Banyaknya trend pemesanan online dengan E-Commerce	0,102	3,33	0,339
3	Berkembangnya platform media sosial sebagai jalur pemasaran	0,102	3	0,306
4	Banyak event organizer yang mencari tempat untuk event	0,091	1,67	0,151
5	Adanya komunitas pecinta kopi yang berisi orang-orang yang ahli di bidang kopi	0,100	2	0,200
<i>Threat</i>				
6	Perubahan peraturatan PPKM dan ketatnya PPKM di rumah sakit	0,100	3,33	0,333
7	Persaingan Coffee Shop yang ketat	0,109	3	0,328
8	Pesaing substitusi yang banyak	0,089	2	0,178
9	Harga pemasok dan kualitas biji kopi yang berubah-ubah serta hanya menggunakan 1 supplier	0,100	2,67	0,267
10	Kondisi ekonomi yang menyebabkan ketidakstabilan harga pasar bahan baku	0,091	2,67	0,242
Total				2,694

d. Perancangan alternatif strategi dengan matriks SWOT

Setelah mendapatkan faktor kekuatan, kelemahan, peluang, dan hambatan dari coffee shop DL maka dirancang matriks SWOT yang digambarkan pada tabel 5. Hasil strategi yang didapatkan adalah:

1. Membuka stand di berbagai *event* (S2, S3, S4, O4, O5).
Strategi ini dapat memperkenalkan atau mendemonstrasikan produk kopi dari DL dimana banyaknya *event* dan perlombaan yang bertepatan dengan kopi dimana aspek yang dilombakan adalah *latte Art Competition, manual brewing competition, coffee cupping skill's*, dan kreasi kopi
2. Mengikuti pelatihan barista (W1, O5).
Strategi ini dapat digunakan untuk barista yang dimiliki DL dimana pelatihan barista akan menambah *skill* pegawai, seperti melatih indera pengecap dan penciuman terhadap kopi, bagaimana menyeduh kopi dengan peralatan manual, mengasah *skill* secara mendalam untuk berbagai macam pembuatan kopi, dan masih banyak lagi ilmu yang akan didapat.
3. Promosi melalui *platform* lain selain instagram (W2, O3).
Strategi ini menciptakan banyak manfaat dimana *platform digital* saat ini berkembang pesat dan memiliki hal-hal positif bagi pemasaran dalam bisnis *coffee shop*. Dimana contoh dari *platform* tersebut seperti Tiktok, Youtube, Google Business Profile, dan masih banyak contoh lainnya.
4. Membuka cabang baru yang menyediakan fasilitas lebih lengkap (W3, W6, W7 O1, O4).
Banyaknya pesaing yang memiliki fasilitas yang sangat lengkap dalam bisnis *coffee shop*, langkah alternatif ini dapat digunakan apabila ingin bersaing dalam segi konsep bangunan, dalam hal ini DL bisa menjadikan *coffee shop* lain yang memiliki fasilitas lengkap menjadi acuan seperti Kopi Nako, Janji Jiwa, dan *Starbuck*

Tabel 5 Matriks SWOT.

		STRENGTH		WEAKNESS	
	S1	Sistem pelayanan dan pemasaran yang baik (sudah memakai barcode disetiap kamar inap)	W1	Kualitas pegawai/barista kurang memenuhi standart setiap merekrut pegawai baru	
	S2	Harga yang ditentukan sesuai dengan target pasar	W2	minimnya penggunaan digital marketing	
	S3	Mekanisme pembayaran lengkap	W3	Sulit menambah menu makanan	
	S4	Cashflow positif	W4	Kurangnya komunikasi antar divisi	
	S5	Tempat yang nyaman	W5	Kesulitan dijangkau oleh ojek online	
	S6	Mesin dan alat masak yang terbaru serta perawatan baik	W6	Tidak adanya tempat merokok	
	S7	Produk bervariasi dan kemasan yang mudah dibawa	W7	Tidak adanya tempat untuk membuka laptop yang memadai	
Opportunity		SO		WO	
O1	Anak muda yang memiliki budaya nongkrong di tempat coffee shop	1	Membuka stand di berbagai event (S2, S3, S4, O4, O5).	1	Mengikuti pelatihan barista (W1, O5)
O2	Banyaknya trend pemesanan online dengan E-Commerce			2	Promosi melalui platform lain selain instagram (W2, O3).
O3	Berkembangnya platform media social sebagai jalur pemasaran			3	Membuka cabang baru yang menyediakan fasilitas lebih lengkap (W3, W6, W7 O1, O4)
O4	Banyak event organizer yang mencari tempat untuk event			4	Membuka cabang yang bersifat pesan antar (W5, O2, O3).
O5	Adanya komunitas pecinta kopi yang berisi orang-orang yang ahli di bidang kopi				
Threat		ST		WT	
W1	Perubahan peraturatan PPKM dan ketatnya PPKM di rumah sakit	1	Mencari alternatif supplier yang lebih murah (S2, T9, T10).	1	Bekerja sama dengan vendor luar untuk menyediakan makanan (W3, T7, T8)
W2	Persaingan Coffee Shop yang ketat	2	Promosi internal ke rumah sakit (S1, S3, S5, T6, T7)		
W3	Pesaing substitusi yang banyak				
W4	Harga pemasok dan kualitas biji kopi yang berubah-ubah serta hanya menggunakan 1 supplier				
W5	Kondisi ekonomi yang menyebabkan ketidakstabilan harga pasar bahan baku				

5. Membuka cabang yang bersifat pesan antar (W5, O2, O3).

Alternatif ini memberikan solusi kepada DL untuk membuka cabang baru apabila penjualan hanya dilakukan lewat aplikasi pesesanan seperti Gojek, Grabfood, serta aplikasi lain yang dapat memesan makanan dan minum dari *smartphone* atau dengan konsep online-pick up yang sedang berkembang [9]

6. Mencari alternatif *supplier* yang lebih murah (S2, T9, T10).
Alternatif ini digunakan untuk mencari pasokan bahan baku yang lebih murah serta memastikan kualitasnya sesuai dengan standar dari DL, bila pemasok saat ini memiliki kendala yang dapat mengganggu jalannya bisnis.
7. Promosi internal ke rumah sakit (S1, S3, S5, T6, T7).
Alternatif ini mempromosikan keunggulan yang dimiliki oleh DL kepada Rumah Sakit, dengan begitu elemen pasar yang ada pada Rumah Sakit dapat mengetahui keunggulan yang dimiliki terhadap pesaing di Rumah Sakit.
8. Bekerja sama dengan vendor luar untuk menyediakan makanan (W3, T7, T8).
Bekerja sama dengan vendor lain dalam hal makanan dapat menambah menu terhadap makanan yang ada, dimana hal ini membantu DL menambah variasi menu, dan mempermudah DL menentukan makanan apa saja yang sejalan dengan peraturan Rumah Sakit

e. Pengurutan prioritas dengan TOPSIS

Dari matriks SWOT dihasilkanlah alternatif untuk perhitungan TOPSIS yang digambarkan pada tabel 6. Untuk mendapatkan kriteria dan bobotnya dilakukan brainstorming dengan pihak pengelola. Kriteria dan bobot digambarkan pada tabel 7.

Tabel 6 Alternatif pada TOPSIS.

Kode	Alternatif Strategi
A1	Membuka stand di berbagai <i>event</i> (S2, S3, S4, O4, O5).
A2	Mengikuti pelatihan barista (W1, O5).
A3	Promosi melalui <i>platform</i> lain selain instagram (W2, O3).
A4	Membuka cabang baru yang menyediakan fasilitas lebih lengkap (W3, W6, W7 O1, O4)
A5	Membuka cabang yang bersifat pesan antar (W5, O2, O3).
A6	Mencari alternatif <i>supplier</i> yang lebih murah (S2, T9, T10).
A7	Promosi internal ke rumah sakit (S1, S3, S5, T6, T7).
A8	Bekerja sama dengan vendor luar untuk menyediakan makanan (W3, T7, T8)

Tabel 7 Kriteria pada TOPSIS.

Kriteria	Bobot
SDM	0,280
Pemasaran	0,280
Biaya	0,280
Teknologi	0,160
Total	1

Dilakukan pengisian kecocokan antara alternatif dengan kriteria yang sesuai. Diberikan angka 1 apabila alternatif yang diajukan sangat tidak sesuai dengan kondisi kriteria sekarang. Diberikan angka 2 apabila alternatif yang diajukan tidak sesuai dengan kriteria kondisi saat ini. Diberikan angka 3 apabila alternatif dirasa cukup sesuai dengan kondisi kriteria saat ini. Diberikan angka 4 apabila alternatif terhitung baik pada kriteria tersebut dan diberikan angka 5 apabila dirasakan sangat sesuai. Hasil dari pengisian tersebut kemudian dinormalisasi dan digambarkan pada tabel 8.

Tabel 7 Matriks Keputusan Ternormalisasi

	SDM	Pemasaran	Biaya	Teknologi

A1	Membuka stand di berbagai <i>event</i> (S2, S3, S4, O4, O5).	0,222	0,521	0,331	0,387
A2	Mengikuti pelatihan barista (W1, O5).	0,333	0,391	0,331	0,290
A3	Promosi melalui <i>platform</i> lain selain instagram (W2, O3).	0,444	0,391	0,414	0,290
A4	Membuka cabang baru yang menyediakan fasilitas lebih lengkap (W3, W6, W7 O1, O4)	0,333	0,260	0,331	0,387
A5	Membuka cabang yang bersifat pesan antar (W5, O2, O3).	0,444	0,260	0,331	0,387
A6	Mencari alternatif <i>supplier</i> yang lebih murah (S2, T9, T10).	0,333	0,260	0,331	0,290
A7	Promosi internal ke rumah sakit (S1, S3, S5, T6, T7).	0,333	0,260	0,414	0,387
A8	Bekerja sama dengan vendor luar untuk menyediakan makanan (W3, T7, T8)	0,333	0,391	0,331	0,387

Matriks keputusan ternormalisasi dikalikan dengan bobot sehingga menghasilkan Matriks keputusan ternormalisasi terbobot yang digambarkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Matriks Keputusan Ternormalisasi Terbobot

Alternatif	SDM	Pemasaran	Biaya	Teknologi
A1	0,062	0,146	0,093	0,062
A2	0,093	0,109	0,093	0,046
A3	0,124	0,109	0,116	0,046
A4	0,093	0,073	0,093	0,062
A5	0,124	0,073	0,093	0,062
A6	0,093	0,073	0,093	0,046
A7	0,093	0,073	0,116	0,062
A8	0,093	0,109	0,093	0,062

Dari matriks keputusan ternormalisasi terbobot dipilihlah solusi ideal positif (angka tertinggi untuk setiap kriteria) dan solusi ideal negatif (angka terendah untuk setiap kriteria) dan hasilnya tergambar pada tabel 9.

Tabel 9 Solusi Ideal Positif (A+) dan Solusi Ideal Negatif (A-)

Kriteria	A+	A-
SDM	0,124	0,062
Pemasaran	0,146	0,073
Biaya	0,116	0,093
Teknologi	0,062	0,046

Berikutnya didapatkan jarak setiap alternatif ke solusi ideal positif dan solusi ideal negatif yang digambarkan pada tabel 10. Angka tersebut digunakan untuk menghitung nilai preferensi yang akan menjadi urutan prioritas. Prioritas alternatif tergambar pada tabel 11

Tabel 10 Jarak Alternatif ke Solusi Ideal Positif dan Solusi Ideal Negatif

Alternatif	S+	S-
A1	0,066	0,075
A2	0,055	0,048
A3	0,040	0,076
A4	0,083	0,035
A5	0,076	0,064
A6	0,084	0,031
A7	0,079	0,042
A8	0,053	0,050

Tabel 11 Nilai Preferensi

Alternatif	Preferensi	Ranking
A1	0,529	2
A2	0,464	4
A3	0,657	1
A4	0,296	7
A5	0,456	5
A6	0,270	8
A7	0,345	6
A8	0,486	3

Dapat dilihat dari hasil *ranking* pada tabel 11, urutan pertama pada pemilihan alternatif terbaik adalah A3 dimana A3 yaitu promosi melalui *platform* lain selain instagram. Pada urutan kedua adalah A1 yaitu membuka stand di berbagai *event*. Pada urutan ketiga adalah A8 yaitu bekerjasama dengan vendor luar untuk menyediakan makanan.

4. KESIMPULAN

Beberapa faktor internal yang mempengaruhi penjualan DL antara lain: (1) Sistem pelayanan dan pemasaran yang baik (sudah memakai barcode disetiap kamar inap), (2) Harga yang ditentukan sesuai dengan target pasar, (3) Mekanisme pembayaran lengkap, (4) Cashflow positif, (5) Tempat yang nyaman, (6) Mesin dan alat masak yang terbaru serta perawatan baik, (7) Produk bervariasi dan kemasan yang mudah dibawa, (8) Kualitas pegawai/barista kurang memenuhi standart setiap merekrut pegawai baru, (9) minimnya penggunaan digital marketing, (10) Sulit menambah menu makanan, (11) Kurangnya komunikasi antar divisi, (12) Kesulitan dijangkau oleh ojek online, (13) Tidak adanya tempat merokok, (14) Tidak adanya tempat untuk membuka laptop yang memadai. Faktor internal digambarkan dalam matriks IFE dengan skor 2,646.

Beberapa faktor eksternal yang mempengaruhi penjualan DL antara lain: (1) Anak muda yang memiliki budaya nongkrong di tempat coffee shop, (2) Banyaknya trend pemesanan online dengan E-Commerce, (3) Berkembangnya platform media social sebagai jalur pemasaran, (4) Banyak event organizer yang mencari tempat untuk event, (5) Adanya komunitas pecinta kopi yang berisi orang-orang yang ahli di bidang kopi, (6) Perubahan peraturatan PPKM dan ketatnya PPKM di rumah sakit, (7) Persaingan Coffee Shop yang ketat, (8) Pesaing substitusi yang banyak, (9) Harga pemasok dan kualitas biji kopi yang berubah-ubah serta hanya menggunakan 1 supplier, (10) Kondisi ekonomi yang menyebabkan ketidakstabilan harga pasar bahan baku. Faktor internal digambarkan dalam matriks EFE dengan skor 2,694.

Alternatif yang diperoleh dalam matriks SWOT dapat dilakukan DL untuk meningkatkan penjualan; (1) Membuka stand di berbagai event, (2) Mengikuti pelatihan barista, (3) Promosi melalui platform lain selain instagram, (4) Membuka cabang baru yang menyediakan fasilitas lebih lengkap, (5) Membuka cabang yang bersifat pesan antar, (6) Mencari alternatif supplier yang lebih murah, (7) Promosi internal ke rumah sakit, (8) Bekerja sama dengan vendor luar untuk menyediakan makanan.

Dari hasil TOPSIS, Strategi yang dipilih oleh DL untuk meningkatkan penjualan adalah Promosi melalui platform lain selain instagram berdasarkan hasil perhitungan dengan nilai prevensi tertingginya yaitu sebesar 0,657

UCAPAN TERIMA KASIH

Pemakalah dapat mengucapkan terima kasih pada pihak-pihak yang membantu terlaksananya penelitian terutama program studi Teknik Industri Universitas Pancasila, Ibu Nur Yulianti Hidayah, S.T M.T. Terima kasih kepada Abdul Malik Sulaiman Said yang sudah membantu terlaksananya penelitian. Terima kasih kepada Shawn Mendes dan Joshua Bassett.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Setyaningsih, “Kedai Kopi Terus Tumbuh, di Jakarta dan Sekitarnya Diperkirakan Ada 1.500 Kedai Kopi,” *WARTAKOTALIVE.com*, Jul. 06, 2018.
- [2] J. Ferreira, C. Ferreira, and E. Bos, “Spaces of consumption, connection, and community: Exploring the role of the coffee shop in urban lives,” *Geoforum*, vol. 119, pp. 21–29, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.geoforum.2020.12.024.
- [3] E. Herlyana, “FENOMENA COFFEE SHOP SEBAGAI GEJALA GAYA HIDUP BARU KAUM MUDA,” *Thaqafiyat*, vol. 13, no. 1, pp. 187–204, 2012.
- [4] F. R. David, *Strategic Management: Concepts and Cases*, 13th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 2011.
- [5] J. Lee, I. Kim, H. Kim, and J. Kang, “SWOT-AHP analysis of the Korean satellite and space industry: Strategy recommendations for development,” *Technol Forecast Soc Change*, vol. 164, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.techfore.2020.120515.
- [6] Y. A. Solangi, Q. Tan, N. H. Mirjat, and S. Ali, “Evaluating the strategies for sustainable energy planning in Pakistan: An integrated SWOT-AHP and Fuzzy-TOPSIS approach,” *J Clean Prod*, vol. 236, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.117655.
- [7] P. Ajmera, “Ranking the strategies for Indian medical tourism sector through the integration of SWOT analysis and TOPSIS method,” *Int J Health Care Qual Assur*, vol. 30, no. 8, pp. 668–679, 2017, doi: 10.1108/IJHCQA-05-2016-0073.
- [8] M. E. Porter, “The Five Competitive Forces That Shape Strategy,” *Harvard Business Review*, Boston, pp. 78–93, Jan. 2008.
- [9] Mudjahidin, H. L. Fatika, A. P. Aristio, and L. Junaedi, “Intention to use buy online-pickup in store of coffee shop,” in *Procedia Computer Science*, 2021, vol. 197, pp. 591–598. doi: 10.1016/j.procs.2021.12.177.

Perancangan Sistem Pembinaan Usaha Mikro dan Kecil dalam Penjaminan Keamanan Pangan “Kaki Lima” Menggunakan *Soft System Methodology*

Yulita Veranda Usman¹, Ermia Sofyessy², dan Mega Ayu Yusuf³

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

²Divisi Pemasaran dan Investasi Hortikultura, Kementerian Pertanian, Jakarta

³Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Musamus, Merauke

Abstrak. Kesadaran masyarakat akan kualitas pangan jajanan yang dikonsumsi sehari-hari masih cukup rendah. Dalam menentukan pangan jajan yang dibeli lebih mementingkan harga dari pada kualitas pangan, apalagi terkait dengan masalah keamanannya untuk dikonsumsi. Hal ini menyebabkan para pedagang pangan jajan yang sebagian besar merupakan pelaku usaha mikro dan kecil (UMK) pun sering mengabaikannya agar dapat menjual pangan jajanan dengan harga murah. Pasar pangan jajanan ini sebagian besar adalah anak-anak sekolah, khususnya sekolah dasar, yang sangat rentan terhadap berbagai penyakit yang ditimbulkan akibat panganan yang tidak terjamin keamanannya. Penggunaan bahan tambahan pangan merupakan salah satu faktor yang kurang diperhatikan keamanan dalam penggunaannya, baik dari jenis maupun dosis. Selain itu terdapat masalah higienitas dalam proses produksi dan penjualannya yang mengkhawatirkan. Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan merancang model sistem pembinaan UMK PJAS sebagai salah satu strategi pembinaan UMK dalam penjaminan keamanan pangan jajanan dengan menggunakan pendekatan *soft system methodology*. Berdasarkan model sistem yang dihasilkan, strategi pembinaan UMK dilakukan melalui pembimbingan, pendampingan, dan pemberian fasilitas bagi penerapan Lima Kunci Pangan Aman secara bertahap dan terpadu yang melibatkan dinas Kabupaten/Kota, BPOM, Kementerian Teknis, dan sekolah yang bersangkutan.

Kata kunci—keamanan pangan; perancangan sistem; *soft system methodology*; UMK

1. PENDAHULUAN

Pemenuhan pangan merupakan bagian dari hak asasi manusia yang dijamin di dalam UUD 1945 sebagai komponen dasar mewujudkan sumberdaya manusia yang berkualitas. UU No. 18 tahun 2012 menjelaskan bahwa pangan merupakan kebutuhan dasar manusia yang paling utama. Dengan semakin meningkatnya populasi penduduk Indonesia, maka kebutuhan pangan untuk pemenuhan hak asasi tersebut akan semakin besar pula. Sistem pangan nasional Indonesia tidak hanya dituntut untuk memenuhi pasokan produk pangan dalam jumlah, jenis, dan kandungan gizi yang cukup (*nutritionally adequate*), tetapi juga aman (*safe*) untuk dikonsumsi. Dengan semakin meningkatnya status sosial dan pendidikan masyarakat, meningkat pula kesadaran masyarakat terhadap pentingnya mutu, gizi, dan keamanan pangan dalam upaya menjaga kebugaran dan kesehatan [1].

Masalah keamanan pangan akibat keracunan makanan (*food borne illness*) terus menjadi isu global dimana terjadi sekitar 76 kasus di Amerika dan sekitar 70 ribu kasus di Inggris setiap tahunnya [2]. Masalah keamanan pangan ini terjadi karena produk pangan yang dikonsumsi tidak memenuhi persyaratan mutu dan keamanan, seperti penggunaan bahan tambahan pangan (BTP) melebihi ketentuan, penyalahgunaan kimia berbahaya, cemaran patogen, dan masa kadaluarsa. Di lain pihak terdapat masih rendahnya kepedulian konsumen tentang mutu dan keamanan pangan. Keamanan pangan yang diujikan oleh pedagang kaki lima, khususnya di sekolah dasar (SD), sangat memprihatinkan. Berdasarkan hasil kegiatan pemantauan dan verifikasi pangan jajanan anak sekolah (PJAS) oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) yang dilakukan oleh Sucofindo pada 1328 SD di 18 propinsi di Indonesia tahun 2008 [3] menunjukkan tingkat penyalahgunaan bahan berbahaya pada PJAS di Indonesia cukup tinggi.

*Corresponding author: yulita@univpancasila.ac.id

Tingkat penyalahgunaan bahan berbahaya pada PJAS di antaranya adalah: (1) formalin dan boraks pada produk makanan utama dan makan ringan. Makanan utama yang ditemukan positif mengandung formalin adalah sebesar 16,08%, sedangkan makanan ringan 18,6%. Boraks ditemukan positif pada 11,42% sampel dari kelompok makanan utama dan 7,96% sampel dari kelompok makanan ringan; (2) pewarna yang dilarang yaitu *rhodamine B*, *methanol yellow*, dan *amaranth* ditemukan pada PJAS kelompok makanan ringan dan minuman. Persentase pewarna yang dilarang pada masing-masing kelompok tersebut ialah *Rhodamin B* sebesar 1,89% dan 5,63%, *Methanil yellow* sebesar 2,88% dan 4,26%, serta *amarat* sebesar 4,46% dan 5,63%; (3) Bahan Tambahan Pangan (BTP) dengan kadar berlebih pada sampel PJAS di Sumatera Barat dan Jawa Tengah. Namun demikian, tingkatan paparan *siklamat* dan *benzoate* pada anak SD akibat mengkonsumsi PJAS secara nasional masih dalam batas aman; serta (4) cemaran mikrobiologi pada PJAS di Indonesia yang masih tinggi. Persentase PJAS yang tidak memenuhi syarat (TMS) untuk makanan utama, makanan ringan dan minuman masing-masing 25,96%, 9,52%, dan 62,90%. Lebih jauh ditemukan dari hasil pengawasan PJAS secara rutin oleh BPOM bahwa tingkatan jajanan yang tidak memenuhi syarat berkisar antara 40-44% dalam kurun waktu 2008 – 2010 [4].

Industri pangan skala usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) harus memiliki sistem manajemen yang mampu menjamin konsistensi mutu dan keamanan produknya agar produk yang dihasilkannya berkualitas dan sesuai dengan ketentuan keamanan pangan [5]. Hal ini akan memberikan rasa aman bagi para konsumen dan produk pangan yang dihasilkan lebih dapat bersaing di pasar. Berdasarkan hasil survei pada usaha kecil dan menengah yang menghasilkan produk pangan di Eropa [6] menunjukkan bahwa penerapan manajemen mutu pangan (*food quality management*) seperti *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP), *International Food Standard* (IFS), dan ISO 9001, walaupun tidak dalam bentuk yang utuh, memberikan manfaat. Manfaat yang diperoleh diantaranya berupa penurunan biaya dan keluhan pelanggan, serta peningkatan produktivitas dan laba. Sistem manajemen keamanan pangan ISO 22000 merupakan standar yang telah banyak diterapkan untuk menjamin keamanan produk pangan. ISO 22000 berfokus pada empat elemen kunci yaitu berupa komunikasi interaktif, pengelolaan sistem, pre-requisite program (seperti infrastruktur, sanitasi, *pest control*, *maintenance*, dan lain-lain), dan prinsip HACCP. Adanya aspek pengelolaan sistem merupakan elemen penting untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan selalu memenuhi ketentuan BPOM dan konsisten diterapkan sehingga jaminan keamanan dan kesehatan konsumen dapat terlaksana dengan baik [5].

Menurut [7] UMKM memiliki berbagai keterbatasan seperti kegiatan cenderung tidak formal dan jarang memiliki rencana usaha, struktur organisasi sederhana, jumlah tenaga kerja terbatas dengan pembagian kerja yang longgar, tidak ada pemisahan kekayaan pribadi dan perusahaan, sistem akuntansi kurang baik/tidak ada, skala ekonomi terlalu kecil sehingga sulit menekan biaya serta memiliki margin keuntungan sangat kecil. Dengan demikian keamanan pangan kadang terabaikan dengan adanya keterbatasan tersebut. Berdasarkan kondisi perlunya pembinaan kepada para pedagang yang memproduksi PJAS dalam rangka penjaminan keamanan pangan jajanan di Indonesia, untuk itu dilakukan penelitian yang mendukung strategi pembinaan yang tepat. Penelitian ini bertujuan merancang model sistem pembinaan usaha mikro dan kecil (UMK) PJAS sebagai salah satu strategi pembinaan UMK dalam penjaminan keamanan PJAS agar dapat dilaksanakan secara efektif. Perancangan model sistem menggunakan pendekatan *soft system methodology* (SSM).

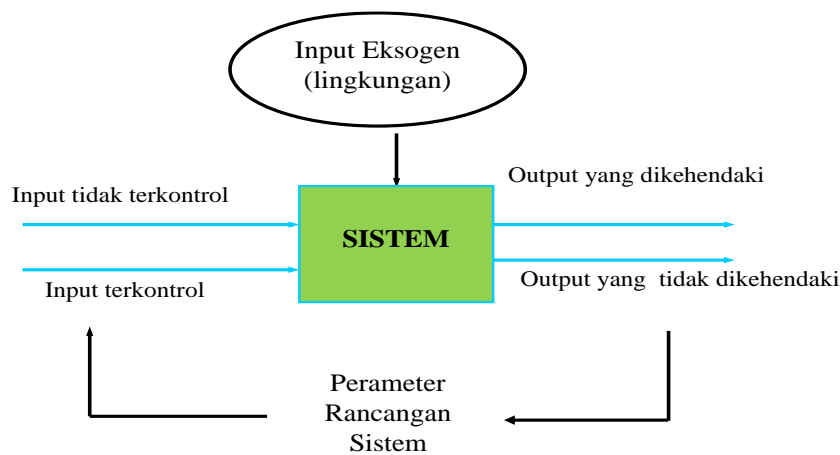
SSM telah banyak digunakan di berbagai bidang dan konteks termasuk di dalamnya manajemen perubahan, perencanaan sistem kesehatan dan medis, perencanaan sistem informasi, manajemen sumberdaya manusia, analisis sistem logistik, dan pengembangan sistem para pakar [8]. Penerapan metodologi ini didasarkan atas pemahaman dan pandangan partisipan tentang solusi yang mungkin dapat dilaksanakan sesuai dengan yang diinginkan. Manfaat penggunaan SSM menurut [9] adalah (1) meningkatkan pemahaman secara holistik pihak-pihak yang dieksplorasi terhadap kasus yang dihadapi, (2) proses pembelajaran dapat dibagikan kepada semua pihak yang terlibat, dan (3) proses inovasi dalam penyelesaian masalah dapat dieksplorasi bersama-sama sehingga melahirkan banyak alternatif solusi.

2. METODE

Pendekatan SSM merupakan metodologi yang berpatokan kepada tiga fasafah yaitu siberetik, holistik dan efektif. Siberetik bermakna berorientasi pada tujuan (*goal oriented*) dan bukan pada permasalahan. Holistik bermakna berpikir seutuhnya dan tidak memilah-milah persoalan sampai bagian terkecil yang dimungkinkan. Efektif bermakna bahwa hasil permodelan yang dibangun harus dapat diimplementasikan dan

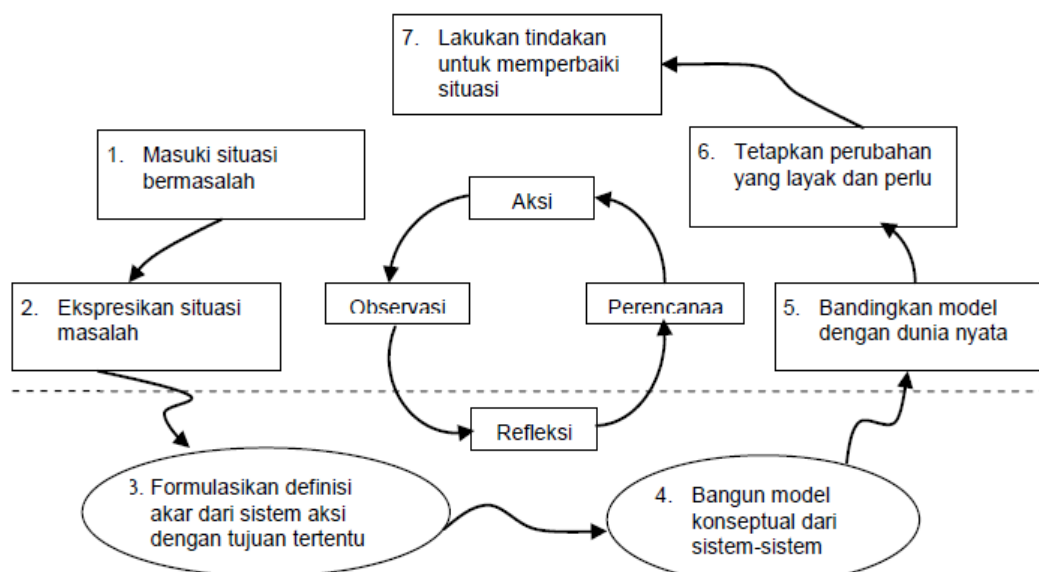
applicable berdasarkan asumsi yang masuk akal dan rasional [10, 11]. SSM merupakan penyelesaian permasalahan kualitatif berbasiskan pengetahuan atas perihal yang tidak terstruktur dan tujuan yang mengandung ketidakmenentuan [12, 13, 14].

Menurut [12] langkah awal permodelan sistem adalah mendefinisikan “perihal” atau “persoalan” secara seksama dimana model akan digunakan untuk mengkajinya. Proses ini menyangkut identifikasi berbagai gugus peubah sebagaimana Gambar 1. Proses penyusunan diagram masukan/keluaran (diagram I/O) merupakan tahap awal evaluasi kelayakan pada protokol pendekatan sistem dimana dimungkinkan simplifikasi permodelan sistem dan eliminasi dari faktor danteknik yang tidak layak sebagai cara mencapai tujuan untuk mendapatkan solusi dari persoalan dunia nyata. Pada penyusunan diagram I/O perlu diputuskan faktor eksogen, faktor endogen yang mempengaruhi sistem serta informasi terkait agar jelas batasan sistemnya (*system boundaries*). [12] menyatakan bahwa sistem ini perlu didefinisikan sebagai kebutuhan perspektif dalam upaya mendapatkan solusi yang bermanfaat atas persoalan yang dikaji. Selanjutnya disampaikan pula bahwa definisi sistem dengan diagram I/O ini tidaklah mengikat, artinya bisa saja digunakan untuk memodelkan persoalan yang dikaji atau bisa juga tidak digunakan tergantung formulasi pemodelannya.



Gambar 1. Identifikasi peubah menurut Manetsch [12]

Soft System Methodology (SSM) pada hakekatnya merupakan suatu uraian dengan menggunakan bahasa tertentu yang berisikan pikiran para patisipan dalam mempersepsikan realita. Dalam penerapannya SSM dibagi dalam dua tahapan utama yaitu (1) *real world* yang terdiri dari 5 tahap penyelesaian dan (2) *system thinking* dengan 2 tahap penyelesaian. Dengan demikian secara umum, SSM memiliki 7 tahapan dalam penyelesaian masalah sebagaimana disampaikan pada Gambar 2 [13, 14].



Gambar 2. Tujuh tahap siklus *Soft System Methodology* [13]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisis Situasi Masalah yang Tidak Terstruktur

Siswa sekolah merupakan target pasar yang besar (potensial) bagi para pedagang, khususnya pada kategori usaha mikro dan kecil (UMK). Lamanya para siswa berada di sekolah mengakibatkan siswa membutuhkan pangan (makanan/minuman), baik makanan pokok berupa sarapan atau makan siang, maupun sekedar tambahan (jajan) yang dilakukan diantara waktu-waktu istirahat. Potensi pasar yang demikian besar menyebabkan para pedagang UMK rata-rata telah berjualan lebih dari 1 tahun pada sekolah-sekolah tersebut. Aktivitas jajan sudah merupakan perilaku umum di kalangan siswa sekolah. Alasan yang diberikan oleh para siswa terkait dengan pertanyaan mengapa mereka senang membeli PJAS adalah enak, murah, dan menarik (dari warna, tampilan, dan lain-lain). Dengan keterbatasan uang jajan yang dimiliki siswa sekolah, maka pedagang melakukan penyesuaian harga. Penyesuaian harga tersebut mengakibatkan pedagang melakukan modifikasi terhadap produk PJAS tersebut seperti ukuran yang diperkecil, penggunaan bahan-bahan yang murah, penggunaan kemasan yang tidak berstandar pangan, dan lain-lain. Oleh sebab itu timbul masalah terkait dengan PJAS yaitu ketidakamanan pangan (jajanan) yang dikonsumsi oleh para siswa saat berada di sekolah. Padahal para siswa mengkonsumsinya hampir setiap hari, bahkan dapat beberapa kali dalam sehari.

Pihak-pihak yang teridentifikasi ketelibatannya dalam PJAS di sekolah adalah sebagai berikut:

1. UMK PJAS, dalam hal ini adalah penyedia PJAS.
2. Siswa, adalah pelanggan PJAS.
3. Guru, yang dapat berperan untuk memantau siswa dan mengendalikan kegiatan UMK PJAS di sekolah.
4. Orangtua, dalam hal ini sebagai pihak yang mendukung kemampuan membeli siswa dengan besarnya uang jajan yang diberikan sebagai ganti bekal yang seharusnya menjadi kewajiban orangtua untuk menyiapkannya.

Jenis pangan yang dijual oleh UMK PJAS sangat bervariasi. Namun secara garis besar jenis pangan tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Aneka minuman (diantaranya es cendol, es bungkus instan, es teh, es lilin, es buah, es coklat).
2. Aneka olahan telur (diantaranya martabak, telur dadar/gulung, mie telur, omlet).
3. Makanan utama, sebagai pengganti sarapan dan makan siang yang tidak dapat dilakukan di rumah (diantaranya nasi kuning, nasi rames, bahun goreng, mie rebus, burger, bakso).
4. Aneka gorengan (diantaranya batagor, tahu pedas, singkong goreng, pisang goreng)
5. Aneka olahan sagu (diantaranya aci gulung, sugu goreng, cilok, sugu telur basah)
6. Aneka kue (diantaranya pancong, arum manis, makaroni)
7. Produk ekstrusi (diantaranya berbagai jenis camilan dalam kemasan)

Makanan dan minuman tersebut pasti menggunakan bahan tambahan pangan agar dapat menarik minat pembeli (siswa). Bahan tambahan pangan yang digunakan secara umum oleh UMK adalah penyedap, pemanis, pewarna, dan pengental.

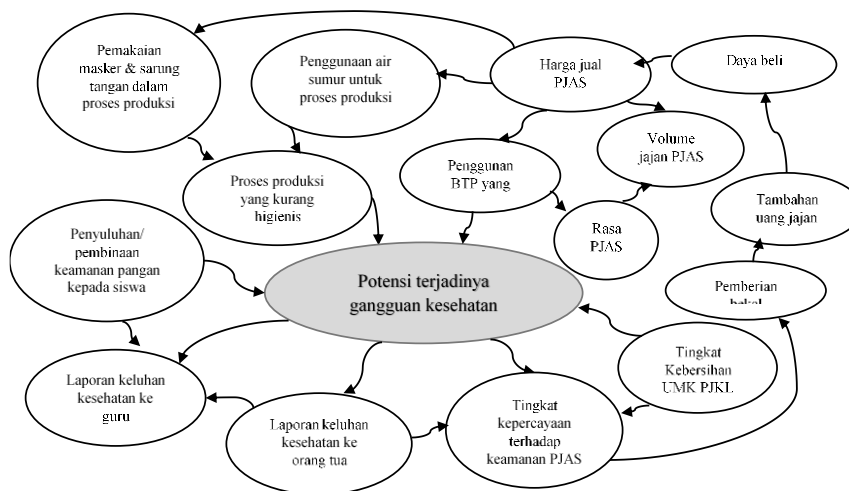
Dengan harga yang disesuaikan dengan kemampuan atau daya beli siswa, apalagi untuk siswa SD, maka bahan tambahan pangan (BTP) dan juga kemasan yang digunakan oleh UMK tersebut pun menggunakan BTP dan kemasan yang memiliki harga ekonomis agar dapat memberikan keuntungan yang maksimal bagi para pelaku UMK. Seringkali dengan orientasi mencari keuntungan yang lebih besar tersebut dan ketidakmengertiannya, para pelaku UMK menggunakan BTP dan kemasan yang berbahaya bagi kesehatan pelanggannya. Sebagai akibatnya para siswa akan menderita sakit, bahkan dalam beberapa kasus dapat menyebabkan kematian. Namun demikian para siswa dan atau orangtua seringkali tidak melaporkan pada guru atau pihak sekolah, apabila terjadi hal-hal tersebut. Kejadian ini akan berulang tanpa adanya penanganan terhadap sumbernya, yaitu para pedagang PJAS. Hal ini disebabkan belum efektifnya mekanisme dalam penyampaian keluhan di sekolah untuk masalah ini. Peran guru dan orangtua dalam menyampaikan informasi mengenai PJAS yang dikonsumsi kepada para siswa seringkali juga tidak memadai dan tidak efektif. Padahal para guru dan orangtua menyadari benar (persepsi) pentingnya jaminan kebersihan dan keamanan PJAS yang diujakan di sekolah.

Selain penggunaan BTP, termasuk kemasan, ternyata terdapat faktor sanitasi yang kurang memadai. Sanitasi yang kurang memadai diakibatkan oleh berbagai faktor, diantaranya adalah penggunaan fasilitas produksi yang tidak memadai. Fasilitas produksi yang tidak memadai yang sering digunakan oleh UMK seperti penggunaan air sumur yang telah tercemar, di mana lebih dari 50% UMK menggunakan sumber air

sumur sebagai sumber air dalam produksi pangannya. Penggunaan air sumur tersebut tentu mempertimbangkan efisiensi biaya produksi yang dikeluarkan terkait dengan harga jualnya. Penggunaan air sumur yang sudah tercemar, khususnya di kota-kota besar, berpotensi menyebabkan penyakit diare [15]. Hal ini disebabkan ketersediaan dan akses terhadap sumber air dengan standar air minum untuk produksi pangan di Indonesia masih terbatas. Padahal ini merupakan faktor yang sangat penting karena menjadi salah satu sub indikator keamanan pangan (*food safety indicator*) pada *global food security index* (GFSI).

Berdasarkan nilai GFSI yang dipublikasikan oleh *The Economist* tahun 2015, Indonesia menduduki ranking ke-74 dari 109 negara dan menduduki peringkat ke-6 di ASEAN. Namun apabila dilihat dari indikator mutu dan keamanan pangan, Indonesia menduduki peringkat ke-88 dunia, sedangkan di ASEAN peringkat ke-7 di bawah Myanmar. Hal ini dapat menyiratkan bahwa sarana dan prasarana air bersih sebagai sumber air bagi proses produksi yang dilakukan oleh UMK PJAS di Indonesia masih belum memadai.

Selain itu terdapat pula masalah proses produksi yang kurang higienis dari UMK PJAS dan tidak menggunakan pelindung (masker dan atau sarung tangan) untuk menjaga higienitas produk PJAS yang diproduksi. Walaupun menurut pengakuan pihak UMK PJAS, bahwa mereka selalu mencuci tangan sebelum memulai proses produksi tersebut. Masalah kebersihan ini tidak hanya pada saat proses produksi, tetapi pada saat menyajikan dan melayani pelanggannya, misalnya: cara menjamah, mengemas, dan lain-lain. Faktor-faktor yang menyebabkan potensi terjadinya gangguan pada kesehatan disampaikan pada Gambar 3. Kepedulian terhadap keamanan pangan PJAS seringkali diabaikan, khususnya oleh UMK PJAS itu sendiri. Oleh karena itu penting untuk diadakan penyuluhan kepada para siswa yang melibatkan guru (pihak sekolah) dan orangtua, serta membina UMK agar makanan/minuman yang dijualnya tidak berbahaya bagi pelanggan yang merupakan siswa sekolah, generasi penerus bangsa.



Gambar 3. Diagram hubungan faktor-faktor keamanan PJAS

b. Analisis Situasi Masalah Terekspresikan

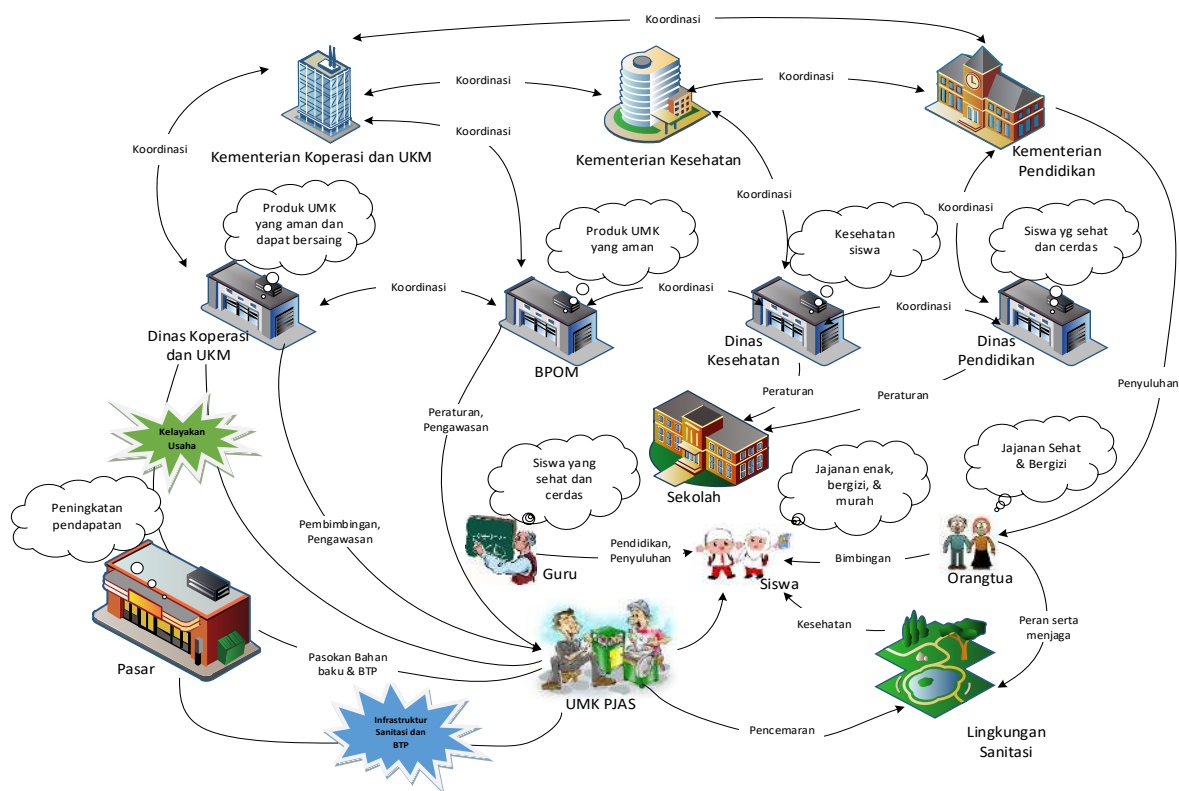
Berdasarkan analisis situasi masalah, maka terdapat beberapa faktor utama yang berpotensi menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan, yaitu penggunaan bahan BTP berbahaya; penggunaan sumber air dan proses produksi yang kurang higienis; serta tingkat kebersihan dalam pelayanan UMK PJAS. Faktor yang terkait dengan kebersihan, yaitu sumber air dan proses produksi yang kurang higienis dan tingkat kebersihan dalam pelayanan, kesemuanya dapat dikategorikan dalam faktor sanitasi.

Dengan demikian faktor penggunaan BTP yang berbahaya (melebihi ketentuan atau menggunakan BTP yang dilarang) serta faktor infrastruktur sanitasi merupakan faktor utama yang mempengaruhi kinerja keamanan pangan UMK PJAS. Hal ini sejalan dengan hasil pengawasan PJAS oleh BPOM pada tahun 2013 di mana terdapat 19,21% PJAS yang tidak memenuhi syarat (TMS) disebabkan antara lain oleh penggunaan bahan berbahaya yang dilarang untuk pangan, penggunaan BTP melebihi batas maksimal yang diperbolehkan, kandungan cemaran logam berat melebihi batas maksimal, dan kualitas mutu mikrobiologis yang tidak memenuhi syarat.

Namun apabila UMK PJAS diwajibkan memenuhi persyaratan infrastruktur sanitasi guna memenuhi keamanan PJAS, misalnya penyediaan saluran PAM atau air galon higienis, lemari pendingin untuk menyimpan bahan pangan berupa daging atau ikan atau pemanas makanan untuk menjajakan PJAS, maka

hal ini akan meningkatkan biaya produksi dan investasi dan selanjutnya akan mempengaruhi kelayakan usaha UMK PJAS. Begitu pula dengan penggunaan BTP yang kurang memadai seringkali menjadikan PJAS tidak menarik bagi siswa sekolah untuk membelinya, selanjutnya akan menyebabkan UMK PJAS menjadi merugi dan usaha pun menjadi tidak layak lagi.

Dalam menyelesaikan permasalahan ini perlu didekati secara sistemik melalui penerapan sistem manajemen kamanan pangan pada UMK PJAS agar PJAS yang dihasilkan terjamin keamanannya untuk dikonsumsi. Dengan permasalahan yang cukup kompleks, maka diperlukan model sistem pembinaan UMK PJAS secara terpadu dari berbagai pihak terkait, baik di tingkat Pusat maupun Daerah. Situasi permasalahan diekspresikan dalam *rich picture* pada Gambar 4.



Gambar 4. Rich picture situasi problematik keamanan PJAS saat ini.

c. Definisi Akar Sistem

Menurut Checkland dan Poulter (2009) perlu disusun pernyataan yang dapat menggambarkan sistem aktivitas yang akan dimodelkan. Pernyataan tersebut dituangkan dalam definisi akar atas rencana transformasi pembinaan UMK PJAS ke depan yang relevan. Pengembangan model sistem pembinaan UMK PJAS dilakukan agar tercipta jaminan keamanan pangan PJAS yang lebih baik.

Sebelum definisi akar yang relevan dengan sistem pembinaan UMK PJAS ditetapkan, maka terlebih dahulu disusun formula PQR yang merupakan penjelasan logis atas transformasi yang akan dilakukan, yaitu berupa model P, dengan melakukan Q, dan untuk menghasilkan R (Checkland dan Poulter 2009). Adapun model yang akan dibangun (P) adalah model pembinaan UMK yang dapat menjamin produksi PJAS yang aman. Proses yang akan dilakukan (Q) adalah melalui pembinaan UMK PJAS terkait higienitas dan sanitasi proses produksi, penggunaan BTP yang aman, dan penjualan PJAS dengan penerapan model Lima Kunci Keamanan Pangan di UMK PJAS secara bertahap dan terpadu. Hasil yang hendak dicapai (R) adalah untuk meningkatkan jaminan keamanan PJAS.

Berdasarkan PQR yang ditetapkan, dilakukan analisis *client, actor, transformation, worldview, owner, environment* (CATWOE) untuk mengetahui peran pihak-pihak berkepentingan dan pandangannya serta keterbatasan pada model yang akan dibangun. Berikut penjabaran CATWOE dalam perancangan model sistem pengembangan UMK PJAS tersebut, yaitu:

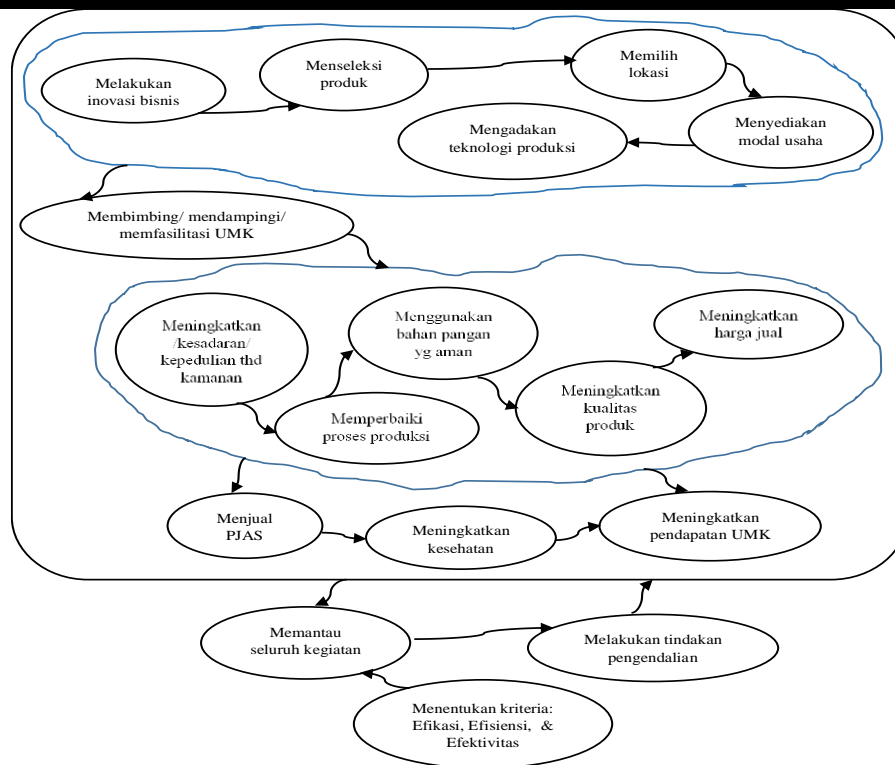
1. *Client* (pelanggan) pada model ini adalah anak-anak (siswa) SD yang memiliki kebiasaan jajan, di mana sebesar 98,9% anak-anak jajan di sekolah [16].

2. *Actor* (pelaku) adalah UMK pembuat/penjual PJAS, BPOM, Dinas Kesehatan, Dinas Pendidikan, Dinas Koperasi dan UKM.
3. *Transformation* (transformasi) yang hendak dikerjakan adalah melakukan pembinaan UMK dalam penerapan keamanan pangan secara terpadu untuk menghasilkan PJAS yang aman dikonsumsi.
4. *Worldview* (pandangan umum) yang ada adalah bahwa UMK memiliki keterbatasan dana dan keterbatasan kemampuan maupun pengetahuan sehingga terkendala dalam menerapkan keamanan pangan.
5. *Owner* (pemilik) dari model yang akan dibangun adalah Kepala Daerah setempat (setingkat Bupati/Walikota), dimana sesuai dengan PP No. 28 tahun 2004, Bupati/Walikota berwenang membina, memeriksa, dan memberikan tindakan administratif, termasuk menghentikan usaha pelaku PJAS.
6. *Environment* (kondisi lingkungan). Terdapat kondisi lingkungan yang perlu diperhatikan atas pembinaan UMK PJAS saat ini yaitu:
 - Anggaran dan kapabilitas lembaga pemerintah terbatas sehingga program pembinaan dan pengawasan UMK masih kurang memadai.
 - Kesadaran UMK terhadap keamanan pangan masih rendah.
 - Keterbatasan informasi tentang keamanan pangan
 - Keterbatasan alternatif Bahan Tambahan Pangan yang aman dan terjangkau

Berdasarkan Rich Picture, PQR, dan CATWOE, maka dirumuskan definisi akar (*root definition*) yaitu “Model sistem pembinaan UMK PJAS melalui pembimbingan/pendampingan dan pemberian fasilitas bagi penerapan Lima Kunci Pangan Aman secara bertahap dan terpadu oleh dinas Kabupaten/Kota, BPOM, Kementerian Teknis dan Sekolah yang bersangkutan dengan mempertimbangkan keterbatasan dana dan kapabilitas UMK PJAS sehingga terjadi peningkatan kepatuhan sanitasi proses produksi dan pemakaian BTP yang berdampak terhadap penurunan jumlah kasus keracunan makanan di sekolah-sekolah dasar.”

d. Pengembangan Model Konseptual

Model konseptual adalah sebuah model aktivitas yang dilakukan manusia (orang) sesuai dengan definisi akarnya. Aktivitas-aktivitas diuraikan dari definisi akar yang telah ditetapkan. Model menunjukkan kebergantungan antara satu aktivitas dengan aktivitas lainnya. Dalam menjalankan aktivitas-aktivitas terkait dengan transformasi pembinaan UMK PJAS yang sesuai dengan definisi akarnya, maka dibangun model aktivitas sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai (*purposeful activity model* – PAM). Pada model aktivitas ini, berbagai aktivitas yang dilakukan UMK PJAS dalam rangka memproduksi dan menjual PJAS, mulai dari aktivitas inovasi bisnis, seleksi produk PJAS yang akan diproduksi, pemilihan lokasi tempat berjualan, pengadaan modal usaha, sampai kepada aktivitas pengadaan teknologi yang dipakai untuk memproduksinya.



Gambar 5. Model aktivitas pembinaan UMK PJAS

Di samping itu, agar produksi PJAS yang dihasilkan aman, diperlukan aktivitas pembinaan UKM PJAS yang direpresentasikan dengan kegiatan pembimbingan, pendampingan, dan fasilitasi penerapan model Lima Kunci Pangan Aman untuk meningkatkan kemampuan pengelolaan keamanan PJAS di UMK. Dengan adanya pembinaan UMK PJAS tersebut, maka kesadaran dan kepedulian terhadap keamanan pangan akan meningkat dan hal ini akan berdampak kepada aktivitas produksi PJAS serta penggunaan bahan pangan yang lebih baik. Kondisi ini akan meningkatkan kualitas produk PJAS dan pada akhirnya akan dapat meningkatkan penjualan PJAS yang aman serta berdampak terhadap meningkatnya kesehatan siswa (anak) sekolah yang mengkonsumsi PJAS. Peningkatan tersebut cepat atau lambat akan berdampak terhadap meningkatnya pendapatan dan keuntungan yang diperoleh UMK PJAS. Seluruh aktivitas yang dilakukan di UMK PJAS, termasuk pembinaannya harus dipantau dengan kriteria efikasi, efisiensi, dan efektivitas. Apabila terdapat penyimpangan akan dilakukan tindakan pengendalian yang sesuai. Model aktivitas diilustrasikan pada Gambar 5.

Pada pengembangan model ini, proses pengujian kelayakannya menggunakan *EEE (The Three E's)* yang juga digunakan sebagai indikator/kriteria keberhasilan adalah sebagai berikut:

1. *Efficacy* (efikasi), menguji apakah sistem berjalan atau apakah transformasi berlangsung efektif. Dalam model ini efikasi adalah model harus terbukti mampu meningkatkan jaminan keamanan pangan UMK yang bergerak dalam PJAS. Dalam hal ini terkait dengan tingkat cemaran terhadap PJAS, terkait dengan sanitasi, dan kesesuaian penggunaan BTP.
2. *Efficiency* (efisiensi), merupakan hubungan antara output yang dicapai dengan sumberdaya yang digunakan untuk menghasilkan output tersebut. Dalam model ini efisiensi yang dimaksud adalah bahwa dana pembinaan dan pengawasan UMK yang dikeluarkan harus lebih rendah dari biaya akibat terjadinya kasus terkait keamanan pangan (keracunan pangan).
3. *Effectiveness* (efektivitas), adalah tercapainya tujuan (*goal achieved*). Pada pengujian efektivitas, model harus terbukti menurunkan jumlah kasus keracunan pangan di sekolah-sekolah dasar.

e. Perbandingan Model Konseptual dan Situasi Dunia Nyata

Model konseptual yang digambarkan dalam model aktivitas pada Gambar 5 dibandingkan dengan situasi masalah dalam dunia nyata untuk mengetahui apakah aktivitas-aktivitas tersebut telah dilakukan; siapa dan bagaimana cara melakukannya serta mengukur kinerja pencapaiannya; dan apakah aktivitas-aktivitas telah dilaksanakan secara efektif. Perbandingan model konseptual dan situasi masalah (dunia nyata) pada setiap aktivitas yang terkait dengan pembinaan UMK PJAS diuraikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan model konseptual dan situasi dunia nyata

No.	Model Konseptual	Dunia Nyata
1	Melakukan inovasi bisnis	UMK melakukan inovasi bisnis untuk mengembangkan bisnis agar mencapai skala yang lebih ekonomis.
2	Menyeleksi produk	UMK memilih produk yang aman untuk diproduksi, termasuk penggunaan bahan dan kemasan, sesuai dengan pedoman keamanan pangan.
3	Memilih lokasi usaha	Memilih lokasi usaha yang memadai sebagai tempat produksi. UMK selama ini menggunakan dapur rumah tangga untuk kegiatan produksi (masih bercampur)
4	Menyediakan modal usaha	Modal usaha diperoleh dari pemerintah, baik pusat maupun daerah dengan skema-skema bantuan yang ada.
5	Mengadakan teknologi produksi	Teknologi produksi diketahui dari pembimbingan dan pelatihan yang diberikan oleh departemen teknis. Misalnya: Kementerian Koperasi dan UKM.
6	Meningkatkan/kesadaran/kepedulian terhadap kamanan pangan	Peningkatan kesadaran dan kepedulian dilakukan pada UMK agar dapat berproduksi secara benar, dan juga kepada murid, guru, orangtua, dan masyarakat luas pada umumnya, terhadap bahaya pangan yang tidak aman.
7	Memperbaiki proses produksi	UMK melakukan proses produksi secara benar sehingga keamanan pangan dapat terjamin.
8	Menggunakan bahan pangan yang aman	UMK memilih dan menggunakan bahan baku dan BTP yang aman dalam batas yang diperbolehkan sesuai peraturan yang ditetapkan.
9	Meningkatkan kualitas produk	Peningkatan kualitas produk terjadi, khususnya dari sisi keamanan pangan dan nilai gizi yang terkandung dalam PJAS.
10	Meningkatkan harga jual	UMK dapat meningkatkan harga jual dengan ada kualitas yang lebih baik, namun tetap mempertahankan daya beli masyarakat.
11	Menjual PJAS	UMK melakukan aktivitas penjualan PJAS dengan cara yang aman, baik dalam wadah yang digunakan, maupun pelayanan yang diberikan terkait dengan keamanan pangan.
12	Meningkatkan kesehatan	PJAS yang dijual oleh UMK dan dibeli oleh siswa sekolah akan dapat meningkatkan kesehatan dan kecerdasan anak karena aman dan mengandung nilai gizi.
13	Meningkatkan pendapatan UMK	Peningkatan kualitas dan harga jual akan meningkatkan pendapatan, termasuk laba UMK
14	Menentukan kriteria: Efikasi, Efisiensi, dan Efektivitas	Penetapan kriteria untuk menilai keberhasilan pencapaian dari seluruh kegiatan yang dilakukan, mengacu kepada metode SSM, yaitu: efikasi, efisiensi, efektivitas
15	Memantau seluruh kegiatan	Melakukan pemantauan terhadap seluruh kegiatan yang dilakukan dalam rangka pembinaan UMK PJAS.
16	Melakukan tindakan pengendalian	Melakukan tindakan pengendalian yang sesuai dan diperlukan sebagai hasil dari pemantauan terhadap aktivitas-aktivitas yang dilakukan.

f. Pedoman untuk Perubahan yang Layak dan Diinginkan

Pembinaan UKM PJAS dilakukan dengan pelaksanaan kegiatan utama, yaitu dengan memberikan pembimbingan, pendampingan dan pemberian fasilitas dalam penerapan lima kunci pangan. Lima kunci pangan juga harus disosialisasikan di sekolah dan masyarakat luas agar kesadaran terhadap kamanan pangan dengan bahaya penyakit yang ditimbulkannya dapat terbangun. Oleh sebab itu pedoman untuk perubahan yang layak diinginkan terkait dengan jaminan keamanan pangan dapat mengacu kepada lima kunci pangan, yaitu sebagai berikut:

1. Jagalah kebersihan

Dengan menerapkan kebersihan selama pengelolaan pangan agar bisa mengurangi tercemarnya pangan oleh mikroba yang terdapat/terbawa pada tangan, kain lap, peralatan.

Cara yang dapat dilakukan, misalnya mencuci/mensanitasi tangan dan seluruh peralatan; menjaga agar tidak ada serangga, hama atau binatang yang berbahaya bagi keamanan pangan, khususnya di area dapur
2. Pisahkan pangan mentah dari pangan matang.

Pangan mentah (seperti daging sapi, unggas, ikan, dll.) dapat mengandung mikroba yang dapat mencemari pangan lainnya selama penyimpanan dan pengolahan.

Cara melakukannya adalah pisahkan daging sapi, unggas, ikan dari pangan lainnya; gunakan peralatan yang terpisah, seperti: pisau, dan talenan untuk mengolah pangan; dan simpan pangan dalam wadah untuk menghindari kontak antara pangan mentah dan pangan matang.
3. Masaklah dengan benar.

Memasak pangan dengan tepat dapat membunuh hampir semua mikroba berbahaya. Penelitian menunjukkan bahwa memasak pangan dengan suhu dalam 70°C dapat dipastikan aman untuk dikonsumsi. Pangan yang benar-benar harus diperhatikan ialah daging cincang, daging panggang utuh, daging potongan besar, ayam utuh dan pangan hasil laut.

Cara yang dapat dilakukan adalah masaklah pangan dengan benar, terutama daging sapi, unggas, ikan, telur, dan pangan hasil laut; Rebuslah pangan, seperti sup sampai mendidih dan pastikan agar suhu dalamnya mencapai 70°C. Untuk daging sapi dan daging unggas, pastikan cairan dalam pangan bening, tidak berwarna merah mudah. Agar lebih yakin, ukur dengan termometer; dan melakukan proses pemanasan pangan kembali secara benar.

4. Jagalah pangan pada suhu aman.

Mikroba dapat berkembang biak dengan cepat pada suhu ruang. Dengan menjaga suhu dibawah 5°C atau di atas 60°C, pertumbuhan mikroba lebih lambat/berhenti. Beberapa mikroba berbahaya tetap dapat tumbuh pada suhu dibawah 5°C.

Cara yang dapat dilakukan adalah jangan membiarkan pangan matang lebih dari 2 jam di suhu ruang; simpan segera pangan yang cepat rusak ke dalam lemari pendingin (sebaiknya dibawah 5°C); pertahankan makanan panas pada suhu lebih dari 60°C sebelum disajikan; jangan menyimpan pangan terlalu lama dalam lemari pendingin; dan jangan biarkan pangan beku mencair pada suhu ruang.

5. Gunakan air dan bahan yang aman.

Bahan baku, termasuk air dan es dapat terkontaminasi oleh mikroba dan bahan kimia berbahaya. Racun dapat terbentuk dari pangan yang rusak dan berjamur. Memilih bahan baku dan perlakuan sederhana seperti mencuci dan mengupas kulit, dapat mengurangi resiko yang ada.

Caranya adalah menggunakan air yang aman atau beri perlakuan agar air aman untuk digunakan; pilihlah pangan yang segar dan bermutu; pilihlah cara pengolahan pangan yang menghasilkan pangan aman; cucilah buah atau sayur, terutama yang akan dikonsumsi mentah; dan jangan mengkonsumsi pangan yang sudah kadaluwarsa.

g. Tindakan Perbaikan

Tindakan yang paling akan memberikan dampak yang positif adalah dengan melakukan pembimbingan, pendampingan dan pemberian fasilitas bagi penerapan lima kunci pangan aman secara bertahap dan terpadu oleh dinas Kabupaten/Kota, BPOM, Kementerian Teknis dan sekolah yang bersangkutan. Kegiatan pembimbingan dapat berupa kegiatan sosialisasi, penyuluhan dan pelatihan. Adapun kegiatan pendampingan dapat berupa kegiatan konsultasi di lokasi/lapangan ataupun melalui media komunikasi elektronik. Kegiatan fasilitasi dapat berupa pemberian bantuan atau kemudahan berupa dana atau barang serta fasilitas lain yang diperlukan UMK PJAS.

4. KESIMPULAN

Model sistem pembinaan UMK PJAS dilakukan melalui pembimbingan, pendampingan dan pemberian fasilitas bagi penerapan Lima Kunci Pangan Aman secara bertahap dan terpadu oleh dinas Kabupaten/Kota, BPOM, Kementerian Teknis, dan sekolah yang bersangkutan dengan mempertimbangkan keterbatasan dana dan kapabilitas UMK PJAS. Dengan demikian diharapkan terjadi peningkatan kepatuhan penerapan sanitasi proses produksi dan pemakaian BTP sesuai dengan batas yang diperbolehkan yang akan berdampak terhadap penurunan jumlah kasus keracunan makanan di sekolah, khususnya sekolah dasar (SD).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Haryadi. Pangan dan daya saing bangsa, upaya peningkatan keamanan, mutu dan gizi pangan melalui ilmu dan teknologi. *Paper*. Southeast Asian Food Science and Technology (SEAFST) Center, IPB (2007).
- [2] J. E. Fielding, A. Aguirre and E. Palaiologos, "Effectiveness of Altered Incentives in a Food Safety Inspection Program," *Prevent Medicine*, 32, 3:239-244 (2001).
- [3] Sucofindo. Monitoring dan Verifikasi Pangan Jajanan Anak Sekolah. *Laporan Akhir Proyek*. BPOM (2008).
- [4] BPOM. *Rencana Aksi Nasional; gerakan menuju pangan jajanan anak sekolah yang aman, bermutu, dan bergizi*. BPOM RI (2011).
- [5] T. Muhandri T, D. Kadarisman. *Sistem Jaminan mutu industri pangan*. IPB Press (2012).
- [6] M. Dora, M. Kumar, D. van Goubergen, A. Molnar, X. Gellynck. Food Quality Management System: reviewing assessment strategies and a feasibility study for European food small and medium enterprises. *Food Control*. 31:607-616 (2013).
- [7] Sutojo. Profil usaha kecil dan kebijakan kredit perbankan di Indonesia. Lembaga Manajemen FE-UI (1994).
- [8] T. Maqsood, A. D. Finegan, D. H. T Walker. Five case studies applying soft systems methodology to knowledge management (2001).

-
- [9] R. Delbridge. An illustrative application of soft systems methodology (SSM) in a library and information service context. *Library Management*. Emerald (2008).
- [10] Eriyatno. *Creative System Thinking*. Orasi Ilmiah. IPB. Bogor (2012).
- [11] K. E. Maani, R. Y. Cavana. *System Thinking, System Dynamics: Managing Change and Complexity*. Pearson Education. New Zealand (2004).
- [12] Eryatno, Larasati. Ilmu Sistem Meningkatkan Integrasi dan Koordinasi Manajemen, Jilid 2. Guna Widya Surabaya (2013).
- [13] P. Checkland, J. Scholes. *Soft System Methodology in action*. John Wiley & Sons, Ltd. (2006).
- [14] S. Hardjosoekarto S. *Soft Systems Methodology (Metode Serba Sistem Lunak)*. UI Press-Lab Sosio Pusat Kajian Sosiologi. Jakarta (2012).
- [15] I. N. Sujaya, K. A. Nocianitri, K. Asano. Diversity of bacterial flora of Indonesian ragi tape and their dynamics during the tape fermentation as determined by PCR-DGGE. *International Food Research Journal*, 17:239-245 (2010).
- [16] BPOM. Pedoman pangan jajanan anak sekolah untuk pencapaian gizi seimbang : Orang Tua, Guru, dan Pengelola Kantin. BPOM RI. Jakarta (2013).