

# Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Ikan Lele Menggunakan Metode Certainty Factor Pada Kelompok Usaha Ternak Ikan Lele Tangerang

Fajar Septian<sup>1</sup>, Imam Maulana<sup>2</sup>, Saipul Anwar<sup>3</sup>, Mohammad Imam Shalahudin<sup>4</sup>, Jefri Rahmadian<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup> Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pamulang

Jl. Raya Puspitek No. 46 Buaran, Serpong, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

<sup>3</sup> Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Teknologi, Universitas Tanri Abeng

Jl. Swadarma Raya No.58, Ulujami, Pesanggrahan, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia

<sup>4</sup> Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Teknologi Informasi NIIT

<sup>5</sup> Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Informasi NIIT

Jl. Asem Dua No. 22, Cipete Selatan, Cilandak, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia

dosen00677@unpam.ac.id<sup>1</sup>, imammaulana9111@gmail.com<sup>2</sup>, saipul@tau.ac.id<sup>3</sup>, imamshalahudin@gmail.com<sup>4</sup>, jefri@i-tech.ac.id<sup>5</sup>

**Abstrak**— Produksi ikan lele sebagai bagian dari industri perikanan di wilayah Tangerang menghadapi berbagai tantangan, terutama serangan hama dan penyakit yang menyebabkan penurunan jumlah produksi hasil panen serta melambatnya pertumbuhan dan waktu panen ikan lele. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini bertujuan untuk menguji diagnosis penyakit pada ikan lele menggunakan Sistem Pakar berbasis Metode Certainty Factor. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memperoleh hasil uji tingkat kepercayaan diagnosa penyakit pada ikan lele. Metode penelitian ini melibatkan pengumpulan data gejala penyakit dari kelompok usaha ternak ikan lele di Tangerang. Data yang terkumpul digunakan untuk mengembangkan Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Ikan Lele yang menerapkan Metode Certainty Factor untuk memberikan bobot kepercayaan pada setiap diagnosa penyakit. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Sistem Pakar dengan Metode Certainty Factor dapat mengidentifikasi jenis penyakit yang menyerang ikan lele dengan tingkat kepercayaan yang tinggi. Implementasi Sistem Pakar ini diharapkan dapat membantu peternak ikan lele dalam mendiagnosis penyakit dengan lebih akurat dan cepat, sehingga tindakan pengobatan dan pencegahan dapat dilakukan dengan tepat waktu. Diagnosis dapat dilakukan dengan perhitungan faktor kepastian (Certainty Factor) dihitung berdasarkan bobot aturan dan tingkat kepercayaan pada gejala yang diamati. Faktor kepastian menggambarkan sejauh mana diagnosis tersebut dapat diandalkan. Perhitungan faktor kepastian melibatkan kombinasi dari bobot aturan dan tingkat kepercayaan gejala yang diamati. Hasil pengujian keakuratan metode melalui implementasi program dan perhitungan manual didapatkan hasil pengujian dengan nilai CF dengan Tingkat akurasi rata-rata yang sudah didapatkan yaitu sebesar 97.985%. Dengan adanya Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Ikan Lele, diharapkan jumlah produksi hasil panen dapat meningkat kembali karena hama dan penyakit dapat diidentifikasi dan ditangani dengan lebih efektif. Penelitian ini memiliki potensi untuk memberikan kontribusi positif bagi industri perikanan dan kelompok usaha ternak ikan lele di Tangerang dalam meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan usaha mereka.

**Keywords** — *Diagnosa Penyakit, Metode Certainty Factor, Produksi Perikanan, Sistem Pakar*

## I. PENDAHULUAN

Teknologi merupakan suatu alat yang diciptakan manusia untuk membantu menyelesaikan pekerjaan manusia. Perkembangan teknologi telah membuka mata dunia akan sebuah dunia baru. Hal ini mendorong para ahli untuk

semakin mengembangkan komputer agar dapat membantu kerja manusia atau bahkan melebihi kemampuan kerja manusia. Salah satu contohnya adalah kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Teknologi ini banyak digunakan dalam aspek-aspek kehidupan, tidak terkecuali pada bidang

medis, baik dalam kategori manusia, hewan ataupun tumbuhan. Salah satu contoh penerapan *artificial intelligence* dalam bidang medis digunakan untuk pengambilan keputusan atau biasa dikenal dengan sistem pakar (*expert system*).

Kelompok Usaha Ternak Ikan Lele Tangerang mencangkup beberapa kelompok mengatakan bahwa dalam dua tahun terakhir (2021-2022) produksi Ikan Lele Pada Kelompok Usaha Ternak Ikan Lele Tangerang mengalami penurunan yang cukup tinggi. Pada tahun 2021 penurunan produksi benih Ikan Lele Sebesar 27%, dan penurunan produksi Ikan Lele konsumsi sebesar 42%. Pada tahun 2022 penurunan produksi benih Ikan Lele sebesar 19%, dan penurunan produksi Ikan Lele konsumsi sebesar 17%. Data tersebut didapat dari hasil akumulasi semua pembudidaya yang tergabung di dalam Kelompok Usaha Ternak Ikan Lele Tangerang. Penurunan jumlah produksi Ikan Lele disebabkan oleh faktor perubahan cuaca yang tidak menentu, sehingga mengakibatkan imunitas Ikan Lele menjadi rendah dan mudah terserang hama penyakit yang disebabkan oleh jamur, bakteri ataupun virus, contohnya seperti *Cotton Wall Disease*, Bintik Putih (*White Spot*), Serangan Jamur, *Channel Catfish Virus Disease* (CCDV) dan juga Penyakit Lele Gatal (*Trichodiniasis*).

Keberhasilan budidaya Ikan Lele dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti lokasi, luas kolam, volume dan kualitas air, perubahan cuaca, serangan hama dan penyakit juga cara pemeliharaan. Bagi pembudidaya Ikan Lele, kendala yang dihadapi seperti serangan hama dan penyakit. Namun bagi orang yang baru memulai budidaya Ikan Lele, tidak banyak yang mengetahui cara menangani masalah penyakit dengan benar sehingga menimbulkan kerugian dalam setiap penennya. Selain itu, pembudidaya juga membutuhkan biaya yang lebih jika ingin menggunakan jasa seorang pakar (konsultan) serta harus mencari dan membuka buku-buku tentang penyakit Ikan Lele. Hal ini sangat menyulitkan dan memakan waktu yang relatif lama, padahal penyakit ini perlu segera ditanggulangi. Untuk menyiasati permasalahan ini salah satunya adalah menggunakan aplikasi sistem pakar. Aplikasi ini dibangun untuk memberikan alternatif solusi

kepada masyarakat terkait masalah pengendalian hama dan penyakit pada Ikan Lele.

Sistem pakar adalah suatu program komputer yang dirancang untuk memodelkan kemampuan penyelesaian masalah yang dilakukan oleh seorang pakar [1]. Sistem pakar tidak akan berdiri dengan sendirinya, dibutuhkan metode atau aturan dalam menyelesaikan masalah. Metode pada sistem pakar sangat penting untuk mendiagnosis penyakit. Dengan melacak gejala masing-masing hewan ternak dan mencocokkannya dengan aturan yang ada, serta menghasilkan diagnosis berdasarkan basis pengetahuan [2]. Pada sistem pakar peneliti menggunakan Metode Certainty Factor karena metode ini mendefinisikan ukuran kepastian terhadap suatu fakta dan aturan untuk menggambarkan tingkat keyakinan pakar terhadap masalah yang sedang dihadapi [3]. Dengan menggunakan sistem pakar mempercepat dalam mendiagnosis suatu jenis penyakit pada Ikan Lele, sehingga dapat dengan mudah diketahui jenis penyakit yang sedang menjangkit serta memberikan solusi untuk menangani penyakit tersebut.

## II. METODE PENELITIAN

*Certainty Factor* adalah metode yang digunakan dalam sistem pakar untuk mengukur tingkat kepastian atau keyakinan terhadap suatu pernyataan atau aturan berdasarkan bobot bukti yang ada [4]. *Certainty Factor* membantu dalam penilaian dan penentuan tingkat keyakinan yang berkaitan dengan suatu pernyataan atau aturan dalam konteks sistem pakar.

Nilai faktor Kepastian (*Certainty Factor*) pertama kali digunakan pada MYCIN, yaitu sistem pakar untuk mendiagnosis jenis penyakit infeksi darah, kemudian menentukan jenis obat dan dosisnya. Certainty Factor menggunakan suatu gejala nilai untuk mengasumsikan derajat keyakinan seorang pakar terhadap suatu data [5]. Dalam mengekspresikan derajat kepastian, Certainty Factor untuk mengasumsikan derajat kepastian seorang pakar terhadap suatu data [6]. Konsep ini kemudian diformulasikan dalam persamaan 2.1

$$CF [H,E] = MB [H,E] - MD [H,E] \quad (2.1)$$

Keterangan :

CF: *Certainty Factor*

MB : *Measure of Belief*

MD : *Measure of Disbelief*

H : *Hipotesa*

E : *Evidence*

Berikut ini adalah deskripsi beberapa kombinasi *Certainty Factor* terhadap berbagai kondisi :

1. *Certainty Factor* untuk kaidah dengan premis tunggal (*single premis rules*) ditujukan pada persamaan 2.2

$$CF(H,E) - CF(E) * CF(rule) - CF(user) * CF(pakar) \quad (2.2)$$

2. *Certainty Factor* untuk kaidah dengan premis majemuk (*multiple premis rules*) ditujukan pada persamaan 2.3 dan persamaan 2.4

$$CF(A \text{ AND } B) - \text{Minimum}(CF(a), CF(b)) * CF(rule) \quad (2.3)$$

$$CF(A \text{ OR } B) - \text{Maximum}(CF(a), CF(b)) * CF(rule) \quad (2.4)$$

3. *Certainty Factor* untuk kaidah dengan kesimpulan yang serupa (*similarly cocluded rules*) ditujukan pada persamaan 2.5

$$CF_{combine}(CF1, CF2) = CF1 + CF2 * (1 - CF1) \quad (2.5)$$

Tabel 1 Interpretasi Nilai Certainty Factor

Kepercayaan	CF
Tidak pasti	-1.0
Hampir tidak pasti	-0.8
Kemungkinan tidak	-0.6
Mungkin tidak	-0.4
Tidak tahu	-0.2 to 0.2
Mungkin	0.4
Kemungkinan besar	0.6
Hampir pasti	0.8
Pasti	1.0

Dengan menggali dari hasil wawancara dengan pakar. Nilai Certainty Factor didapat dari interpretasi term dari pakar menjadi MB (*measure of increase belief*) atau nilai MD (*measure of increase disbelief*) tertentu [7]. Nilai MB/MD tersebut digunakan untuk menghitung nilai Certainty Factor dari suatu rule dengan beberapa metode.

Tabel 2 Nilai Interpretasi Untuk MB dan MD

Kepercayaan	MB/MD
Tidak tahu/tidak ada	0 – 0.29
Mungkin	0.3 – 0.39
Kemungkinan besar	0.5 – 0.69
Hampir pasti	0.7 – 0.89
Pasti	0.9 – 1.0

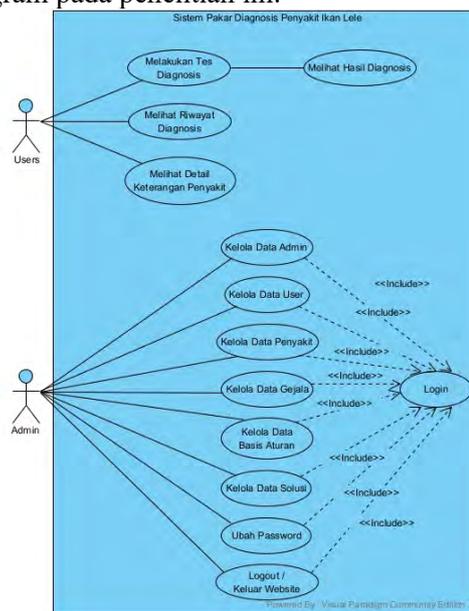
Nilai MB merupakan nilai kepercayaan seorang pakar terhadap gejala yang mempengaruhi penyakit

atau hama, sedangkan nilai MD adalah nilai ketidakpercayaan seorang pakar terhadap gejala yang mempengaruhi penyakit atau hama. Kedua nilai tersebut sangat diperlukan untuk perancangan sistem pakar dalam database pengetahuan sistem.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Perancangan Use Case Diagram

*Use Case* menggambarkan *external view* dari sistem yang akan kita buat modelnya. *Use Case* harus mampu menggambarkan urutan *actor* yang menghasilkan nilai terukur [8]. *Use Case diagram* menggambarkan fungsionalitas sistem secara visual, termasuk skenario penggunaan atau *Use Case* yang terkait dengan sistem tersebut. *Use Case diagram* biasanya terdiri dari *actor* (pengguna), *Use Case*, dan hubungan antara keduanya. *Actor* merupakan peran yang dimainkan oleh pengguna dalam berinteraksi dengan sistem, sedangkan *Use Case* merupakan aksi atau aktivitas yang dapat dilakukan oleh pengguna di dalam sistem. Hubungan antara *actor* dan *Use Case* digambarkan dengan menggunakan garis dan tanda panah yang menunjukkan arah interaksi. Berikut adalah rancangan *Use Case* diagram pada penelitian ini.



Gambar 1 Use case diagram

Pada gambar di atas dijelaskan bahwa terdapat 2 kategori pengguna yaitu admin dan user yang mana di setiap pengguna tersebut memiliki hak akses masing-masing. Berikut penjelasan mengenai masing-masing kategori dan rancangan dari use case diagram di atas.

#### 1. Admin

Admin bersifat *full* akses dimana admin bisa mengakses menu yang tidak bisa diakses oleh user seperti menginput data admin baru, menginput data user, menginput data penyakit, menginput data gejala, menginput data detail keterangan, dan menginput data pengetahuan.

## 2. User

User memiliki peran akses terbatas yang hanya dapat melakukan tindakan seperti melakukan diagnosis penyakit dan melihat hasil riwayat diagnosis.

## B. Karakteristik Data

Proses ini peneliti menganalisa data yang diproses dari pengumpulan data yang bersumber dari seorang pakar. Dari data tersebut dibuat alur dari setiap gejala-gejala menjadi satu jenis penyakit. Berikut adalah tabel penyakit dan gejala pada Ikan Lele yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3 Nama Penyakit Ikan Lele

Kode Penyakit	Nama Penyakit
P1	<i>Cotton Wall Disease</i>
P2	Bintik Putih ( <i>White Spot</i> )
P3	Penyakit Lele Gatal ( <i>Trichodiniasis</i> )
P4	Penyakit Lele Kuning ( <i>Jaundice</i> )
P5	Pecah Usus / <i>RIS</i> ( <i>Reptures Intestine Syndrome</i> )
P6	Penyakit Cacar
P7	Penyakit Ikan Lele <i>Ragged Tail Fin</i>
P8	Serangan Jamur
P9	Penyakit Darah Cokelat
P10	<i>Enteric Septicemia of Catfish (ESC)</i>
P11	Penyakit <i>Columnaris</i>
P12	Penyakit <i>Gill Poliferatif (PGD)</i>
P13	<i>Channel Catfish Virus Disease (CCDV)</i>

Tabel di atas merupakan data jenis penyakit yang sering menyerang ikan lele, data jenis penyakit didapatkan dari hasil wawancara dengan pakar Ikan Lele.

Tabel 4 Nama Gejala Penyakit Ikan Lele

Kode Gejala	Jenis Gejala
G01	Terdapat luka lecet pada tubuh lele secara mendadak dan terus bertambah

G02	Tubuhnya dilapisi bintik putih
G03	Malas berenang atau tidak agresif
G04	Lele akan mengambang seperti mati.
G05	Insang dilapisi bintik putih
G06	Lele seperti merasa gatal dan menggosokkan tubuhnya di dasar atau dinding kolam.
G07	Warna kulit berubah kusam atau pucat
G08	Gejala yang dialami lele cepat menular
G09	Lele tidak mau makan
G10	Sekujur tubuh lele berwarna kekuningan seperti keracunan.
G11	Insang dan organ dalam berwarna kuning jika dilakukan pembedahan.
G12	Perut lele membesar dan kencang.
G13	Usus pecah karena lele tidak mengeluarkan kotoran selama sehari-hari.
G14	Terdapat luka seperti borok pada tubuh lele
G15	Sirip atau ekor berubah warnanya menjadi pudar dan sobek-sobek.
G16	Muncul warna putih ditubuh lele seperti benang halus atau kapas, biasanya di kepala, tutup insang, dan sirip yang bisa menyebar dengan cepat ke bagian tubuh lainnya.
G17	Lele menggantung di permukaan air kepala di atas dan ekor di bawah.
G18	Gerakan renang menjadi aneh atau tidak menentu
G19	Rahang dan perut membengkak
G20	Insang pucat
G21	Jika dipegang ada cairan lendir tebal di tubuhnya
G22	Terjadi perdarahan di mulut dan sirip serta meluas ke seluruh tubuh.
G23	Lele menyendiri, berenang di permukaan air karena sulit bernafas
G24	Bengkak di sirip dan dada.
G25	Insang bengkak dan bau darah.

Tabel di atas merupakan data gejala-gejala yang di alami ikan lele dari setiap penyakit.

## C. Penerapan Metode *Certainty Factor*

Teknik *certainty factor* diimplementasikan dengan mengukur tingkat keyakinan terhadap suatu pernyataan atau hipotesis dari *rule*/aturan yang disediakan [9].

Tabel 5 Matriks Aturan Gejala Penyakit Terhadap Penyakit Ikan Lele

Kode Gejala	Kode Penyakit												
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
G01	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G02	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G03	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
G04	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G05	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G06	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G07	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
G08	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
G09	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
G10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
G13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
G14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
G15	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
G16	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
G17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
G18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
G19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
G20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
G21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
G22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
G23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
G24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
G25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Setelah tabel hubungan gejala dan penyakit dibuat, Langkah selanjutnya yaitu membuat sebuah *rule* (aturan) yang digunakan untuk sistem pakar, data aturan terdiri dari hubungan antar gejala, penyakit, nilai MB (*measure of increase belief*) dan nilai MD (*measure of increase disbelief*) [10].

Tabel 6 Nilai MB dan MD Gejala Pada Tiap Penyakit

No	Nama Penyakit	Kode Gejala	Nilai MB	Nilai MD
1.	<i>Cotton Wall Disease</i>	G01	0.8	0
		G02	0.8	0.2
		G03	0.6	0.2
		G04	0.8	0.2
2.	Bintik Putih ( <i>White Spot</i> )	G05	1	0.2
		G06	0.8	0
3.	Penyakit Lele Gatal ( <i>Trichodiniasis</i> )	G03	0.8	0.2
		G07	1	0.2
		G06	1	0
		G08	0.8	0.2
4.	Penyakit Lele Kuning ( <i>Jaundice</i> )	G10	1	0
		G09	0.6	0.2
		G03	0.4	0.2
		G11	1	0
5.	Pecah Usus / <i>RIS (Reptures Intestine Syndrome)</i>	G12	1	0.2
		G03	0.8	0
		G13	0.8	0.2
6.	Penyakit Cacar	G14	1	0

No	Nama Penyakit	Kode Gejala	Nilai MB	Nilai MD
		G03	0.8	0.2
		G09	0.8	0.2
7.	Penyakit Ikan Lele <i>Ragged Tail Fin</i>	G15	1	0
		G09	0.8	0
		G03	0.6	0.2
8.	Serangan Jamur	G09	0.8	0.2
		G16	1	0
		G03	0.8	0.2
9.	Penyakit Darah Cokelat	G09	1	0
		G03	0.8	0
		G08	0.6	0.2
10.	<i>Enteric Septicemia of Catfish (ESC)</i>	G09	0.6	0.2
		G17	1	0.2
		G18	0.6	0.2
		G20	0.8	0.2
		G21	0.8	0.2
		G19	1	0.2
11.	Penyakit <i>Columnaris</i>	G16	0.8	0
		G23	0.8	0.2
		G07	0.8	0.2
		G24	0.8	0
		G18	0.6	0.2
12.	Penyakit <i>Gill Poliferatif (PGD)</i>	G25	1	0
		G03	0.6	0.2
		G09	1	0.2
		G23	1	0.4
13.	<i>Channel Catfish Virus Disease (CCDV)</i>	G09	0.8	0
		G18	0.6	0
		G17	0.8	0
		G24	1	0.2
		G07	0.8	0.2

#### D. Implementasi Antarmuka Aplikasi

Setelah selesai membuat analisa perancangan sistem, berikut adalah implementasi dari antarmuka aplikasi sistem pakar yang dibangun.

##### 1. Halaman Menu Beranda

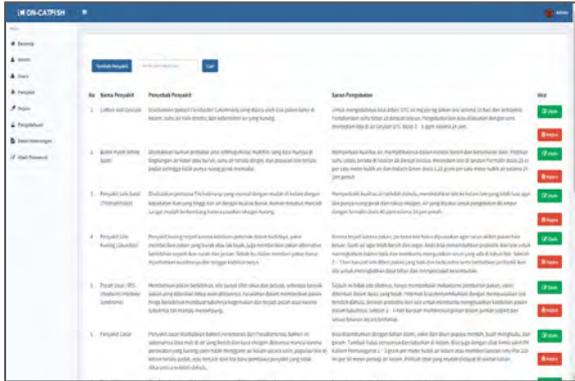
Pada halaman Beranda admin di dalamnya terdapat tampilan total gejala, total penyakit, total pengetahuan, dan total pengguna.



Gambar 2 Halaman Menu Beranda

## 2. Halaman Menu Penyakit

Dalam halaman menu penyakit terdapat tabel dari nama-nama penyakit Ikan Lele, dengan penyebab terjadinya penyakit tersebut dan juga cara pengobatannya.



Gambar 3 Halaman Menu Penyakit

## 3. Halaman Menu Gejala

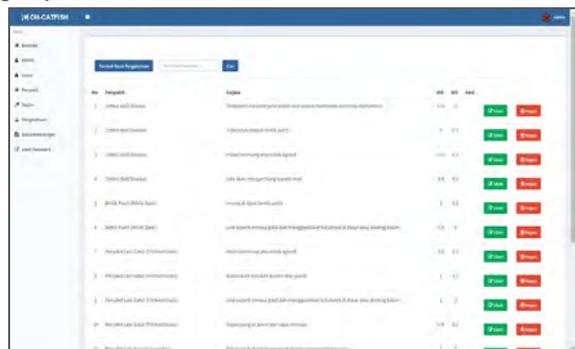
Dalam halaman menu gejala, terdapat beberapa jenis-jenis gejala yang dialami oleh setiap penyakit.



Gambar 4 Halaman Menu Gejala

## 4. Halaman Menu Pengetahuan

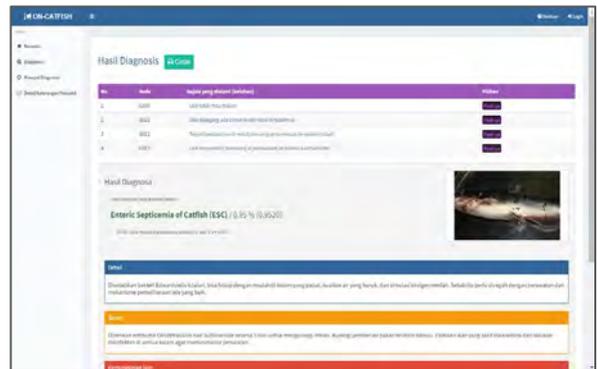
Dalam halaman ini terdapat data nilai MB dan MD dari tiap jenis gejala yang dialami oleh tiap penyakit.



Gambar 5 Halaman Menu Pengetahuan

## 5. Halaman Menu Diagnosis

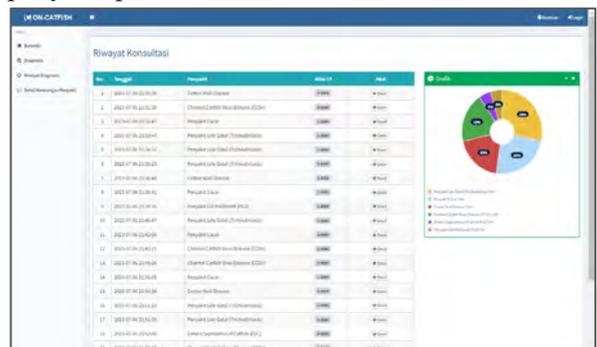
Halaman menu diagnosis berisi informasi terkait cara melakukan diagnosis penyakit pada Ikan Lele. Selanjutnya berisi form input data oleh user. Setelah user melakukan input data yang di perlukan, user akan diarahkan ke halaman selanjutnya. Halaman menu diagnosis selanjutnya berisi tabel gejala-gejala yang ada pada penyakit Ikan Lele dan juga nilai kondisi. Setelah user selesai memilih gejala dan nilai kondisi yang di alam Ikan Lele, user akan di arahkan ke halaman selanjutnya untuk melihat hasil diagnosis. Pada halaman ini user melihat keterangan penyakit, gejala, serta solusi dari hasil diagnosa yang di lakukan, dan user juga dapat mencetak hasil diagnosis dalam bentuk dokumen pdf.



Gambar 6 Halaman Menu Diagnosis

## 6. Halaman Riwayat Diagnosis

Dalam halaman menu riwayat berisi tabel riwayat hasil diagnosis penyakit pada Ikan Lele dan juga grafik lingkaran untuk masing-masing penyakit pada Ikan Lele.



Gambar 7 Halaman Menu Riwayat Diagnosis

## E. Hasil Pengujian Sampel

Pengujian aplikasi dilakukan kepada 10 sampel ukuran benih ikan lele sangkuriang dan 10 sampel ikan lele sangkuriang untuk ukuran konsumsi.

Hasil uji data sampel disajikan pada tabel 7 dan tabel 8.

Tabel 7 Hasil Uji 10 Data Sampel Benih Ikan Lele Sangkuriang

Hasil Pengujian Data Sampel Benih Ikan Lele Sangkuriang			
Sampel Data Uji	Hasil Diagnosis	Hasil Hitung CF	Nilai Persentase
S1	Channel Catfish Virus Disease (CCDV)	0.9680	96.8%
S2	Channel Catfish Virus Disease (CCDV)	0.9840	98.4%
S3	Penyakit Cacar	1.0000	100%
S4	Penyakit Lele Gatal (Trichodiniasis)	0.9680	96.8%
S5	Penyakit Cacar	1.0000	100%
S6	Cotton Wall Disease	0.9760	97.6%
S7	Penyakit Lele Gatal (Trichodiniasis)	0.9680	96.8%
S8	Penyakit Lele Gatal (Trichodiniasis)	1.0000	100%
S9	Penyakit Lele Gatal (Trichodiniasis)	1.0000	100%
S10	Penyakit Cacar	1.0000	100%
<b>Rata-Rata</b>		<b>0.9864</b>	<b>98.64%</b>

Tabel 8 Hasil Uji 10 Data Sampel Ikan Lele Sangkuriang Konsumsi

Hasil Pengujian Data Sampel Ikan Lele Sangkuriang Konsumsi			
Sampel Data Uji	Hasil Diagnosis	Hasil Hitung CF	Nilai Persentase
S1	Penyakit Cacar	1.0000	100%
S2	Channel Catfish Virus Disease (CCDV)	0.9200	92%
S3	Enteric Septicemia of Catfish (ESC)	0.9520	95.2%
S4	Penyakit Lele Gatal (Trichodiniasis)	0.9200	92%
S5	Penyakit Lele Gatal (Trichodiniasis)	1.0000	100%
S6	Cotton Wall Disease	0.9904	99.04%
S7	Penyakit Cacar	1.0000	100%

S8	Penyakit Gill Poliferatif (PGD)	1.0000	100%
S9	Cotton Wall Disease	0.9904	99.04%
S10	Channel Catfish Virus Disease (CCDV)	0.9600	96%
<b>Rata-Rata</b>		<b>0.9733</b>	<b>97.33%</b>

Nilai rata-rata akurasi yang didapatkan dari kedua sampel data uji di atas adalah 97.985%.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Ikan Lele Menggunakan Metode Certainty Factor sebagai berikut.

1. Hasil pengujian keakuratan metode melalui implementasi program dan perhitungan manual didapatkan hasil pengujian dengan nilai CF dengan tingkat akurasi yang baik. Dengan menerapkan sistem pakar, dapat memberikan solusi bagi para pembudidaya ikan lele untuk mengidentifikasi penyakit dan mengatasi permasalahan yang muncul guna membantu meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi Ikan Lele, serta mempercepat waktu panen.
2. Hasil pengujian keakuratan metode melalui implementasi program dan perhitungan manual didapatkan hasil pengujian dengan nilai CF dengan tingkat akurasi rata-rata yang sudah didapatkan yaitu sebesar 97.985%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. W. Permata and A. Hadi, "Diagnosis Penyakit Ikan Lele Berbasis Android Menggunakan Metode Certainty Factor," *Jurnal Votetektika (Vocational Teknik Elektronika dan Informatika)*, vol. 8, no. 2, 2020.
- [2] H. N. Suhardjito, "Sistem Pakar Penyakit Ikan Gurame Pada Pembudidayaan Menggunakan Metode Forward Chaining," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 3, no. 1, 2029.
- [3] A. Sucipto, Y. Fernando, R. I. Borman and N. Mahmuda, "Penerapan Metode Certainty Factor pada Diagnosa

- Penyakit Saraf Tulang Belakang," *Jurnal Ilmiah FIFO*, vol. 10, no. 2, 2018.
- [4] M. Hutasuhut, E. F. Ginting and D. Nofriansyah, "Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Osteochondroma Dengan Metode Certainty Factor," *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 9, no. 5, 2022.
- [5] D. Maulina and A. M. Wulanningsih, "Metode Certainty Factor Dalam Penerapan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Anak," *JOISM : Jurnal of Information System Management*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [6] C. Silaban, "Penerapan Metode Certainty Factor Dalam Mendiagnosa Penyakit Skizofrenia berbasis Komputer," *Journal of Pharmaceutical and Health Research*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [7] R. E. Yuandi and S. Winardi, "Diagnosa Kerusakan Motor Honda Sport Non Injeksi Metode Certainty Factor," *ETNIK: Jurnal Ekonomi - Teknik*, vol. 2, no. 1, 2023.
- [8] Suendri, "Implementasi Diagram UML (Unified Modelling Language) Pada Perancangan Sistem Informasi Remunerasi Dosen Dengan Database Oracle (Studi Kasus: UIN Sumatera Utara Medan)," *ALGORITMA: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 3, no. 1, 2018.
- [9] N. A. Putri, "Sistem Pakar Untuk Mengidentifikasi Kepribadian Siswa Menggunakan Metode Certainty Factor Dalam Mendukung Pendekatan Guru," *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, vol. 1, no. 1, 2018.
- [10] C. D. P. Putra, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Ispa (Infeksi Saluran Pernafasan Akut) Menggunakan Metode Certainty Factor Berbasis Web," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 1, no. 1, 2017.

# Stok Air Bawah Tanah Kawasan Karst berbasis Neraca Air

Septiono Eko Bawono<sup>1</sup>, Hendry Edy<sup>2</sup>, Imam Asri Ranivan<sup>3</sup>

Universitas Gunung Kidul<sup>1,2,3</sup>, Jln KH Agus Salim 170, Wonosari, Gunungkidul  
septiono.ekobawono@ugk.ac.id<sup>1</sup>

**Abstrak**—Musim kemarau berdampak pada kurangnya ketersediaan air bersih bagi sebagian masyarakat karst Gunungkidul. Hal ini disebabkan karena tidak terdapat air permukaan padahal rata-rata curah hujan mencapai 2.123,25 mm per tahun. Air yang tersedia di wilayah ini diperkirakan mampu memenuhi kebutuhan air bersih penduduk yang berjumlah 750.000 jiwa. Berdasarkan prinsip neraca air, cadangan air minum dapat dihitung dengan masukan air total adalah keluaran air total ditambah dengan cadangan. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Data-data yang digunakan adalah data sekunder sebagai input total masukan dan total keluaran. Data curah hujan selama 10 tahun dimodelkan sebagai total masukan rata-rata. Model ini menjadi dasar penghitungan cadangan dengan asumsi bahwa total keluaran adalah tetap. Metode analisis penelitian ini dengan pemodelan neraca air. Penelitian ini bertujuan menghitung ketersediaan air bawah tanah wilayah Gunungkidul untuk memenuhi kebutuhan air bersih penduduk. Hasil penghitungan menunjukkan bahwa cadangan air bawah tanah aktual cukup besar dan mampu memenuhi kebutuhan air bersih. Ketersediaan cadangan air ini masih mampu memenuhi bilamana terjadi aglomerasi perkotaan di wilayah ini dengan pertumbuhan penduduk sebesar 0,1% per tahun. Bahkan potensi cadangan air yang dimiliki mampu berkontribusi menjadi air baku produk air minum.

**Kata kunci**—Cadangan air minum, Gunungkidul, Neraca air

**Abstract**—The dry season has an impact on the lack of clean water availability for some karst communities of Gunungkidul. This is because there is no surface water even though the rainfall reaches 2,123.25 mm per year. The water that is available in this region is estimated to be able to fulfil the clean water needs of a population of 750,000 people. Based on the principle of water balance, water reserves can be calculated by total water input is total water output plus reserves plus reserves. This research uses a descriptive quantitative approach. The data used is secondary data as input for total water input and total water output. Rainfall data for 10 years was modelled as the total average input. This model forms the basis of the reserve calculation with assumption that the total output is fixed. The analysis method uses water balance modeling. This research aims to calculate the availability of underground water in the Gunungkidul region to fulfil the drinking water needs of the population drinking water needs of the population. The calculation results showed that the actual underground water reserves are large enough and able to fulfil the clean water needs of the population. The availability of availability is still able to fulfil the needs in the event of urban agglomeration in the region with a population growth of 0.1% per year. Moreover, the potential water reserves are able to contribute to raw water for drinking water products.

**Keywords** — Water reserves, Gunungkidul Regency, Water balance

## I. PENDAHULUAN

Gunungkidul merupakan salah satu kabupaten di Indonesia dengan kawasan karst yang cukup luas. Kawasan karst ini merupakan suatu wilayah geografis yang ditandai oleh karakteristik geologi

khusus yang disebut karst. Karst terbentuk oleh pelarutan batuan terlarut, seperti batu kapur (kalsium karbonat) dan gipsum, yang terjadi melalui reaksi kimia antara air hujan dan batuan tersebut. Proses ini menghasilkan fitur-fitur unik

seperti gua, dolina (depresi berbentuk mangkuk), dan lapangan batu kapur yang terjal. Batuan karst ini memiliki sifat porus. Atas kondisi karst tersebut, air permukaan langsung meresap ke dalam batuan karst. Kawasan ini memiliki air berupa air bawah tanah. Oleh karena sifat porus yang membentuk rongga-rongga bawah tanah terjadilah sistem sungai bawah tanah (SBT). Hal ini menarik dan telah menjadi kajian akademik dalam beberapa dekade ini. Perjalanan sejarah perkembangan ide mengenai kawasan karst Gunungsewu yang diprakarsai oleh kalangan akademisi tersebut kemudian menjadi landasan bagi proposal pengakuan Gunungsewu sebagai kawasan ekokarst yang dilindungi [1]. Atas potensi ini masyarakat turut berupaya dalam menjaga kelestarian kawasan karst dengan potensi sumber daya airnya [2].

Ciri-ciri beragam dari Karst Gunungsewu tersebar dari barat ke timur, dan keberagaman ini bergantung pada parameter pola penyebaran dolina, kemiringan lereng, dan kekasaran permukaan karst [3]. Hal ini menjadi kawasan ledok Wonosari yang morfologinya potensial sebagai daerah tangkapan air hujan. Kondisi air terakumulasi di bawah permukaan sehingga sumber daya air permukaan berkurang [1].

Gunungkidul memiliki curah hujan rata-rata 2.123,25 mm per tahun. Menurut metode Oldeman dan Schmidt-Ferguson, klasifikasi hujan meliputi: 1) bulan basah dengan curah hujan >200mm; 1) bulan lembab dengan curah hujan 100-200mm; dan 3) bulan kering dengan curah hujan <100mm Bulan basah terjadi pada musim hujan antara bulan Januari hingga bulan Maret dan November dan bulan Desember setiap tahunnya. Bulan lembab terjadi pada bulan April-Mei setiap tahun. Dan bulan kering terjadi pada bulan Juni hingga Oktober setiap tahun. Pada periode tahun 2023, pada musim kemarau panjang beberapa kawasan karst mengalami defisit air bersih sehingga harus dilakukan *dropping* air. Sedangkan pada musim hujan terjadi surplus air. Di kawasan ini, hujan efektif mencapai 3,84 mm/hari dan perhitungan menggunakan *software Cropwat 8.0* menunjukkan bahwa evapotranspirasi potensial ( $E_{T0}$ ) rata-rata adalah 3,57 mm/hari dalam perhitungan tahunan [4]. Adanya curah hujan ini

dipengaruhi oleh suhu, kelembaban dan tekanan udara.

Cadangan air permukaan sangat dipengaruhi oleh jumlah air hujan dan evaporasi serta evapotranspirasi [5]. Berdasarkan teori neraca air maka total air masukan merupakan jumlah total air keluar ditambah dengan cadangan air [5]. Pada kawasan karst air hujan hampir seluruhnya masuk ke dalam tanah [6]. Lebih lanjut dijelaskan bahwa pada situasi di lapangan, sulit untuk memisahkan antara proses penguapan dan transpirasi ketika tanahnya dilindungi oleh vegetasi. Kedua fenomena tersebut, yaitu penguapan dan transpirasi, saling terhubung sehingga dikenal sebagai evapotranspirasi. Pada pemodelan evaporasi, model yang memiliki nilai  $R^2$  terbesar adalah model Priestley [7]:

$$E_o = \frac{\alpha A \Delta}{\rho \lambda (\Delta + \gamma)}$$

Pada pemodelan evapotranspirasi, model yang memiliki nilai  $R^2$  terbesar adalah model Jensen Haise [6]:

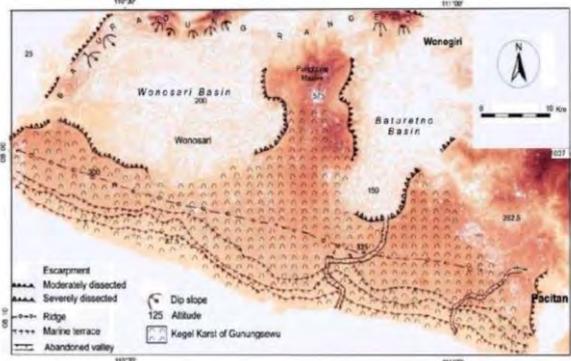
$$ET_P = C_T (T_{\text{mean}} - T_x) R_S$$

Berdasarkan kedua persamaan tersebut, nilai evaporasi pada kawasan karst sangat kecil karena jumlah air permukaan sangat sedikit. Oleh karena nilai evaporasi pada kawasan karst yang sangat kecil, analisis ditekankan pada variabel evapotranspirasi.



Gambar 1. Karakteristik tanah karst yang porus  
Sumber: Haryono, 2020

Profil batuan karst yang porus tampak pada gambar 1. Batuan ini memiliki lapisan solum yang dangkal. Wilayah karst



Gambar 2. Wilayah Gunungkidul berupa Basins Wonosari dan Basin Baturetno  
Sumber: Haryono, 2017

Gunungkidul berupa cekungan sebagaimana tampak pada gambar 2. Cekungan ini membentang dari sisi barat hingga sisi timur dan dari sisi utara hingga sisi selatan. Cekungan yang cukup luas ini memungkinkan wilayah ini menjadi daerah tangkapan air.

Atas kondisi tersebut perlu dilakukan penghitungan cadangan air bawah tanah. Air bawah tanah dapat digunakan sebagai air baku air sebagai kebutuhan pokok bagi penduduk. Mengukur komponen siklus hidrologi di daerah tangkapan air merupakan hal yang penting untuk menilai distribusi temporal, kuantitas dan kualitas sumber daya air yang tersedia di suatu daerah, terutama pada kondisi perubahan iklim sekarang ini [8]. Hal ini diperlukan penguatan modal hubungan (*linking capital*) agar usaha meningkatkan dan mempercepat penyediaan air domestik yang lebih baik [9]. Kebutuhan air yang digunakan oleh masyarakat memerlukan manajemen yang efektif dan berkelanjutan, bertujuan untuk memaksimalkan pemenuhan kebutuhan air bagi penduduk. Air tanah adalah sumber daya yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan air di banyak wilayah [10]. Model yang didasarkan pada hubungan curah hujan-limpasan dan keseimbangan air DAS secara teoritis harus memenuhi persamaan dasar ( $P = E + Q + \Delta S$ ), di mana  $\Delta S$  merupakan cadangan air [11]. Empat prinsip penting ditetapkan dalam Konferensi Internasional tentang Lingkungan dan Air di

Dublin pada tahun 1992 antara lain: lingkungan, kelembagaan, gender dan ekonomi. Prinsip-prinsip ini menjadi dasar *Integrated Water Resources Management* (IWRM). Hal ini mensiratkan nilai ekonomi dalam pengelolaan sumber daya air.

Pengelolaan sumber daya air wilayah karst dapat dimulai dengan melakukan inventarisasi sumber daya air pada formasi lahan di wilayah karst Kabupaten Gunungkidul. Berdasarkan teori neraca air, total masukan pada wilayah ini dapat diperhitungkan dari total air hujan. Oleh karena morfologi cekungan yang melingkupi total area mencapai 1.485,36 km<sup>2</sup>, seluruh air hujan dapat ditangkap sebagai air masukan.

Tujuan penelitian ini adalah menghitung ketersediaan cadangan air bawah tanah untuk suplai air minum penduduk Gunungkidul. Penelitian terdahulu telah mengidentifikasi potensi sumber daya air bawah tanah kawasan karst Gunungsewu, namun belum menyajikan informasi mengenai jumlah cadangan air bawah tanah kawasan karst Gunungkidul untuk memenuhi kebutuhan air minum. Cadangan air bawah tanah ini merupakan bagian dari siklus air secara keseluruhan baik siklus harian bahkan tahunan.

## II. METODE PENELITIAN

Sesuai dengan tujuan, metode yang digunakan pada penelitian adalah deskriptif kuantitatif. Data sekunder berupa data masukan air dan data luaran air. Data masukan air yaitu curah hujan Kabupaten Gunungkidul dalam kurun waktu 2012-2021. Air hujan (presipitasi) merupakan input air masukan. Data keluaran air antara lain: air yang digunakan oleh tanaman (evapotranspirasi) dan penguapan (evaporasi).

Berdasarkan teori neraca air, cadangan air adalah total air masukan dikurangi jumlah total air keluar. Pada wilayah penelitian merupakan kawasan karst, total air masukan berupa air hujan. Di wilayah ini dapat diasumsikan seluruhnya masuk ke dalam tanah. Jumlah air tanah yang digunakan untuk irigasi jumlahnya sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Demikian pula pada SBT dengan debit yang cukup besar hanya sedikit digunakan sebagai air baku PDAM Gunungkidul sehingga pada kajian ini pun dapat diabaikan.

Sehingga pendekatan neraca air pada wilayah ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

Berdasarkan nilai  $\Delta S$ , cadangan keseluruhan air suatu wilayah dapat diperhitungkan sebagai

Tabel 1. Curah hujan Gunungkidul

Bulan	Curah Hujan (mm)									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Januari	442,78	499,78	387,94	373,28	243,67	349,06	479,44	505,00	277,00	352,80
Februari	322,39	296,11	332,78	265,61	371,94	368,39	200,67	200,00	336,00	276,0
Maret	397,50	168,83	108,22	390,72	257,11	280,78	241,50	527,00	422,00	245,90
April	158,50	198,78	179,89	330,72	24,94	196,11	90,72	164,00	334,00	236,00
Mei	73,11	172,78	63,89	81,61	126,78	57,22	14,17	36,00	80,00	60,10
Juni	0,92	334,17	56,50	11,39	19,83	37,17	0,56	0	8,00	209,0
Juli	0	131,67	59,56	0,61	65,11	17,00	0,06	0	2,00	8,80
Agustus	0	0,06	0,83	0	82,11	4,28	0	0	24,00	33,90
September	0	0,06	0	0	210,83	44,28	0	0	12,00	133,60
Oktober	78,44	68,22	0,44	1,22	262,39	121,72	1,89	0	191,00	145,70
November	227,25	245,28	220,11	109,94	36,67	577,28	121,33	131,00	329,00	344,8
Desember	399,25	374,17	471,78	248,22	303,94	277,22	116,06	274,00	312,00	409,90
Total	2100,14	2489,91	1881,94	1813,32	2729,32	2330,51	1266,40	1837,00	2327,00	2457,00

Sumber: BPS.go.id, 2023

berikut:

$$\Delta S = P - ETa - EVP \quad (1)$$

$\Delta S$  = cadangan air  
 $P$  = (presipitasi) air hujan  
 $ETa$  = evapotranspirasi  
 $EVP$  = evaporasi

$$V = \Delta S \times \text{Luas Wilayah} \quad (4)$$

Perkiraan curah hujan berikutnya mendasarkan pada teori neraca air dengan asumsi bahwa total air keluaran bersifat tetap. Adapun total curah hujan mengacu pada model persamaan regresi berikut ini:

Pada kawasan karst ini, variabel evaporasi dapat diabaikan sehingga cadangan air dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \epsilon \quad (5)$$

$$\Delta S = P - ETa \quad (2)$$

$\Delta S$  = cadangan air  
 $P$  = presipitasi (air hujan)  
 $ETa$  = evapotranspirasi

$Y$  = curah hujan dalam mm  
 $X_1, X_2$  = variabel independen  
 $\beta_0, \beta_1, \beta_2$  = parameter yang diestimasi  
 $\epsilon$  = error

Pada setiap kategori bulan basah, lembab dan kering cadangan air dapat diperhitungkan sebagai berikut:

$$\Delta S_n = P_n - ETa_n \quad (3)$$

$\Delta S_n$  = cadangan air bulan n  
 $P_n$  = presipitasi (air hujan) bulan n  
 $ETa_n$  = evapotranspirasi bulan n

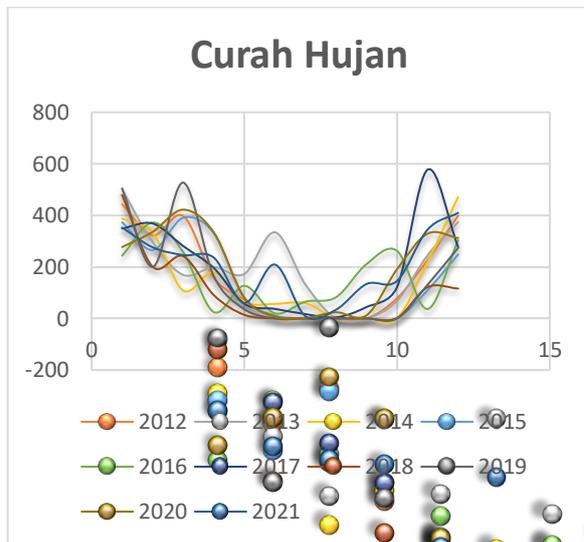
### III. HASIL PENELITIAN

#### A. Total Air Masukan

Gunungkidul merupakan kawasan karst dengan potensi pertanian dan perkebunan. Kawasan ini menjadi bagian dari karst Gunungkidul, Wonogiri hingga Pacitan. Di bagian barat, utara timur dan selatan, kawasan ini dibatasi perbukitan yang termasuk dalam deretan Gunung Sewu. Bentuk alam pegunungan di sekeliling mewujudkan cekungan bagian tengah berupa basin. Kawasan ini memiliki curah hujan yang khas. Data curah

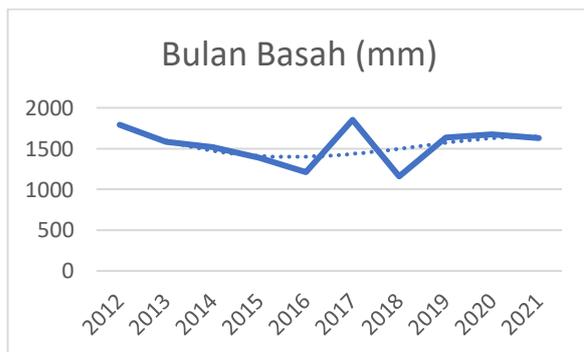
hujan selama 10 tahun antara tahun 2012 hingga 2021 tertera pada tabel 1. Pada tabel tersebut tampak bahwa di wilayah ini terdapat bulan basah, bulan lembab dan bulan kering. Data ini menggambarkan fluktuasi curah hujan setiap tahun pada kurun 2012-2021.

Berdasarkan tabel 1, sebaran curah hujan setiap bulan dalam satu tahun tampak pada gambar 3.



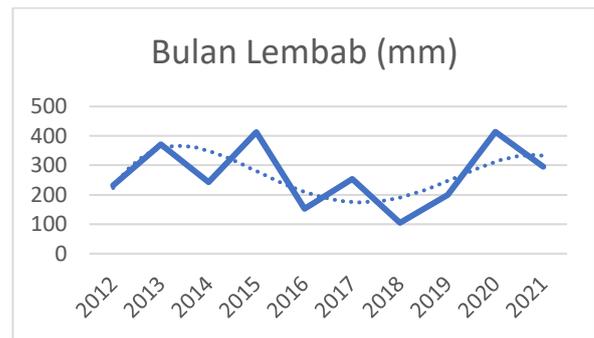
Gambar 3. Sebaran curah hujan di Gunungkidul setiap bulan pada tahun 2012-2021

Sebaran curah hujan dalam kurun 2012-2021 tiap bulannya yaitu: 1) bulan basah terjadi pada bulan Januari hingga Maret serta November dan Desember; 2) bulan lembab terjadi pada bulan April dan Mei; dan 3) bulan kering terjadi pada bulan Juni hingga Oktober. Karakteristik curah tersebut tampak pada gambar 4, gambar 5, dan gambar 6.



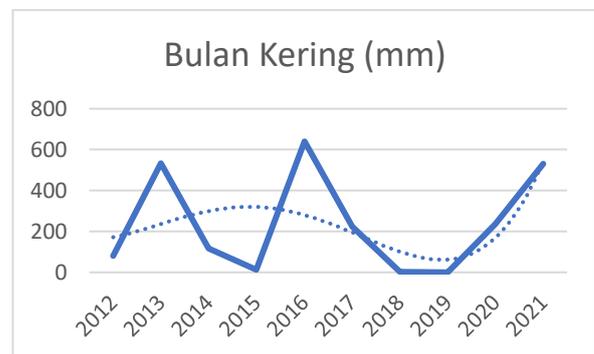
Gambar 4. Siklus bulan basah

Berdasarkan gambar 4, siklus bulan basah memiliki curah hujan tinggi dengan fluktuasi naik dan turun namun memiliki tren curah hujan turun.



Gambar 5. Siklus bulan lembab

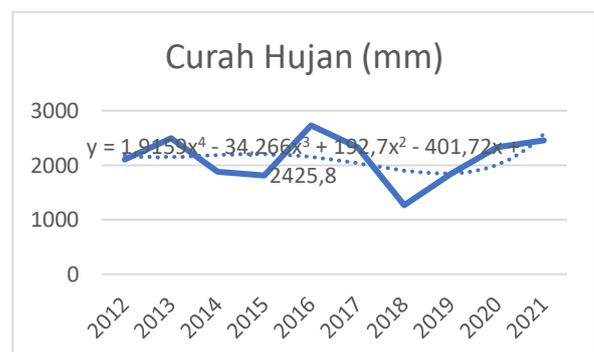
Berdasarkan gambar 5, siklus bulan lembab memiliki curah hujan sedang dengan fluktuasi naik dan turun namun trend curah hujan turun.



Gambar 6. Siklus bulan kering

Berdasarkan gambar 6, siklus bulan kering memiliki curah hujan rendah dengan fluktuasi naik dan turun namun trend curah hujan naik.

Karakteristik pada gambar 4, 5, dan 6 memberikan gambaran bahwa kondisi pada setiap waktu tersebut cenderung bersifat naik dan turun baik pada masa bulan basah, bulan lembab dan bulan kering. Apabila ditinjau dari rerata curah hujan selama satu tahun sebagaimana sebaran pada gambar 3, model curah hujan rerata dapat diproyeksikan seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Curah hujan rerata

Secara keseluruhan, rerata curah hujan sepanjang kurun waktu 2012-2021 dengan fluktuasi naik dan turun menunjukkan tren setimbang dengan persamaan:

$$y=1,9153x^4-34,266x^3+192,7x^2-401,72x+2425,8 \quad (6)$$

Persamaan tersebut mengindikasikan tren pada kondisi setimbang dengan rerata 2.123,25 mm/tahun.

**B. Total Air Keluaran**

Pada kondisi Gunungkidul yang berupa kawasan karst, total air keluaran hanya mempertimbangkan evapotranspirasi. Kondisi karst menyebabkan sedikitnya jumlah air permukaan dan cadangan air berada di dalam tanah. Kawasan Gunungkidul didominasi lahan-lahan berupa hutan, lahan perkebunan, lahan kebun campuran dan tegalan [3]. Berdasarkan kondisi lahan tersebut, dapat menjadi dasar penentuan total air keluaran. Sehingga nilai evapotranspirasi harian sebesar 3,57 mm/hari akan mempengaruhi hasil evapotranspirasi tahunan sebagai berikut:

$$ETa = 3,57 \text{ mm/hr} \times 365 \text{ hr} \\ = 1.401,60 \text{ mm}$$

Kawasan Gunungkidul mengalami evapotranspirasi tahunan mencapai 1.401,6 mm/tahun.

**C. Cadangan Air**

Berdasarkan persamaan (2), cadangan air dapat ditentukan dengan pendekatan tahunan sebagai berikut:

$$\Delta S = P - ETa \\ \Delta S = P - ETa \\ = 2.123,25 - 1.401,60 \text{ mm/tahun} \\ = 721,65 \text{ mm/tahun}$$

Cadangan air bawah tanah di Gunungkidul setiap tahun mencapai 721,65 mm/tahun.

Jika didasarkan pada kondisi aktual adanya bulan basah, bulan lembab dan bulan kering, cadangan air bawah tanah dapat diperhitungkan sebagai berikut:

$$Eta_{\text{bulan}} = 3,57 \text{ mm/hr} \times \Sigma \text{ hr}$$

$$P_n = P \times \Sigma \text{ hari bulan } n$$

$$\Delta S_n = P_n - Eta_n$$

Berdasarkan tabel 2, pada bulan Januari hingga April dan November hingga Desember terjadi

Tabel 2. Cadangan air bulan n

Bulan	Curah Hujan Bulan n	Evapotranspirasi Bulan n	Cadangan Air Bulan n
Januari	391,075	110,67	280,405
Februari	296,999	99,96	197,039
Maret	303,956	110,67	193,286
April	191,366	107,10	84,266
Mei	76,566	110,67	-34,104
Juni	67,764	107,10	-39,336
Juli	28,481	110,67	-82,189
Agustus	14,518	107,10	-92,582
September	40,077	110,67	-70,593
Oktober	87,102	107,10	-19,998
November	234,266	110,67	123,596
Desember	318,654	107,10	211,554
Total	2050,824	1299,48	751,344

surplus cadangan air. Sebaliknya pada bulan Mei hingga Oktober terjadi defisit cadangan air. Oleh karena curah hujan dipengaruhi oleh faktor suhu, kelembaban dan tekanan udara, curah hujan pada tahun 2021 tampak pada tabel 3.

Tabel 3. Curah hujan tahun 2021

Bulan	Curah Hujan	Suhu	Kelembaban	Tekanan Udara
Januari	352.8	27.5	78	988
Februari	276.1	27.5	79	988.4
Maret	245.9	27.9	78	988.7
April	236	28.4	74	989.5
Mei	60.1	28.7	74	989
Juni	209.1	27.9	78	990.3
Juli	8.8	27.8	71	990.4
Agustus	33.9	27.4	73	991.1
September	133.6	27.9	72	990.3
Oktober	145.7	27.7	76	990.2
November	344.8	27.1	82	988.3
Desember	409.9	27.7	79	989.5

Berdasarkan data tabel 3, berikut ini statistika yang dapat disajikan dari variabel suhu, kelembaban dan tekanan udara:

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.853855
R Square	0.729069
Adjusted R Square	0.62747
Standard Error	79.88985
Observations	12

ANOVA		
	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	7.175936	0.011731
Residual		
Total		

<i>Coefficients</i>	
Intercept	23402.49
X1	3.15664
X2	27.85368
X3	-25.6773

Curah hujan dipengaruhi oleh suhu, kelembaban dan tekanan udara. Curah hujan dinyatakan dengan hasil regresi linier berganda berikut ini:

$$Y=3,12X_1+27,85X_2-25,67X_3-23.402,49$$

Data ini valid dengan nilai: *Multiple R* 0,85; *Adjusted R Square* 0,63 dan *Significance F* 0,012. Dengan nilai *Multiple R* 0,85 menunjukkan bahwa variabel suhu, kelembaban, dan tekanan udara memiliki korelasi yang sangat kuat dengan curah hujan.

#### IV. PEMBAHASAN

##### A. Hasil

Perhitungan cadangan air berdasarkan siklus tahunan sejumlah 721,65 mm/tahun dan perhitungan cadangan air berdasarkan siklus bulan basah, bulan lembab dan bulan kering sejumlah 751,34 mm/tahun. Hasil kedua perhitungan menunjukkan kondisi yang surplus cadangan air.

Perhitungan tersebut menunjukkan bahwa pada bulan kering terjadi defisit air, pada bulan basah terjadi surplus cadangan air.

Dengan hasil tersebut dapat ditetapkan hasil perhitungan siklus tahunan sebagai nilai  $\Delta S$  pada wilayah Gunungkidul. Nilai ini dapat menjadi dasar asumsi penentuan total volume air yang menjadi cadangan air secara keseluruhan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V &= \Delta S \times \text{luas wilayah} \\ &= 721,65\text{mm} \times 1.485,36 \text{ km}^2 \\ &= 1,072 \times 10^8 \text{m}^3 \end{aligned}$$

Jadi keseluruhan cadangan air pada Basin Wonosari dan Basin Baturetno mencapai  $1,072 \times 10^8 \text{ m}^3$  dengan daerah tangkapan air seluruh luasan cekungan tersebut.

##### B. Pembahasan

Gunungkidul merupakan wilayah dengan jumlah populasi 750.000 jiwa. Wilayah ini merupakan kawasan permukiman dengan kepadatan rendah. Sehingga analisis kebutuhan air bersih hanya memperhitungkan pemenuhan kebutuhan domestik antara lain air bersih dan air minum.

##### 1. Kebutuhan Air Bersih ( $Q_1$ )

Standar kebutuhan air bersih wilayah perkotaan sedang adalah 100 liter/orang/hari. Sehingga total penduduk Gunungkidul membutuhkan air bersih sejumlah berikut ini:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 750.000 \text{ orang} \times 100 \text{ liter/orang/hari} \\ &= 7,5 \times 10^7 \text{ liter/hari} \\ &= 2,74 \times 10^{12} \text{ liter/tahun} \end{aligned}$$

Selama satu tahun kebutuhan air bersih Gunungkidul mencapai  $2,74 \times 10^{12}$  liter/tahun.

##### 2. Kebutuhan Air Minum ( $Q_2$ )

Kebutuhan air minum penduduk Gunungkidul dapat diperhitungkan berdasarkan standar air minum 8 liter/orang/hari. Hal tersebut dapat diperhitungkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_2 &= 750.000 \text{ orang} \times 8 \text{ liter/hari} \\ &= 6 \times 10^5 \text{ liter/hari} \\ &= 2,12 \times 10^{11} \text{ liter/tahun} \end{aligned}$$

Selama satu tahun kebutuhan air minum Gunungkidul mencapai  $2,12 \times 10^{11}$  liter/tahun.

### 3. Ketersediaan Air Bawah Tanah

Berdasarkan perhitungan cadangan air bawah tanah, ketersediaan air bawah tanah wilayah Gunungkidul mencapai  $1,072 \times 10^8$  m<sup>3</sup>/tahun. Sebagaimana perhitungan Q1 dan Q2 dapat diperhitungkan bahwa kebutuhan air bersih sejumlah  $2,74 \times 10^{12}$  liter/tahun dan air minum sejumlah  $2,12 \times 10^{11}$  liter/tahun dapat dipenuhi dari cadangan air bawah tanah.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi curah hujan di Gunungkidul, persamaan berikut ini menyajikan kontinuitas terjadinya curah hujan:

$$Y = 3,12X_1 + 27,85X_2 - 25,67X_3 - 23.402,49$$

Perkiraan terjadinya curah hujan berdasarkan persamaan tersebut didominasi oleh variabel kelembaban udara. Padahal di Gunungkidul, kelembaban udara mempunyai nilai yang cukup tinggi. Sehingga tren terjadinya hujan linier dengan kelembaban udara. Hal ini dapat dinyatakan bahwa terjadinya hujan di Gunungkidul bersifat kontinyu.

Cadangan air bawah tanah wilayah Gunungkidul seluruhnya bersumber dari air hujan. Berdasarkan sifat hujan yang kontinyu, curah hujan dapat digunakan sebagai parameter ketersediaan air di Gunungkidul. Hal ini dapat dianalisis lebih lanjut mengenai kontinuitas hujan tersebut sebagai berikut:

$$y = 1,9153x^4 - 34,266x^3 + 192,7x^2 - 401,72x + 2425,8$$

Berdasarkan persamaan polinomial tersebut, jumlah air hujan dapat diproyeksikan hingga dalam kurun waktu 50 tahun yang akan datang sebagai berikut:

Tabel 4. Proyeksi Cadangan Air Tahun ke-n

Tahun ke-n	Curah Hujan (mm)	Tahun ke-n	Curah Hujan (mm)
1	2183.930	6	2033.730
2	2149.186	7	1902.398
3	2184.446	8	1847.674
4	2199.066	9	2008.826
5	2148.388	10	2571.100

Tahun ke-n	Curah Hujan (mm)
11	3765.726
12	5869.914
13	9206.858
14	14145.73
15	21101.69
16	30535.87
17	42955.39
18	58913.35
19	79008.83
20	103886.9
21	134238.6
22	170801
23	214357
24	265735.7
25	325812
26	395506.9
27	475787.3
28	567666.1
29	672202.3
30	790500.7

Tahun ke-n	Curah Hujan (mm)
31	923712.2
32	1073034
33	1239708
34	1425023
35	1630315
36	1856964
37	2106397
38	2380087
39	2679552
40	3006357
41	3362112
42	3748475
43	4167148
44	4619879
45	5108464
46	5634742
47	6200601
48	6807972
49	7458835
50	8155214

Proyeksi tersebut menunjukkan bahwa hingga tahun ke-50, curah hujan memiliki tren meningkat. Hal ini dapat menjadi parameter sumber cadangan air bawah tanah.

### 4. Keberlanjutan Air Bawah Tanah

Sebagaimana telah dipertimbangkan bahwa curah hujan yang kontinyu dapat dipastikan menjadi sumber utama cadangan air bawah tanah ( $\Delta S$ ) di Gunungkidul sehingga cadangan ini juga bersifat kontinyu. Kontinuitas ini dapat pula dipertimbangkan sebagai keberlanjutan ketersediaan air bawah tanah. Air tanah sebagai satu-satunya sumber air yang terdapat di Gunungkidul, hal ini dapat diperhitungkan sebagai daya dukung sumber daya air pada wilayah ini.

Berdasarkan angka pertumbuhan penduduk Gunungkidul sebesar 0,1% pertahun, pertumbuhan jumlah penduduk masih jauh di bawah tren ketersediaan cadangan air bersih maupun cadangan air minum. Sehingga dapat dipastikan bahwa kebutuhan air domestik masih mampu dipenuhi oleh cadangan air bawah tanah.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis curah hujan, kawasan karst Gunungkidul memiliki karakteristik curah hujan yang khas. Analisis tersebut menunjukkan bahwa tren curah hujan rata-rata setiap tahun

memiliki kecenderungan peningkatan. Hal ini berkontribusi pada peningkatan cadangan air bawah tanah.

Analisis tersebut menunjukkan bahwa cadangan air tahunan mengalami peningkatan jumlah dengan asumsi bahwa variabel evaporasi didominasi oleh evapotranspirasi. Cadangan air rata-rata setiap tahun mencapai 721,65 mm mampu menyediakan kebutuhan air bersih dan air minum penduduk Gunungkidul. Cadangan air bawah tanah ini merupakan jumlah yang sangat besar sehingga mampu memberikan nilai daya dukung lingkungan kawasan karst.

Hasil penelitian ini turut merekomendasikan pemanfaatan air bawah tanah sebagai air baku air minum komersial dengan pendekatan pengelolaan air minum terpadu.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Haryono E, Barianto DH, Cahyadi A. Hidrogeologi Kawasan Karst Gunungsewu: Panduan Lapangan Fieldtrip PAAI 2017 [Hydrogeology of Gunungsewu Karst Area: PAAI Fieldtrip Field Guide 2017]. Pekan Ilm Tah Ahli Air Tanah Indones [Internet]. 2017;(December 2018):1-33. Indonesian. Available from: <https://doi.org/10.31227/osf.io/t5dgp>
2. Apriani F, Setianingsih YD, Arum UMP, Susanti KA, Wicaksono SI, Faruk A. Analisis Curah Hujan Sebagai Upaya Meminimalisasi Dampak Kekeringan Di Kabupaten Gunung Kidul Tahun 2014. *Khazanah*. 2014;6(2):13–22.
3. Aster G. Karakteristik morfologi cekungan karst gunungsewu melalui data gdem aster. 2004;37–45.
4. Khalimi F, Kusuma Z. Analisis Ketersediaan Air Pada Pertanian Lahan Kering di Gunungkidul Yogyakarta. *J Tanah dan Sumberd Lahan* [Internet]. 2018;5(1):2549–9793. Available from: <http://jtsl.uib.ac.id721>
5. Lai Y, Tian J, Kang W, Guo S, Zhou Y, He C. Estimating evapotranspiration from soil moisture using the improved soil water balance method in cold mountainous areas. *J Hydrol X* [Internet]. 2023;20(222):100154. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2023.100154>
6. Haryono E, Cahyadi A, Amin Nurrohman M, Adzan G, Andriani Nasution L, Diah H, et al. *Dinamika Luweng Belimbing, Kawasan Karst Gunungsewu Pasca Siklon Tropis Cempaka Tahun 2017*. *J Geogr*. 2020;12(01):261.
7. Ahmad Fausan, Setiawan BI, Arif C, Saptomo SK. Analisa Model Evaporasi dan Evapotranspirasi Menggunakan Pemodelan Matematika pada Visual Basic di Kabupaten Maros. *J Tek Sipil dan Lingkungan*. 2021;5(3):179–96.
8. Clemenzi I, Quinlan E, Mansanarez V, Jansson P, Jarsjö J, Manzoni S. Annual Water Balance and Hydrological Trends in the Glacierised Tarfala Catchment, Sweden. *J Hydrol*. 2023;626(August):130028.
9. Methods S, Problems IV. Chapter 10. “Ekologi Lingkungan Kaw Karst Indones Menjaga Asa Kelestarian Kaw Karst Indones [Internet]. 2014;267–88. Available from: <https://osf.io/preprints/inarxiv/fwbgu/>
10. Bergsten CF. *The Economics of War*. Vol. 18, *New Perspectives Quarterly*. 2001. 48–50 p.
11. Lei X, Cheng L, Ye L, Zhang L, KIM JS, Qin S, et al. Integration of the generalized complementary relationship into a lumped hydrological model for improving water balance partitioning: A case study with the Xinanjiang model. *J Hydrol* [Internet]. 2023;621(April):129569. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129569>

# Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Kopi Robusta (*Coffea canephora*) di Kecamatan Belinyu Kabupaten Bangka

Faradis S<sup>1</sup>, Santi R<sup>2</sup>, Pratama D<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Agroteknologi, FPPB, Universitas Bangka Belitung

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Agroteknologi, FPPB, Universitas Bangka Belitung  
syurayafaradiss@gmail.com

**Abstract**-Robusta coffee (*Coffea canephora*) plays an important role in the national economy. Robusta coffee is one type of plantation plant that is widely cultivated by the people in Indonesia, including in Bangka Belitung. Evaluation of land suitability for robusta coffee plants is needed as land use planning that lead to more productive land use. The purpose of this study is to determine the class and distribution of actual and potential land suitability for robusta coffee plants base on order, class and sub-class levels in Belinyu District, Bangka Regency and find out recommendations of land improvement for cultivation of robusta coffee plants in Belinyu District, Bangka Regency. The study was conducted in May – September 2023 located in Belinyu District, Bangka Regency. This research uses survey methods and map analysis. The results showed that from the land area of Belinyu Subdistrict 74,812 Ha, 27,498.5 Ha of land can be developed for robusta coffee plant cultivation. The actual land suitability obtained after soil analysis is 25,781.1 Ha of land included in the S3 (marginally suitable) class and 1,717.4 Ha of land included in the N (unsuitable) class, after land improvement recommendations are made, the potential land suitability of robusta coffee plants in Belinyu District is classified into the S2 (moderately suitable) land suitability class with an area of 21,328.9 Ha, S3 (marginally suitable) 6,165.4 Ha and N (unsuitable) land area of 4.2 Ha. Limiting factors found in the research location are oxygen availability, rooting media, nutrient retention, available nutrients, erosion hazard and flood hazard. Recommendations for land improvement are the use of manure in improving soil physics, the addition of organic materials, liming and terracing

**Keywords:** Land Suitability Evaluation, Robusta Coffee, Belinyu, Bangka Regency

## 1.1 Latar Belakang

Indonesia mempunyai potensi kekayaan alam melimpah serta iklim tropis yang menjadikan Indonesia memiliki potensi di bidang agrikultur atau sektor pertanian. Menurut Thea dan Sulistyono (2021) Indonesia adalah negara yang memiliki sumberdaya alam yang sangat melimpah sehingga dikenal dengan sebutan negara agraris karena sebagian mata pencaharian masyarakat Indonesia adalah bertani atau berkebun dan hampir dari setengah perekonomian Indonesia disumbangkan dari kegiatan pertanian dan perkebunan. Salah satu subsektor yang memiliki peran potensi cukup besar dalam basis sumberdaya alam adalah subsektor perkebunan. Perkebunan merupakan subsektor yang mengalami tingkat pertumbuhan paling konsisten jika ditinjau dari luas areal dan produksinya (Martauli, 2018).

Kopi merupakan komoditi dari subsektor perkebunan yang memegang peranan penting bagi perekonomian nasional khususnya sebagai sumber devisa, penyedia lapangan kerja dan sebagai sumber pendapatan bagi petani maupun bagi pelaku ekonomi lainnya yang terlibat

dalam budidaya, pengolahan dan pemasaran hasil kopi, terutama di daerah-daerah sentra produksi kopi seperti Sumatera Selatan, Lampung, Sumatera Utara dan Jawa Timur (Wahyudi *et al.*, 2018). Wilayah Indonesia mayoritas tanamannya didominasi oleh tanaman kopi karena tanaman kopi sangat cocok ditanam di wilayah yang memiliki iklim subtropis dan tropis (Rahmadiano *et al.*, 2019). Letak dan iklimnya yang ideal bagi perkebunan kopi menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara penghasil kopi terbaik (Darmawan *et al.*, 2021). Ada tiga spesies yang menjadi komoditas populer utama yaitu Robusta (*Coffea canephora*), Arabika (*Coffea arabica*) serta Liberika (*Coffea liberica*). Kopi jenis robusta merupakan kopi yang banyak ditanam oleh masyarakat. Kopi robusta telah berkembang pesat dan mendominasi areal tanaman kopi di Indonesia (Rahardjo, 2012).

Kabupaten Bangka merupakan penghasil tanaman kopi di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung salah satunya berada di Kecamatan Belinyu. Menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Bangka (2022), produksi tanaman kopi di Kecamatan Belinyu pada tahun 2021 berada di urutan nomor dua yaitu sebesar 1,00 Ton dengan luas area lahan tanaman

kopi sebesar 8,50 Ha. Jika dilihat dari luas area dan produksi tanaman kopi masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan komoditas perkebunan lain di Kecamatan Belinyu. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi tanaman kopi adalah dengan mengetahui kondisi lingkungan lahan perkebunan di Kecamatan Belinyu dengan melakukan evaluasi kesesuaian lahan .

### 1.2.Rumusan Masalah

1. Bagaimana kelas dan sebaran kesesuaian lahan aktual dan potensial untuk tanaman kopi robusta (*Coffea canephora*) pada kelas ordo, kelas dan sub kelas di Kecamatan Belinyu Kabupaten Bangka?
2. Bagaimana rekomendasi perbaikan lahan untuk budidaya tanaman kopi robusta (*Coffea canephora*) di Kecamatan Belinyu Kabupaten Bangka?

### 1.3Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kelas dan sebaran kesesuaian lahan aktual dan potensial untuk tanaman kopi robusta (*Coffea canephora*) pada kelas ordo, kelas dan sub kelas di Kecamatan Belinyu Kabupaten Bangka.
2. Mengetahui rekomendasi perbaikan lahan untuk budidaya tanaman kopi robusta (*Coffea canephora*) di Kecamatan Belinyu Kabupaten Bangka.

### 1.4Manfaat Penelitian

1. Sebagai acuan dalam perancangan dan pengembangan penggunaan lahan untuk tanaman kopi robusta di Kecamatan Belinyu Kabupaten Bangka.
2. Sebagai pengetahuan mengenai kelas kesesuaian lahan aktual dan potensial untuk budidaya tanaman kopi robusta di Kecamatan Belinyu Kabupaten Bangka.

## 2.PELAKSANAAN PENELITIAN

### 2.1 Waktu dan Tempat

Kegiatan penelitian ini akan dilakukan selama lima bulan dimulai pada bulan Mei hingga September 2023. Tempat pengambilan data dalam penelitian ini akan dilakukan di Kecamatan Belinyu, Kabupaten Bangka. Uji analisis tanah akan dilakukan di Laboratorium PT. Binasawit Makmur, Palembang.

### 2.2 Alat dan Bahan

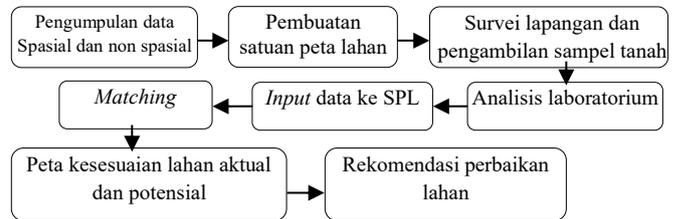
Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah laptop, perangkat lunak pemetaan, GPS (*Global Positioning System*) *handheld receiver*, *smart phone*, bor tanah, cangkul, meteran, ATK dan plastik sampel, label, sekop, ember dan sarung tangan.

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah tabel kriteria kesesuaian lahan tanaman kopi robusta, data iklim (suhu tahunan, kelembapan udara dan curah hujan tahunan) dari BMKG Koba, Bangka Tengah, 15 satuan peta lahan di Kecamatan Belinyu Kabupaten Bangka, peta administrasi Kabupaten Bangka, peta curah hujan, peta kemiringan lereng, peta jenis tanah dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR), peta tutupan lahan atau penggunaan lahan dan peta kawasan hutan Kabupaten Bangka.

### A. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode survei. Kegiatan analisis peta dilakukan menggunakan perangkat lunak pemetaan. Kegiatan survei terdiri dari studi pendahuluan, pembuatan satuan peta lahan, persiapan peralatan penelitian, survei titik lokasi sampel, pengamatan profil tanah dan pengambilan sampel tanah.

### Cara Kerja



Gambar 1. Diagram Alir Analisis Kesesuaian Lahan Tanaman Kopi Robusta di Kecamatan Belinyu

### 1. Pengumpulan Data Spasial dan Non Spasial

Data spasial merupakan data geografis yang digunakan dalam pembuatan satuan peta lahan. Data spasial yang diperlukan dalam penelitian ini didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kabupaten Bangka antara lain peta administrasi, peta topografi atau kemiringan lereng, peta jenis tanah, peta curah hujan dan peta penggunaan lahan. Data spasial lain yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu data iklim yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Koba Bangka Tengah. Data non spasial merupakan data pendukung berupa penjelasan tentang karakteristik dari data yang dianalisis. Tabel kriteria kesesuaian lahan tanaman kopi robusta (*Coffea canephora*) merupakan data non spasial.

### 2. Pembuatan Satuan Peta Lahan

Pembuatan satuan peta lahan dilakukan dengan meng-*overlay* tiga jenis peta yaitu peta topografi atau kemiringan lereng, jenis tanah dan curah hujan. Hasil satuan peta lahan (SPL) disajikan dalam skala 1:50.000 dengan didapatkan beberapa titik sampel tanah. Lahan yang dikecualikan dalam pembuatan satuan peta lahan (SPL) adalah pemukiman masyarakat, hutan konservasi atau hutan lindung dan wilayah perairan karena tidak memungkinkan untuk dilakukan pengembangan komoditas perkebunan.

### 3. Survei Lapangan dan Pengambilan Sampel Tanah

Survei lapangan dilakukan dengan penentuan dan penitikan koordinat menggunakan GPS (*Global Positioning System*) dan diinput menggunakan perangkat lunak pemetaan. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode *system random sampling* (SRS) dengan menggunakan contoh tanah terganggu. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan teknik komposit, yaitu dengan mengambil pada beberapa titik pengambilan, kemudian sampel tanah tersebut disatukan dan diaduk sampai merata agar tanah yang akan dianalisis dapat mewakili beberapa titik sampel tanah.

### 4. Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium dilakukan sesuai dengan parameter yang telah ditentukan dan mengacu pada Petunjuk

Teknis Analisis Kimia Tanah (Balai Penelitian Tanah 2009). Analisis tanah dilakukan untuk mengetahui karakteristik tanah meliputi KTK, N-Total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, C-Organik, dan pH tanah.

**5. Input data ke SPL**

Data hasil pengamatan di lapangan dan hasil uji laboratorium diinput ke dalam perangkat lunak pemetaan. Data ditempatkan sesuai titik koordinat pada satuan peta lahan (SPL).

**6. Matching**

Pembandingan dan pencocokan kriteria kualitas lahan yang telah ditentukan dengan persyaratan tumbuh tanaman perlu dilakukan untuk menemukan kelas-kelas kesesuaian lahan yang cocok (Qomaruddin 2018). Data yang telah didapat dan diolah dari hasil analisis laboratorium dibandingkan (*matching*) dengan tabel kesesuaian lahan tanaman kopi robusta untuk mendapatkan kelas kesesuaian lahan serta faktor pembatas.

**7. Peta Kesesuaian Lahan Aktual dan Potensial**

Pembuatan peta kesesuaian lahan aktual dan potensial dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak pemetaan. Peta menyajikan sebaran wilayah lahan aktual dan potensial. Lahan aktual dapat dimanfaatkan secara langsung tanpa masukan perbaikan untuk ditanamai kopi robusta. Lahan potensial dapat dimanfaatkan dengan mempertimbangan masukan perbaikan yang diperlukan.

**8. Rekomendasi Perbaikan Lahan**

Hasil dari evaluasi kesesuaian lahan adalah mengetahui adanya faktor pembatas pada suatu lahan. Faktor pembatas dapat diperbaiki untuk meningkatkan kelas kesesuaian lahan. Rekomendasi perbaikan lahan memberikan informasi pengelolaan untuk tipe penggunaan lahan pada setiap unit lahan.

*B. Karakteristik Pengamatan*

**1. Karakteristik Iklim**

Menurut Anugrah (2017), keadaan iklim wilayah diperlukan sebagai data sifat fisik lingkungan yang merupakan faktor penentu syarat tumbuh tanaman. Data karakteristik iklim diperoleh dari BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) Koba, Bangka Tengah. Data karakteristik iklim yang diperlukan yaitu suhu rata-rata tahunan, kelembabab udara dan curah hujan.

**2. Karakteristik Fisik Tanah**

**a. Tekstur Tanah**

Tekstur tanah turut menentukan tata air dalam tanah, berupa kecepatan infiltrasi, penetrasi dan kemampuan mengikat air oleh tanah serta berperan terhadap kemampuan tanah dalam menahan dan meresapkan air (Tufaila 2014). Pembagian kelas tekstur tanah mengikuti segitiga USDA dari Balittanah (2004).

**b. Kedalaman Efektif Tanah**

Kedalaman efektif merupakan kedalaman tanah yang mampu dicapai oleh akar. Kedalaman efektif tanah ialah akar yang menembus pada lapisan tanah sampai batas maksimal (Alfiyah 2020). Kedalaman efektif mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan akar, drainase dan sifat fisik tanah (Aditiyas *et al.* 2014). Kedalaman efektif tanah terbagi menjadi 6 kelas yaitu:

II. TABEL 1. KELAS KEDALAMAN EFEKTIF

Kedalaman Efektif Tanah	Kelas
>150 cm	Sangat Dalam
100-150 cm	Dalam
50-100 cm	Sedang
30-50 cm	Dangkal
10-30 cm	Sangat Dangkal
<10 cm	Sangat Dangkal Sekali

Sumber: FAO (1990)

**c. Kemiringan Lereng**

Faktor pembatas utama yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman salah satunya yaitu kemiringan lereng selain itu lahan yang mempunyai kemiringan dapat lebih mudah terganggu atau rusak, terlebih jika derajat kemiringannya besar (Andrian 2014). Penentuan kemiringan lereng dilakukan dengan menggunakan data kemiringan lereng pada peta Kabupaten Bangka Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.

**3. Karakteristik Kimia Tanah**

Karakteristik kimia tanah yang diamati meliputi KTK, N-Total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, C-Organik, dan pH tanah. Pengujian karakteristik kimia tanah dilakukan di laboratorium analisis tanah PT Binasawit Makmur, Palembang.

Tabel 2. Metode Analisis Karakteristik Kimia Tanah

	Metode
N Total (%)	Kjeldahl
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	Bray II
K <sub>2</sub> O (mg/100g)	Bray I
KTK (cmol+/kg)	Ektrak NH <sub>4</sub> OAC 1M, pH 7,0
C-Organik (%)	Spektrofotometri
pH H <sub>2</sub> O	Elektrometris

Sumber: Balai Penelitian Tanah (2009)

Tabel 3. Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah

Sifat Tanah	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
KTK	<5	5-16	17-24	24-40	>40
N	<0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	0,51-0,75	>0,75
P	<10	10-15	16-25	26-35	>35
K	<10	10-20	21-40	41-60	>60
C-Organik	<1	1-2	2-3	3,01-5	>5

Sumber: Balai Penelitian Tanah (2009)

Tabel 4. Kriteria Penilaian Tingkat pH Tanah

	Sangat Masam	Masam	Agak Masam	Netral	Agak Alkalis	Alkalis
pH Tanah	<4,5	4,5-5,5	5,5-6,5	6,6-7,5	7,6-8,5	>8,5

Sumber: Balai Penelitian Tanah (2009)

*A. Analisis Data*

Data hasil pengamatan di lapangan dan analisis laboratorium satuan peta lahan dilakukan penilaian kelas kesesuaian lahan pada peta wilayah dengan menggunakan perangkat lunak pemetaan. Penyajian data akan disajikan dalam bentuk tabel kelas kesesuaian lahan, peta kesesuaian lahan dan bentuk rekomendasi perbaikan serta arahan pengembangan pertanian.

Hasil data penelitian yang telah didapatkan akan menunjukkan hasil evaluasi lahan pada tingkat ordo, kelas dan sub kelas serta rekomendasi perbaikan dari kesesuaian lahan tanaman kopi robusta pada wilayah yang potensial untuk dikembangkan di Kecamatan Belinyu Kabupaten Bangka.

Desember dan rata-rata curah hujan terendah 78 mm/bulan pada bulan Agustus.

**2. Karakteristik Fisik**

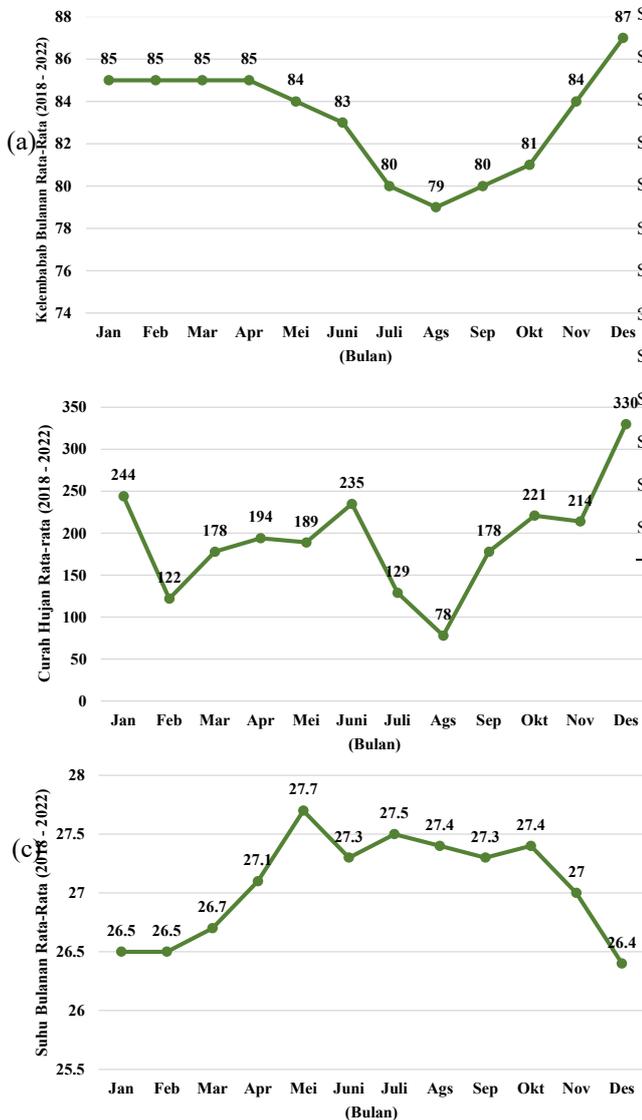
Tabel 5. Karakteristik Fisik Tanah di Kecamatan Belinyu Kabupaten Bangka

SPL	Kelas Tekstur	Kelompok Kelas Tekstur	Kedalaman Efektif (cm)	Lereng (%)	Drainase	Tinggi Banjir	Lama Banjir
SPL 1	Lempung	Sedang	63	5 – 15	Sedang	0	0
SPL 2	Lempung liat berpasir	Agak halus	111	0 – 2	Baik	0	0
SPL 3	Lempung berpasir	Agak kasar	57	0 – 2	Agak cepat	25	>7
SPL 4	Lempung berliat	Agak halus	50	2 – 5	Baik	25	<7
SPL 5	Lempung berpasir	Agak kasar	110	2 – 5	Agak cepat	25	<7
SPL 6	Lempung berpasir	Agak kasar	136	2 – 5	Agak cepat	0	0
SPL 7	Lempung berpasir	Agak kasar	101	15 – 40	Agak cepat	0	0
SPL 8	Lempung berpasir	Agak kasar	75	5 – 15	Agak cepat	0	0
SPL 9	Lempung berpasir	Agak kasar	112	5 – 15	Agak cepat	0	0
SPL 10	Lempung berpasir	Agak kasar	133	0 – 2	Agak cepat	0	0
SPL 11	Lempung berpasir	Agak kasar	109	15 – 40	Agak cepat	0	0
SPL 12	Lempung berpasir	Agak kasar	124	5 – 15	Agak cepat	25	<7
SPL 13	Lempung liat berpasir	Agak halus	127	15 – 40	Baik	25	<7
SPL 14	Lempung berpasir	Agak kasar	87	0 – 2	Agak cepat	25	<7
SPL 15	Pasir berlempung	Kasar	117	2 – 5	Cepat	0	0

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil**

**1. Karakteristik Iklim**



Gambar 2. Grafik karakteristik iklim (a) kelembapan udara tahunan, (b) curah hujan tahunan (c) suhu tahunan

Suhu rata-rata tahunan selama lima tahun terakhir di Kecamatan Belinyu yaitu 27,06 °C dengan suhu maksimum rata-rata bulanan 27,7 °C pada bulan Mei dan suhu minimum rata-rata bulanan 26,4 °C pada bulan Desember. Kelembapan udara rata-rata tahunan di Kecamatan Belinyu mencapai 83,16% dengan kelembapan udara maksimum rata-rata 87% di bulan Desember dan kelembapan udara minimum rata-rata 79% di bulan Agustus. Curah hujan rata-rata tahunan di Kecamatan Belinyu mencapai 192,67 mm/tahun dengan rata-rata curah hujan tertinggi 330 mm/bulan pada bulan

Karakteristik fisik lahan yang diamati berupa kelas tekstur, kedalaman efektif, kemiringan lereng, drainase dan bahaya banjir. Tekstur tanah yang diperoleh adalah sedang, agak halus, agak kasar dan kasar. Kedalaman efektif tertinggi adalah 136 cm dan paling rendah 50 cm. Kemiringan lereng pada lokasi penelitian adalah 0 – 2%, 2 – 5%, 5 – 15%, 15 – 40%. Drainase ditentukan melalui pendekatan tekstur dan warna pada tanah. Drainase pada lokasi penelitian termasuk kategori sedang, agak baik, baik, agak cepat, cepat.

**3. Karakteristik Kimia**

Tabel 6. Karakteristik Kimia Tanah di Kecamatan Belinyu, Kabupaten Bangka

SPL	pH H <sub>2</sub> O	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	K <sub>2</sub> O (mg/100g)	C-Organik (%)	KTK (cmol+/kg)
SPL 1	4,84	0,18 (R)	0,061 (SR)	368,04 (ST)	2,45	15,22
SPL 2	5,33	0,13 (R)	0,688 (SR)	134,18 (ST)	2,20	8,99
SPL 3	4,66	0,12 (R)	0,218 (SR)	95,36 (ST)	2,14	7,08
SPL 4	4,99	0,18 (R)	0,071 (SR)	331,62 (ST)	2,99	11,59
SPL 5	4,89	0,12 (R)	0,087 (SR)	69,34 (ST)	2,12	5,67
SPL 6	4,95	0,12 (R)	0,085 (SR)	10,14 (R)	1,74	4,03
SPL 7	4,99	0,10 (R)	0,083 (SR)	102,04 (ST)	1,31	4,82
SPL 8	4,77	0,09 (SR)	0,089 (SR)	11,49 (R)	1,62	4,04
SPL 9	5,03	0,10 (R)	0,086 (SR)	8,99 (SR)	1,75	4,40
SPL 10	5,08	0,16 (R)	0,082 (SR)	10,88 (R)	3,43	7,67
SPL 11	5,32	0,13 (R)	0,164 (SR)	31,07 (S)	2,21	4,57
SPL 12	5,13	0,14 (R)	1,667 (SR)	198,81 (ST)	2,87	9,23
SPL 13	4,88	0,15 (R)	0,077 (SR)	10,35 (R)	3,05	10,47
SPL 14	4,98	0,11 (R)	0,287 (SR)	10,05 (R)	1,90	6,41
SPL 15	5,23	0,13 (R)	0,330 (SR)	22,06 (S)	2,97	9,70

Keterangan:

R: Rendah S: Sedang  
SR: Sangat Rendah ST: Sangat Tinggi

Karakteristik kimia yang diamati pada penelitian ini yaitu pH H<sub>2</sub>O, C-Organik, KTK (Kapasitas Tukar Kation), N, P, K.

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa pH tanah di lokasi penelitian <7 yaitu berkisar antara 4,6 – 5,3 yang masuk kedalam kategori asam. C-Organik diperoleh yaitu 1,31% - 3,43% dengan kategori rendah (C-organik 1 - 2%), sedang (C-organik 2 - 3%) dan tinggi (C-organik 3 - 5%). KTK diperoleh dengan nilai rendah hingga sangat rendah yaitu 4,03 cmol/kg – 15,22 cmol/kg. Kandungan N-total pada tanah di lokasi penelitian tergolong rendah hingga sangat rendah yaitu <0,2%. Kandungan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pada tanah di lokasi penelitian tergolong sangat rendah. Kandungan K<sub>2</sub>O pada tanah di lokasi penelitian tergolong rendah, sangat rendah, sedang dan sangat tinggi.

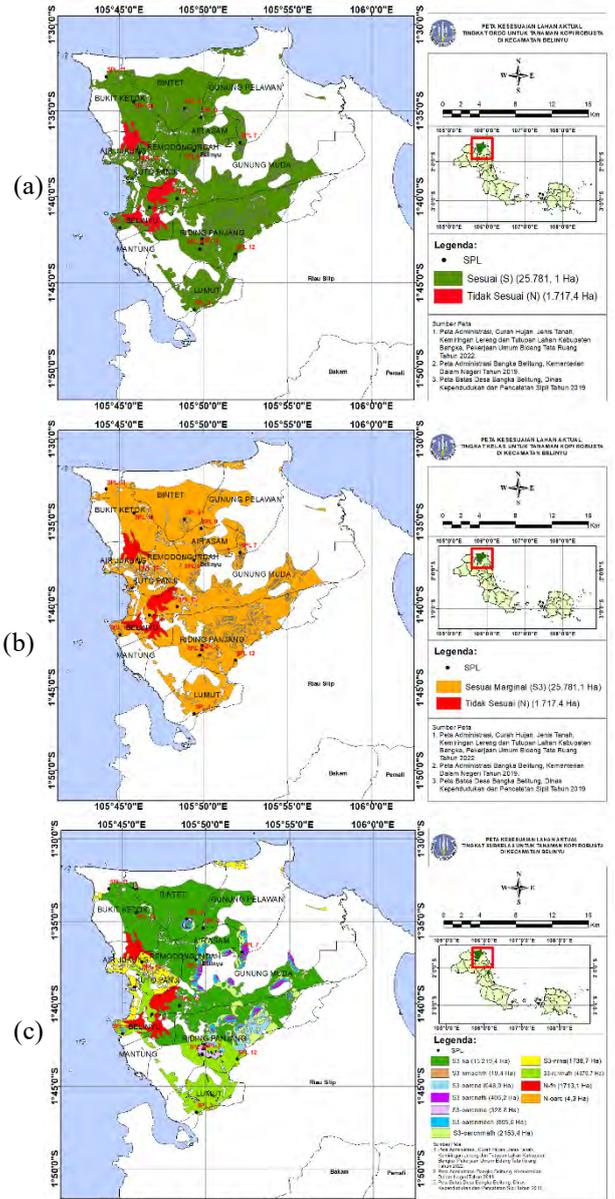
**4. Kelas Kesesuaian Lahan Aktual dan Potensial**

Tabel 7. Kelas Kesesuaian Lahan Aktual dan Potensial

SPL	Aktual Ordo	Aktual Kelas	Aktual Subkelas	Potensial Ordo	Potensial Kelas	Potensial Subkelas
SPL 1	S	S3	S3-nrna	S	S2	S2-warceh
SPL 2	S	S3	S3-na	S	S2	S2-wa
SPL 3	N	N	N-fh	S	S3	S3-rc
SPL 4	S	S3	S3-rcnrnafh	S	S2	S2-wa
SPL 5	S	S3	S3- oarcnrnafh	S	S3	S3-rc
SPL 6	S	S3	S3-oarcnrna	S	S3	S3-rc
SPL 7	S	S3	S3- oarcnrnaeh	S	S3	S3-rceh
SPL 8	S	S3	S3-oarcnrna	S	S3	S3-rc
SPL 9	S	S3	S3-oarcnrna	S	S3	S3-rc
SPL 10	S	S3	S3-oarcna	S	S3	S3-rc
SPL 11	S	S3	S3- oarcnrnaeh	S	S3	S3-rceh
SPL 12	S	S3	S3-oarcnafh	S	S3	S3-rc
SPL 13	S	S3	S3-nrnaehfh	S	S3	S3-eh
SPL 14	S	S3	S3- oarcnrnafh	S	S3	S3-rc
SPL 15	N	N	N-oarc	N	N	N-rc

Keterangan:  
 Kelas Kesesuaian Lahan: Faktor Pembatas:  
 S: Sesuai wa: ketersediaan air  
 S2: Cukup Sesuai oa: ketersediaan oksigen  
 S3: Sesuai Marginal rc: media perakaran  
 N: Tidak Sesuai nr: retensi hara  
 na: hara tersedia  
 eh: bahaya erosi  
 fh: bahaya banjir

Hasil Penelitian menunjukkan bahwa kelas kesesuaian lahan aktual pada SPL1 adalah S3-nrna, SPL 2 S3-na, SPL3 N-fh, SPL4 S3-rcnrnafh, SPL5 dan 14 S3-oarcnrnafh, SPL6,8,9, S3-oarcnrna, SPL 7,11 S3-oarcnrnaeh, SPL 10 S3-oarcna, SPL12 S3-oarcnafh, SPL13 S3-nrnaehfh, SPL15 N-oarc. Lahan potensial setelah dilakukan rekomendasi perbaikan yaitu SPL1 menjadi S2-warceh, SPL2,4 S2-wa, SPL3,5,6,8,9,10, 12,14 S3-rc, SPL7,11 S3-rceh, SPL13 S3-eh dan SPL 15 N-rc.



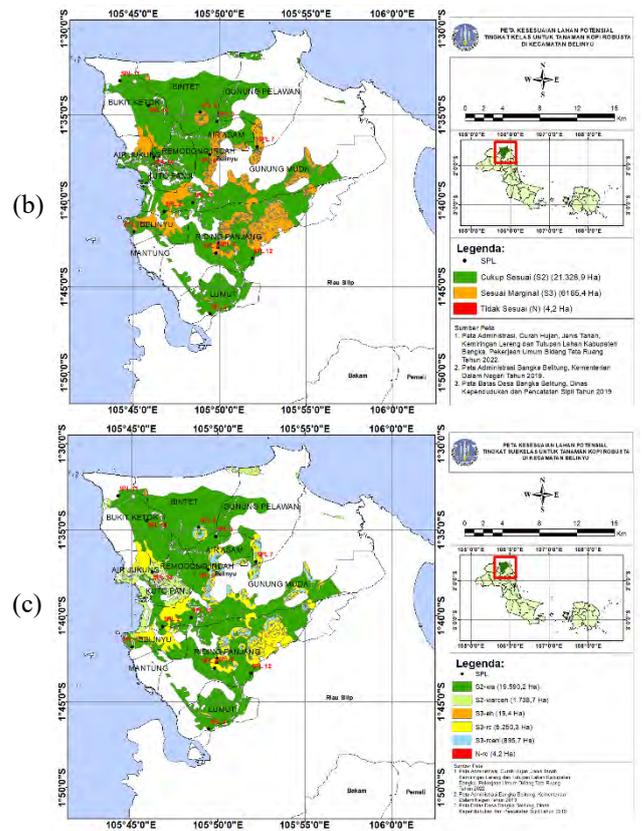
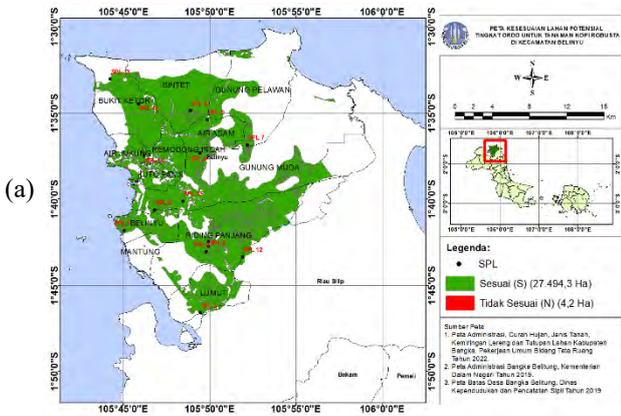
Gambar 3. Peta Kesesuaian Lahan Aktual di Kecamatan Belinyu Tingkat (a) Ordo, (b) Kelas (c) Subkelas

Tabel 8. Luas Lahan Aktual Tingkat Ordo di Kecamatan Belinyu (ha)

Aktual Ordo	S	N	Jumlah
Air Asam	1.562,8		1.562,8
Air Jukung	498,9	284,9	783,8
Belinyu	896,2	590,9	1.487,1
Bintet	3.483		3.483
Bukit Ketok	2.464,6	145,3	2.609,9
Gunung Muda	5.056,5	579,7	5.636,2
Gunung Pelawan	1.670,8		1.670,8
Kuto Panji	726,6	85,8	812,4
Lumut	1.694,5		1.694,5
Mantung	73,7		73,7
Remodong Indah	1.239,6	30,7	1.270,3
Riding Panjang	6.413,5		6.413,5
<b>Jumlah</b>	<b>25.781,1</b>	<b>1.717,4</b>	<b>27.498,5</b>

Tabel 9. Luas Lahan Aktual Tingkat Kelas di Kecamatan Belinyu (ha)

Aktual Kelas	S3	N	Jumlah
Air Asam	1.562,8		1.562,8
Air Jukung	498,9	284,9	783,8
Belinyu	896,2	590,9	1.487,1
Bintet	3.483		3.483
Bukit Ketok	2.464,6	145,3	2.609,9
Gunung Muda	5.056,5	579,7	5.636,2
Gunung Pelawan	1.670,8		1.670,8
Kuto Panji	726,6	85,8	812,4
Lumut	1.694,5		1.694,5
Mantung	73,7		73,7
Remodong Indah	1.239,6	30,7	1.270,3
Riding Panjang	6.413,5		6.413,5
<b>Jumlah</b>	<b>25.781,1</b>	<b>1.717,4</b>	<b>27.498,5</b>



Gambar 4. Peta Kesesuaian Lahan Potensial di Kecamatan Belinyu Tingkat (a) Ordo, (b) Kelas (c) Subkelas

Tabel 10. Luas Lahan Aktual Subkelas

Aktual Subkelas	S3- na	S3- nnaachfn	S3- oarcna	S3- oarcnafh	S3- oarcnrna	S3- oarcnrnaeh	S3- oarcnrnafh	S3- nna	S3- rennafh	N-fh	N- oarc	Jumlah
Air Asam	1240,3	1,5		24,2	7,1		99,3					1.562,6
Air Jukung	3,9							446,3	48,5	280,6	4,3	783,6
Belinyu	440,2		14,3				11,6	124,7	305,2	590,9		1.486,9
Bintet	3246,1	17,9		0,6	48,7		84,9	50,6	34,6			3.483,4
Bukit Ketok	2389,5								75,2	145,3		2.610
Gunung Muda	3261,8			233,1			378,6	720,3	198,7	264	579,8	5.636,3
Gunung Pelawan	1252,9			59,1			83,6	125,4	149,9			1.670,9
Kuto Panji								472	254,5	85,8		812,3
Lumut					40,9			0,1	1653,8			1.694,8
Mantung	10							0,1	63,7			73,8
Remodong Indah	1002,6							237		30,7		1.270,3
Riding Panjang	2372,1		634,6	89,2	232,1	237,6	1066,9	0,1	1781			6.413,6
<b>Jumlah</b>	<b>15.219,4</b>	<b>19,4</b>	<b>648,9</b>	<b>406,2</b>	<b>328,8</b>	<b>895,6</b>	<b>2.153,4</b>	<b>1.738,7</b>	<b>4.370,7</b>	<b>1.713,1</b>	<b>4,3</b>	<b>27.498,5</b>

Tabel 11. Luas Lahan Potensial Tingkat Ordo di Kecamatan Belinyu (ha)

Potensial Ordo	S	N	Jumlah
Air Asam	1562,9		1562,9
Air Jukung	779,5		783,7
		4,2	
Belinyu	1487,2		1487,2
Bintet	3483		3483
Bukit Ketok	2610,1		2610,1
Gunung Muda	5636,3		5636,3
Gunung Pelawan	1670,9		1670,9
Kuto Panji	812,3		812,3
Lumut	1694,5		1694,5
Mantung	73,7		73,7
Remodong	1270,3		1270,3
Indah			
Riding Panjang	6413,6		6413,6
<b>Jumlah</b>	<b>27.494,3</b>		<b>27.498,5</b>
		<b>4,2</b>	

Tabel 12. Luas Lahan Potensial Tingkat Kelas di Kecamatan Belinyu (ha)

Potensial Kelas	S2	S3	N	Jumlah
Air Asam	1240,3	322,6		1562,9
Air Jukung	498,9	280,7	4,2	783,8
Belinyu	870,2	616,9		1487,1
Bintet	3280,8	202,2		3483
Bukit Ketok	2464,7	145,3		2610
Gunung Muda	3724,6	1911,8		5636,4
Gunung Pelawan	1402,8	268,1		1670,9
Kuto Panji	726,6	85,8		812,4
Lumut	1653,8	40,9		1694,7
Mantung	73,6			73,6
Remodong	1239,5	30,7		1270,2
Indah				
Riding Panjang	4153,1	2260,4		6413,5
<b>Jumlah</b>	<b>21.328,9</b>	<b>6.165,4</b>		<b>27.498,5</b>
			<b>4,2</b>	

Tabel 13. Luas Lahan Potensial Tingkat Subkelas di Kecamatan Belinyu (Ha)

Potensial Subkelas	S2-wa	S2-warceh	S3-waeh	S3-warc	S3-warceh	N-rc	Jumlah
Air Asam	1240,3		1,5	221,6	99,3		1562,7
Air Jukung	52,6	446,3		280,7		4,2	783,8
Belinyu	745,5	124,7		605,2	11,7		1487,1
Bintet	3246	34,6	17,9	99,6	84,9		3483
Bukit Ketok	2389,4	75,2		145,3			2609,9
Gunung Muda	3525,9	198,7		1533,2	378,5		5636,3
Gunung Pelawan	1252,9	149,9		184,5	83,7		1670,9
Kuto Panji	254,5	472		85,8			812,3
Lumut	1653,8	0,1		40,9			1694,8

Mantung	73,7	0,1					73,8
Remodong	1002,5	237		30,6			1.270,1
Indah							
Riding Panjang	4153,1	0,1		2022,9	237,6		6.413,7
<b>Jumlah</b>	<b>19.590,2</b>	<b>1.738,7</b>	<b>19,4</b>	<b>5.250,3</b>	<b>895,7</b>	<b>4,2</b>	<b>27.498,5</b>

## Pembahasan

### Karakteristik Iklim

Hasil pengamatan data iklim tergolong optimal dalam pengembangan tanaman kopi robusta. Pengukuran suhu rata-rata tahunan didapatkan rata-rata 27,06°C. Kelas kesesuaian lahan untuk suhu rata-rata tahunan tanaman kopi robusta pada lokasi penelitian yaitu S2 (cukup sesuai). Menurut Panggabean (2021) kopi robusta tumbuh dan beradaptasi pada suhu 20 – 28°C. Kelembapan udara pada lokasi penelitian mencapai 79% - 87% dengan rata-rata 83,16%. Kelas kesesuaian lahan untuk kelembapan udara tanaman kopi robusta di Kecamatan Belinyu yaitu S2 (cukup sesuai). Curah hujan pada lokasi penelitian mencapai 2.550 mm/bulan – 3.330 mm/bulan. Kelas kesesuaian lahan untuk curah hujan tanaman kopi robusta di Kecamatan Belinyu adalah S1 (sesuai) sebanyak 12 SPL dan S2 (cukup sesuai) sebanyak 13 SPL. Tanaman kopi robusta dapat tumbuh dengan curah hujan 2000 – 3000 mm/bulan (Soesanto 2020).

### Karakteristik Fisik

Karakteristik Fisik yang diamati yaitu tekstur, kedalaman efektif, drainase, bahaya banjir dan bahaya erosi. Hasil analisis menunjukkan tanah pada lokasi penelitian mempunyai tekstur beragam yaitu agak halus masuk kedalam kelas kesesuaian lahan S1 sebanyak 3 SPL, sedang masuk kedalam kelas kesesuaian lahan S2 sebanyak 1 SPL, agak kasar masuk kedalam kelas kesesuaian lahan S3 sebanyak 10 SPL dan kasar masuk kedalam kelas kesesuaian lahan N sebanyak 1 SPL. Hal ini menunjukkan bahwa beberapa lahan di Kecamatan Belinyu memiliki tekstur yang baik untuk dibudidayakan tanaman kopi robusta. Hanafiah (2010) menyebutkan bahwa peran tekstur tanah sangat mempengaruhi dalam pertumbuhan dan produksi tanaman. Tekstur tanah mempengaruhi sifat fisik dan kimia tanah, terutama struktur tanah, kapasitas menahan air dan ketersediaan hara (Aditiyas *et al.*, 2014).

Drainase tanah pada lokasi penelitian masuk kedalam kategori sedang dengan kelas kesesuaian lahan S2 sebanyak 1 SPL, kategori baik dengan kelas kesesuaian lahan S1 sebanyak 3 SPL, kategori agak cepat dengan kelas kesesuaian lahan S3 sebanyak 10 SPL dan kategori cepat masuk kedalam kelas kesesuaian lahan N sebanyak 1 SPL. Drainase tanah berguna untuk mengurangi resapan air ke dalam tanah yang mempengaruhi dan mengakibatkan kerusakan pada bagian tanah. Dariah dan Nurzakiah (2014) menyebutkan bahwa tujuan utama drainase adalah untuk menurunkan muka air tanah sehingga kebutuhan oksigen pada tanaman bisa terpenuhi.

Kedalaman efektif perakaran tanah pada lokasi penelitian memiliki kedalaman efektif yang berbeda-beda antara 50 – 136 cm. Perbedaan kedalaman efektif tanah disebabkan oleh kemiringan lereng dan jenis tanah yang berbeda pada lokasi penelitian. Tufaila dan Alam (2014) menyebutkan bahwa kedalaman efektif yang bervariasi disebabkan oleh kedalaman solum berbeda yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tingginya tingkat bahaya erosi atau proses pelapukan bahan induk yang lambat serta jenis tanah yang sedang berkembang.

Kemiringan lereng pada lokasi penelitian yaitu 0 – 2% dengan kelas kesesuaian lahan S1 sebanyak 8 SPL, 5 – 15% dengan kelas kesesuaian lahan S2 sebanyak 4 SPL dan 15 – 40% dengan kelas kesesuaian lahan S3 sebanyak 3 SPL. Pasaribu dan Situmorang (2022), menyebutkan bahwa tingkat kemiringan lahan adalah faktor yang signifikan menyebabkan terjadinya erosi, dan semakin tinggi kelerengan suatu lahan, maka tingkat bahaya erosi semakin meningkat. Besar kemiringan suatu lereng akan menyebabkan laju erosi semakin besar (Sitepu *et al.*, 2017). Jenis tanah yang tersebar di Kecamatan Belinyu yaitu tropudults, dystropepts, eutropepts, trophaquepts, fluvaquents, trophemists, paleudults, hydraquents, sulfaquents.

#### **Karakteristik Kimia**

Karakteristik yang diamati pada penelitian ini yaitu pH H<sub>2</sub>O, N, P, K, C Organik, KTK. Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa pH tanah di lokasi penelitian <7 yaitu berkisar antara 4,6 – 5,3 yang masuk kedalam kategori asam dengan kelas kesesuaian lahan S1 sebanyak 2 SPL, S2 sebanyak 4 SPL dan S3 sebanyak 9 SPL. Kopi robusta dapat dikembangkan di beberapa desa yang ada Kecamatan Belinyu, Kabupaten Bangka. Dermawan (2018), menyebutkan bahwa kopi robusta dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang memiliki tingkat kemasaman (pH) sekitar 5 – 6,5.

Kandungan N-total pada tanah di lokasi penelitian tergolong rendah hingga sangat rendah yaitu <0,2%. Kelas kesesuaian lahan untuk karakteristik hara tersedia N total yaitu S2 (cukup sesuai) sebanyak 14 SPL dan S3 (sesuai marginal) sebanyak 1 SPL. Rendahnya kandungan N pada lokasi penelitian disebabkan oleh adanya pengaruh cuaca di lokasi penelitian ketika pengambilan sampel tanah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hardjowigeno (2010) yang menyebutkan bahwa hilangnya kandungan N pada tanah disebabkan oleh N dalam bentuk NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (nitrat) mudah dicuci atau larut oleh air hujan. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pada lokasi penelitian masuk kedalam kategori sangat rendah di semua titik lokasi pengamatan yaitu 15 SPL. Kandungan K<sub>2</sub>O didapatkan hasil dengan kategori sangat rendah sebanyak 1 SPL, rendah 5 SPL, sedang 2 SPL dan sangat tinggi 7 SPL. Gunawan *et al.*, (2019), menyebutkan penyebab tinggi rendahnya kalium dalam tanah dipengaruhi oleh bahan induk dan juga pH tanah karena pH tanah yang masam akan menyebabkan peningkatan fiksasi kalium sehingga menyebabkan penurunan ketersediaan unsur K dalam tanah.

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa kandungan C-Organik diperoleh dengan kategori rendah (1 - 2%) sebanyak 5 SPL, sedang (2 - 3%) sebanyak 8 SPL dan tinggi (3 - 5%) sebanyak 2 SPL. Kesesuaian lahan C-Organik di Kecamatan Belinyu, Kabupaten Bangka masuk kedalam kelas S1 (sangat sesuai) dengan hasil >1,2%, hal ini menunjukkan bahwa tanah di lokasi penelitian memiliki banyak kandungan bahan organik. Nopsagiarti *et al.*, (2020) menyebutkan bahwa C-Organik menggambarkan keberadaan bahan organik dalam tanah. KTK diperoleh dengan nilai rendah hingga sangat rendah yaitu 4,03 cmol+/kg – 15,22 cmol+/kg dengan kelas kesesuaian lahan S2 sebanyak 10 SPL dan S3 sebanyak 5 SPL.

#### **Kesesuaian Lahan Aktual dan Potensial**

Hasil analisis kesesuaian lahan aktual menunjukkan bahwa tanaman kopi robusta di Kecamatan Belinyu tergolong kedalam kelas kesesuaian lahan S3 (sesuai marginal) dengan luas lahan 25.781,1 Ha. Faktor pembatas pada lokasi penelitian adalah ketersediaan oksigen (oa) berupa drainase, media perakaran (rc) berupa tekstur, retensi hara (nr) berupa KTK dan pH tanah, hara tersedia (na) berupa NPK, dan bahaya banjir (fh) berupa tinggi dan lamanya banjir. Tanaman kopi robusta di Kecamatan Belinyu juga tergolong dalam kelas kesesuaian lahan N (tidak sesuai) dengan luas lahan 1.717,4 Ha. Faktor pembatas pada area yang tidak sesuai yaitu ketersediaan oksigen (oa) berupa drainase (cepat), media perakaran (rc) berupa tekstur (kasar) dan bahaya banjir (fh) berupa tinggi dan lama banjir (>25 cm dengan lama >7 hari).

Hasil analisis kesesuaian lahan potensial menunjukkan bahwa tanaman kopi robusta di Kecamatan Belinyu tergolong kedalam kelas kesesuaian lahan S2 (cukup sesuai) dengan luas lahan 21.328,9 Ha. Faktor pembatas yang ditemukan pada lahan cukup sesuai yaitu ketersediaan air (wa) berupa kelembapan udara, media perakaran (rc) berupa tekstur dan kedalaman efektif dan bahaya erosi (eh) berupa kemiringan lereng. Kelas kesesuaian lahan S3 (sesuai marginal) memiliki luas lahan 6.165,4 Ha dengan faktor pembatas media perakaran (rc) berupa tekstur dan bahaya erosi (eh) berupa kemiringan lereng. Luas lahan N (tidak sesuai) yaitu 4,2 Ha dengan faktor pembatas media perakaran (rc) berupa tekstur.

#### **Rekomendasi Perbaikan**

Faktor pembatas ketersediaan oksigen berupa drainase dapat diperbaiki dengan memperbaiki saluran air. Indrianti (2020) menyebutkan bahwa drainase tanah dapat diperbaiki dengan pembuatan saluran air untuk mengalirkan kelebihan air permukaan. Faktor pembatas retensi hara berupa pH dapat diperbaiki dengan penambahan bahan organik pada tanah. Upaya perbaikan pH dilakukan perbaikan dengan cara pemberian bahan organik (Dermawan, 2018). Nopsagiarti *et al.*, (2020) menyebutkan bahwa peningkatan nilai pH dapat dilakukan dengan

pengapuran, pemberian bahan organik seperti kompos atau pupuk kandang.

Faktor pembatas hara tersedia berupa N dapat diperbaiki dengan menambahkan tanah dengan bahan organik (Abdillah dan Aldi, 2020). P dapat diperbaiki dengan dengan penambahan zat hara (fosfat) melalui metode pemupukan (Basir, 2019). Anugrah (2017) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa penggunaan pupuk anorganik dapat dilakukan untuk mengatasi kekurangan N,P,K pada tanah yaitu dengan menambahkan pupuk K (KCl), pupuk N (urea) dan pupuk K (SP-36). Faktor pembatas bahaya erosi berupa kemiringan lereng dapat diperbaiki dengan pembuatan terasering dan vegetasi hutan dengan penanaman pohon. Upaya perbaikan dengan pembuatan terasering dapat memperbaiki kemiringan lereng pada suatu lahan (Raobi *et al.*, 2021). Faktor pembatas bahaya banjir dapat dilakukan dengan membuat saluran drainase yang baik.

Faktor pembatas yang sulit dilakukan perbaikan yaitu media perakaran berupa tekstur dan kedalaman efektif. Basir (2019), menyebutkan bahwa faktor pembatas tekstur tanah tidak dapat diperbaiki. Salah satu upaya perbaikan tekstur tanah adalah dengan pemberian bahan organik, yang dapat memperbaiki keadaan beberapa sifat fisik tanah tidak terkecuali tekstur dikarenakan bahan organik membantu memperbaiki sifat fisik tanah (Indrianti, 2020).

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

1. Kesesuaian lahan aktual tanaman kopi robusta di Kecamatan Belinyu tergolong kedalam kelas kesesuaian lahan S3 (sesuai marginal) dengan luas lahan 25.781,1 Ha dan kelas kesesuaian lahan N (tidak sesuai) dengan luas lahan 1.717,4 Ha. Hasil analisis kesesuaian lahan potensial menunjukkan bahwa tanaman kopi robusta di Kecamatan Belinyu tergolong kedalam kelas kesesuaian lahan S2 (cukup sesuai) dengan luas lahan 21.328,9 Ha. Kelas kesesuaian lahan S3 (sesuai marginal) memiliki luas lahan 6.165,4 Ha. Luas lahan N (tidak sesuai) yaitu 4,2 Ha.
2. Rekomendasi perbaikan yang bisa dilakukan adalah penambahan bahan organik, perbaikan saluran drainase, pembuatan terasering, penggunaan pupuk kandang untuk memperbaiki fisik tanah serta pembuatan terasering.

### Saran

Informasi mengenai evaluasi kesesuaian lahan dapat diterapkan untuk penggunaan lahan agar sesuai dengan pertumbuhan tanaman, diharapkan penelitian evaluasi kesesuaian lahan dilakukan menyeluruh pada setiap kecamatan yang ada di Kepulauan Bangka Belitung sehingga didapatkan data analisis kandungan tanah yang tersebar di seluruh Provinsi Kepulauan Bangka Belitung guna pengembangan budidaya tanaman pertanian. Adanya sosialisasi dari pemerintah

setempat mengenai hasil dari evaluasi kesesuaian lahan yang telah dilakukan diharapkan dapat membantu masyarakat setempat mengetahui fungsi lahan yang digunakan dalam pengembangan tanaman kopi robusta maupun tanaman pertanian lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, M.H., & Aldi, M. (2020). Aplikasi Limbah Padat Karet Remah pada Tanah Podsolik Merah Kuning terhadap Ketersediaan Hara Makro dan Perbaikan Sifat Fisika Tanah. *Jurnal Enviro Scientiae* 16 (2): 264-275.
- Aditiyas, W., Haji, A.T.S., & Rahadi, J.B. (2014). Analisis Spasial untuk Evaluasi Kesesuaian Lahan Tanaman Apel di Kota Batu - Jawa Timur. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1 (1).
- Alfiyah, F., Nugroho, Y., & Rudy, G.S. (2020). Pengaruh Kelas Lereng dan Tutupan Lahan terhadap Solum Tanah, Kedalaman Efektif Akar dan pH Tanah. *Jurnal Sylva Scientiae*, 3(3).
- Andrian., Supriadi., & Marpaung, P. (2014). Pengaruh Ketinggian Tempat dan Kemiringan Lereng terhadap Produksi Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) di Kebun Hapesong PTPN III Tapanuli Selatan. *Jurnal Online Agroteknologi*, 2 (3).
- Anugrah, D. (2017). Evaluasi Kesesuaian Lahan Tanaman Hortikultura di Kecamatan Simpang Katis dan Sungai Selan Kabupaten Bangka Tengah. [SKRIPSI]. Bangka Belitung: Universitas Bangka Belitung.
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Kabupaten Bangka Dalam Angka*. Bangka: BPS.
- [BALITTANAH] Balai Penelitian Tanah. (2009). *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah. Bogor: Departemen Pertanian.
- Basir, M.I. (2019). Pemanfaatan Lahan Bekas Penggalan Tanah Pembuatan Batu Bata untuk Persawahan di Desa Gentungang Kecamatan Bajeng Barat Kabupaten Gowa. *Jurnal Environmental Science* 1 (2).
- Darmawan, D., Genua, V., Kristianto, S., Murdaningsih., & Hutubessy. (2021). *Tanaman Perkebunan Prospektif Indonesia*. Jawa Timur: Penerbit Qiara Media.
- Dermawan, S.T., Mega, I.M., & Kusmiyarti, B.M. (2018). Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Kopi Robusta (*Coffea canephora*) di Desa Pajahan Kecamatan Pupuan Kabupaten Tabanan. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 7 (2).
- Gunawan, Wijayanto, N., & Budi, S.W. (2019). Karakteristik Sifat Kimia Tanah dan Status Kesuburan Tanah pada Agroforestri Tanaman Sayuran Berbasis *Eucalyptus* Sp. *Jurnal Silviculture Tropika*, 10 (2): 63-69

- Hardjowigeno, S., & Widiatmaka. (2011). *Evaluasi Kesesuaian Lahan & Perencanaan Tataguna Lahan*. Cetakan Kedua. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Indrianti, M.A. (2020). Kesesuaian Lahan Aktual dan Potensial Tanaman Kopi Robusta di Kabupaten Bone Bolango. *Jurnal Sains Informasi Geografi* 3 (1).
- Martauli, E.D. (2018). Analisis Produksi Kopi di Indonesia. *Journal Agribusiness Science*, 1 (2).
- Munthe, R.R., Marbun, P., & Marpaung, P. (2017). Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jack.) dan Kelengkeng (*Euphoria longan* Lamk.) di Kecamatan Na IX - X Kabupaten Labuhan Batu Utara. *Jurnal Agroekoteknologi*, 5(1): 144-151.
- Nopsagiarti, T., Okalia, D., & Marlina G. (2020). Analisis C-Organik, Nitrogen dan C/N Tanah pada Lahan Agrowisata Beken Jaya. *Jurnal Agrosains dan Teknologi* 5 (1).
- Panggabean, E. (2019). *Buku Pintar Kopi*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Pariamanda, S., Abdi, S., & Hani'ah. (2016). Analisis Kesesuaian Lahan Untuk Perkebunan Kopi Di Kabupaten Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(1): 116-124.
- .Qomaruddin., Sukmono, A., & Nugroho, A.L. (2018). Analisis Kesesuaian Lahan Komoditas Kehutanan dan Perkebunan di Wilayah Kabupaten Banjarnegara Dengan Metode *Matching*. *Jurnal Geodesi UNDIP*, 7 (1).
- Pasaribu, P.H.P., & Situmorang, R.O.P. (2022). Hubungan Faktor Kemiringan Lereng, Jenis Tanah, dan Tipe Penggunaan Lahan terhadap Resiko Bahaya Erosi. *Jurnal Politik dan Kebijakan*, 19 (2).
- Rahardjo, P. (2012). *Panduan Budi Daya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Rahmadiano, A.P., Fahrudi, A.I., & Bejo, A. (2019). Peran Pengembangan Perkebunan Kopi Terhadap Kondisi Ekonomi Masyarakat Desa Pace Kecamatan Silo Kabupaten Jember. *Jurnal Geografi Gea*, 19(2): 84-87.
- Raobi, I., Fazlina, Y.D., & Sugianto, S. (2021). Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Pengembangan Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Kecamatan Darul Hasanah Kabupaten Aceh Tenggara. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian* 6 (4).
- Soesanto, L. (2020). *Kompendium Penyakit-penyakit Kopi*. Yogyakarta: Lily Publisher.
- Thea, E.S., & Sulistyono, H. (2021). Pengaruh Rasio Likuiditas, Solvabilitas, Profitabilitas Terhadap Harga Saham Subsektor Perkebunan yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia. *Journal of Economic, Business and Accounting*, Vol 4 (2).
- Tufaila, M., Aliyaman., Ginting, S., & Alam, S. (2014). Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Kopi, Kakao, dan Jambu Mete di Kecamatan Moramo Utara Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Agroteknos*, 4(3):167-173.
- Wahyudi, E., Martini, R., Suswatiningsih., & Tri, E. (2018). Perkembangan Perkebunan Kopi di Indonesia. *Jurnal Masepi*, 3 (1).
- Wirosoedarmo, R., Sutanahaji, A.T., Kurniati, E., & Wijayanti, R. (2011). Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Jagung Menggunakan Metode Analisis Spasial. *Jurnal Agritech*, 31(1) : 71-78.

# Studi Eksperimen Pengeringan Cabe Jawa Menggunakan Metode Rancangan Acak Kelompok Lengkap

Siti Nurul Azizah<sup>1</sup>, Ida Lumintu<sup>2\*</sup>, Ernaning Widiawanti<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Industri, Universitas Trunojoyo Madura, Jalan Raya Telang, Perumahan Telang Indah, Telang, Kamal, Bangkalan, Indonesia 69162

sitinurulazizah1812@gmail.com<sup>1</sup>, ida.lumintu@gmail.com<sup>2\*</sup>, erna.widiawanti@gmail.com<sup>3</sup>

**Abstrak**— *Piper Retrofractum Vahl.*, yang juga dikenal sebagai cabe jawa, memiliki manfaat kesehatan dan potensi ekonomi yang tinggi dengan harga pasar berkisar antara Rp. 80.000 hingga Rp. 100.000 per kilogram dalam bentuk kering. Peluang ekspor melibatkan negara-negara seperti Singapura, Malaysia, Cina, Timur Tengah, Eropa, dan Amerika. Untuk meningkatkan kualitas dan nilai ekonomi komoditas herbal ini, penelitian ini berfokus pada perbaikan proses pengeringan menggunakan metode oven, dengan mempelajari pengaruh *pre-treatment* berbasis ekstrak kulit jeruk dan kulit nanas yang kaya asam askorbat terhadap kualitas cabe jawa. Studi ini menggunakan tiga tingkat kematangan cabe jawa yaitu mentah (hijau), setengah matang (jingga), dan matang (merah). Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok lengkap dengan pilihan perlakuan meliputi tanpa perlakuan, *blanching* dengan air panas 70°C, perendaman dalam ekstrak kulit jeruk, *blanching* dengan ekstrak kulit jeruk pada suhu 70°C, perendaman dalam ekstrak kulit nanas, dan *blanching* dengan ekstrak kulit nanas pada suhu 70°C. Proses pengeringan menggunakan suhu oven konstan 70°C selama 18 jam menggunakan rancangan acak kelompok lengkap dengan parameter yang dinilai termasuk kadar air, kadar piperin, dan parameter warna seperti kecerahan (L\*), kemerahan (a\*), dan kekuningan (b\*). Hasil optimal diperoleh dengan pra-perlakuan ekstrak kulit nanas, menghasilkan kadar air sebesar 8,79%, kadar piperin sebesar 0,218%, kecerahan (L\*) sebesar 43,78, kemerahan (a\*) sebesar 8,17, dan kekuningan (b\*) sebesar 12,48.

Kata kunci— *Piper Retrofractum Vahl*, Kulit jeruk, Kulit nanas, *Pra-treatment*, Rancangan Acak Kelompok Lengkap

## I. PENDAHULUAN

Cabe jawa, atau *Piper Retrofractum Vahl*, tanaman obat yang tumbuh subur di lahan kering, memiliki manfaat kesehatan dan ekonomi yang signifikan. Meskipun belum sepenuhnya dikenal di Indonesia, prospek budidayanya menjanjikan dengan nilai ekonomi tinggi, harganya mencapai Rp. 80.000-Rp. 100.000 per kilogram kering. Potensi ekspor ke berbagai negara, seperti Singapura, Malaysia, Cina, Timur Tengah, Eropa, dan Amerika, membuka peluang luas. Dalam konteks pertumbuhan industri obat modern, cabe jawa memiliki peluang kuat untuk berkembang di masa mendatang, mengingat kebutuhan dunia masih belum terpenuhi, sementara Indonesia baru mampu memenuhi sepertiganya (Bahrudin et al., 2021).

Kategori tingkat kematangan cabe jawa dibedakan berdasarkan warna, yaitu (a) hijau, (b) jingga, dan (c) merah. Ada dua jenis penjualan cabe jawa, yakni dalam kondisi kering dan basah. Cabe jawa dalam kondisi basah memiliki kadar air yang tinggi, mencapai 70%-75% setelah beberapa hari panen, yang dapat menyebabkan mudah busuk dan rusak. Kadar air yang tinggi juga dapat memicu pertumbuhan mikroba, yang berpotensi memengaruhi kualitas kesegaran cabe jawa. Cabe jawa kering dihasilkan melalui proses pengeringan. Proses pengeringan umumnya dilakukan pada cabe jawa yang sudah matang dan berwarna merah, sedangkan untuk warna jingga dan hijau, pengeringan kurang umum dilakukan. Untuk meningkatkan produksi cabe jawa, diperlukan proses pengeringan pada tiga kategori

tingkat kematangan cabe jawa tersebut (Hawa et al., 2021).

Petani masih menggunakan metode pengeringan konvensional menggunakan sinar matahari. Proses ini efektif pada suhu sekitar 35°C hingga 45°C. Namun, perubahan kondisi cuaca dapat mempengaruhi efektivitas penggunaan sinar matahari dalam proses pengeringan yang mengakibatkan hasil yang kurang optimal. Kelemahan dari metode ini memerlukan tempat yang luas, berpotensi terkontaminasi, berisiko terjadinya penurunan kuantitas dan kualitas produk, serta membutuhkan tenaga operasional yang cukup besar, terutama pada saat musim hujan. Secara konvensional, para petani biasanya memanen cabe jawa dan menjualnya secara langsung dalam keadaan segar atau kering kepada pengepul atau konsumen. Proses pengeringan dilakukan oleh petani sendiri menggunakan metode pengeringan matahari sederhana yang mengandalkan panas dari sinar matahari (Fauzan Muhammad et al., 2021). Cabe jawa dikatakan kering apabila kadar airnya di bawah 10% atau warnanya berubah menjadi coklat kehitaman dan keras (Bahruddin et al., 2021).

Beberapa jenis makanan mengalami tahap *pre-treatment* sebelum menjalani proses pengeringan. Langkah ini bertujuan untuk memperpendek waktu pengeringan, meningkatkan rasa dan struktur, serta menjaga kualitas nutrisi makanan. *Blanching* dan perendaman termasuk dalam *pre-treatment* (Thamkaew et al., 2021). Asam askorbat merupakan senyawa antioksidan sebagai bahan pengawet (Rani Sanjaya, 2012). Kulit jeruk (*Citrus sinensis* L.) memiliki komposisi kimia yang meliputi asam askorbat, vitamin E, vitamin A, dan polifenol (Zaskia Farasecha Susanto, 2019). Kulit nanas mengandung vitamin C, karotenoid dan flavonoid. Selain itu kulit buah nanas mengandung tanin, saponin, steroid, fenol, karbohidrat, terpenoid, alkloid, fenol, antrakuinon dan asam amino (Anggy Rinela Sulistya Rini, 2016). Pemanfaatan asam askorbat sebagai bahan *pre-treatment* diperkuat dengan penelitian (Utomo et al., 2015) yang menggunakan campuran asam askorbat dan gula untuk menunjang kualitas fisik dari buah apel manalagi. Penelitian tersebut memperoleh kesimpulan dengan penambahan asam askorbat sebanyak 0,4% dapat menghasilkan warna dan tekstur yang lebih baik. Pada penelitian (Fattin et al., 2022) *pre-treatment* dengan perendaman menggunakan

asam askorbat dapat meningkatkan kadar vitamin C dan menurunkan nilai pH pada buah pepaya.

Penelitian tentang pengeringan cabe jawa menggunakan asam askorbat belum dilakukan. Oleh sebab itu, peneliti tertarik untuk menganalisa pemberian *pre-treatment* asam askorbat yang terkandung dalam limbah kulit jeruk dan kulit nanas terhadap kadar air, kadar piperin dan kadar warna yang meliputi kecerahan ( $L^*$ ), kemerahan ( $a^*$ ) dan kekuningan ( $b^*$ ) pada cabe jawa.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Kelompok Lengkap yang terdiri dari 6 perlakuan dengan 3 kali perulangan sesuai dengan kelompok kematangan cabe jawa, sehingga terdapat 18 unit percobaan. Pengeringan menggunakan oven dengan lama pengeringan yaitu sama atau homogen selama 18 jam dan suhu 70°C. Perlakuan yang dilakukan yaitu tanpa *pre-treatment*; *blanching* air panas 70°C perendaman ekstrak kulit jeruk; *blanching* ekstrak kulit jeruk 70°C; perendaman ekstrak kulit nanas; *blanching* ekstrak kulit nanas 70°C. Parameter yang diujikan dalam unit percobaan adalah uji kadar air, uji kadar piperin dan uji kadar warna yang meliputi kecerahan ( $L^*$ ), kemerahan ( $a^*$ ) dan kekuningan ( $b^*$ ). Data tersebut dianalisis dengan uji ANOVA.

### 1. A. Kadar Air

Kadar air adalah jumlah air yang terkandung dalam suatu bahan, yang biasanya diukur dalam bentuk persentase. Dalam standar SNI 01-2891-1992, penentuan kadar air dilakukan dengan mengambil sampel halus seberat 1 gram. Sampel ini kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselen yang sebelumnya sudah dikeringkan dan memiliki bobot kosong yang diketahui. Selanjutnya, sampel tersebut dikeringkan selama 3 jam pada suhu 105°C, kemudian dimasukkan ke dalam desikator. Setelah sampel dingin, dilakukan penimbangan hingga mencapai bobot konstan. Persentase kadar air pada lada dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Sutamihardja et al., 2018):

$$\text{Kadar Air} = (B1 - B2) / B * 100\% \quad (1)$$

Di mana:

B1 = Bobot cawan dan isi sebelum dikeringkan

B2 = Bobot cawan dan isi setelah dikeringkan

B = Bobot sampel

2. B. Kadar Piperin

Kadar piperin dilakukan dengan ekstraksi menggunakan etanol dan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 343 nm menggunakan alat spektrofotometer UV-VIS. Sampel sebanyak ± 0,5gram direfluks dengan etanol sebanyak 50 mL pada pendingin tegak selama 3 jam. Setelah refluks, sampel didinginkan dan disaring ke dalam labu takar 100 mL dan ditepatkan dengan etanol, lalu dihomogenkan (larutan 1). Larutan 1 dipipet sebanyak 5 mL, dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL ditepatkan dengan etanol (Larutan 2). Larutan 2 dipipet sebanyak 5 mL dimasukkan ke dalam labu takar 25 mL, ditepatkan dengan etanol, dan dihomogenkan. Absorbansi sampel dapat diukur pada panjang gelombang 343 nm dengan etanol sebagai blanko. (Sutamihardja et al., 2018)

$$\text{Kadar Piperin} = \frac{A}{A_{1\text{cm}1\%}} \times \frac{50}{5} \times \frac{25}{5} \times \frac{100}{M} \times \frac{100}{100-KA} \quad (2)$$

Keterangan :

- M : Bobot contoh uji(g)
- KA : Kadar air contoh uji (%)
- A :Absorbansi larutan contoh
- A<sup>1cm1%</sup> :Absorbansipada 343 nm dari 1% larutan piperin

3. C. Kadar Warna

Kadar warna dari cabe jawa dapat diuji dengan uji kolorimetri. Kolorimetri adalah metode perbandingan yang memanfaatkan variasi warna. Metode ini mengukur warna suatu substansi melalui perbandingan. Secara umum, cahaya putih digunakan sebagai sumber cahaya untuk membandingkan sejauh mana suatu zat menyerap cahaya relatif terhadap zat lainnya. (Taufik & Endriana, 2019).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dalam penelitian yaitu sebagai berikut.

4. A. Analisis Pengaruh Pre-treatment dengan Kategori Tiga Tingkat Kematangan Cabe jawa Terhadap Kadar Air

Rekapan data dari pengujian kadar air adalah sebagai berikut.

Tabel 1 Rekapan Data Kandungan Kadar Air

Percobaan	Kelompok			Total	Rata - Rata
	I	II	III		
Tanpa Pra Treatment	10,13	9,78	8,42	28,33	9,44
Pra Treatment Blanching Air Panas 70C	9,37	8,90	8,04	26,32	8,77
Pra Treatment Perendaman Kulit Jeruk	10,64	8,58	8,20	27,42	9,14
Pra Treatment Blanching Kulit Jeruk 70C	9,21	8,24	8,17	25,62	8,54
Pra Treatment Perendaman Kulit Nanas	9,10	9,08	8,20	26,38	8,79
Pra Treatment Blanching Kulit Nanas 70C	9,27	9,14	8,03	26,43	8,81

Rekapitulasi data pengujian kadar air bisa dilihat dari tabel 1. Berdasarkan tabel 1 rata-rata kandungan air pada perlakuan tanpa *pre-treatment* sebesar 9,44 %, *blanching* air panas 70°C sebesar 8,78%, perendaman ekstrak kulit jeruk sebesar 9,139%, *blanching* ekstrak kulit jeruk 70°C sebesar 8,54%, perendaman ekstrak kulit nanas sebesar 8,79%, *blanching* ekstrak kulit nanas 70°C sebesar 8,81%.

Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa secara keseluruhan kadar air yang dihasilkan nilainya tidak jauh berbeda antara satu dan lainnya. Nilai kadar air yang paling tinggi adalah cabe jawa tanpa perlakuan dan nilai kadar air terendah pada cabe jawa dengan ekstrak kulit jeruk 70°C. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengeringan dengan suhu 70°C selama 18 jam menghasilkan kandungan kadar air cabe jawa yang optimal. Selain itu diketahui bahwa semakin tinggi tingkat kematangan maka semakin besar nilai kadar air nya. Nilai kadar air yang dihasilkan sesuai dengan SNI yaitu rentang 8 – 10 % (Muhammad et al., 2021).

Perlakuan *pre-treatment* tidak berpengaruh terhadap indeks kadar air sedangkan blok atau kelompok berpengaruh terhadap indeks kadar air cabe jawa. Hal tersebut ditunjukkan pengujian data kadar air menggunakan ANOVA. Pada pengujian ANOVA diketahui bahwa nilai *sig* pada *pre-treatment* yaitu 0,238 ≥ 0,05. Nilai *signifikansi* dari kelompok atau blok 0,001 ≤ 0,05 sehingga kelompok atau blok berpengaruh terhadap indeks kadar air.

5. B. Analisis Pengaruh Pre-treatment dengan Kategori Tiga Tingkat Kematangan Cabe Jawa Terhadap Kadar Piperin

Rekapan data dari pengujian kadar piperin adalah sebagai berikut.

Tabel 2 Rekapan Data Kandungan Kadar Piperin

Percobaan	Kelompok			Total	Rata - Rata
	I	II	III		
Tampa Pra Treatment	0,19	0,13	0,11	0,43	0,14
Pra Treatment Blanching Air Panas 70C	0,09	0,10	0,11	0,30	0,10
Pra Treatment Perendaman Kulit Jeruk	0,15	0,29	0,23	0,67	0,22
Pra treatment Blanching Kulit Jeruk 70C	0,12	0,21	0,19	0,52	0,17
Pra Treatment Perendaman Kulit Nanas	0,14	0,27	0,25	0,65	0,22
Pra Treatment Blanching Kulit Nanas 70C	0,14	0,19	0,20	0,53	0,18

Rekapitulasi data pengujian kadar piperin dengan 6 sampel dengan 3 perulangan sesuai dengan tingkat kematangan cabe jawa. Berdasarkan tabel 2 rata-rata kandungan piperin dengan perlakuan tanpa *pre-treatment* sebesar 0,14 %, *blanching* air panas 70°C sebesar 0,10%, perendaman ekstrak kulit jeruk sebesar 0,22%, *blanching* ekstrak kulit jeruk 70°C sebesar 0,17%, perendaman ekstrak kulit nanas sebesar 0,22%, *blanching* ekstrak kulit nanas 70°C sebesar 0,18%. Nilai piperin yang dihasilkan masih jauh dengan standar SNI  $\geq 1,05\%$  (Kementrian Kesehatan RI, 2017). Hal tersebut disebabkan cabe jawa yang diperoleh berada di Sumenep sejalan dengan pernyataan variasi kandungan senyawa dalam produk hasil panen tumbuhan obat salah satunya disebabkan oleh faktor eksternal seperti lingkungan tempat tumbuh (Departemen Kesehatan RI, 2000). Pada penelitian (Hikmawanti *et al.*, 2021) cabe jawa di Lampung Tengah memiliki nilai kadar piperin tertinggi. Selain itu, kadar piperin yang dihasilkan rendah disebabkan oleh jeda antara pembelian dan percobaan yang lama sehingga kadar piperin menurun atau terhidrolisis.

Nilai kadar piperin yang paling tinggi adalah cabe jawa *pre-treatment* perendaman kulit jeruk dan perendaman kulit nanas. Berdasarkan kelompok atau blok kematangan cabe jawa diketahui bahwa nilai kadar piperin tertinggi yaitu cabe jingga. Hal tersebut berbalik dengan penelitian (Hawa *et al.*, 2021) dengan hasil cabe jawa yang memiliki kadar piperin tertinggi adalah cabe jawa hijau. Penyebab perbedaan tersebut adalah jeda pengujian piperin cabe jawa hijau dengan yang cabe jawa kategori lainnya terjadi selama 3 hari dikarenakan minimnya ketersediaan alat refluks. Hal tersebut bisa menyebabkan penurunan mutu dan senyawa di cabe jawa.

Perlakuan *pre-treatment* berpengaruh signifikan terhadap indeks kadar piperin sedangkan blok atau kelompok tidak berpengaruh terhadap indeks kadar piperin cabe jawa. Hal tersebut ditunjukkan pada pengujian data kadar piperin menggunakan ANOVA. Diketahui bahwa nilai *sig* pada *pre-treatment* yaitu  $0,040 \leq 0,05$ .

Nilai *signifikansi* dari kelompok atau blok  $0,078 \geq 0,05$  sehingga kelompok atau blok tidak berpengaruh signifikan terhadap indeks kadar piperin.

#### 6. C. Analisis Pengaruh *Pre-treatment* dengan Kategori Tiga Tingkat Kematangan Cabe Jawa Terhadap Kadar Warna

Dalam analisis warna digunakan parameter kecerahan ( $L^*$ ), kemerahan ( $a^*$ ) dan kekuningan ( $b^*$ ) menggunakan colorimeter, parameter kecerahan ( $L^*$ ) digunakan dengan kisaran nilai 0-100, di mana nilai 0 menandakan warna hitam dan 100 menandakan warna putih.

Tabel 3 Rekapitulasi Data Uji Kolorimetri Tingkat Kecerahan ( $L^*$ )

Sampel	Kelompok			Total	Rata - Rata
	I	II	III		
Tampa Pra Treatment	45,54	32,72	25,46	103,72	34,57
Pra Treatment Blanching Air Panas 70C	49,44	35,93	26,17	111,54	37,18
Pra Treatment Perendaman Kulit Jeruk	48,30	40,7	23,85	112,85	37,62
Pra Treatment Blanching Kulit Jeruk 70C	50,51	39,27	18,61	108,39	36,13
Pra Treatment Perendaman Kulit Nanas	59,12	42,58	29,63	131,33	43,78
Pra Treatment Blanching Kulit Nanas 70C	45,59	33,92	17,4	96,91	32,30

Hasil pada tabel 3 menunjukkan bahwa *pre-treatment* antara satu dan lainnya menghasilkan nilai kecerahan yang berbeda. Rerata tingkat kecerahan tertinggi dicapai pada *pre-treatment* perendaman kulit nanas sebesar 43,78, sementara rerata tingkat kecerahan terendah terjadi pada *blanching* ekstrak kulit nanas 70°C dengan nilai 32,30. Penurunan tingkat kecerahan ini diatributkan kepada pemberian *blanching* air panas menyebabkan rusaknya zat warna pada cabe jawa khususnya pada kelompok kematangan hijau yang ditambah *blanching* air panas semakin hitam warnanya. secara keseluruhan tingkat kecerahan ( $L^*$ ) yang dihasilkan nilainya berbeda satu satu dan lainnya namun stabil. Berdasarkan kelompok atau blok kematangan cabe jawa diketahui bahwa semakin tinggi tingkat kematangan cabe jawa maka semakin tinggi tingkat kecerahannya. Hal tersebut disebabkan oleh pigmen warna cabe jawa.

Hasil uji anova pengaruh perlakuan *pre-treatment* terhadap tingkat kecerahan ( $L^*$ ) berdasarkan kelompok atau blok dengan nilai *sig* pada *pre-treatment* yaitu 0,014 yaitu  $0,05$  yang

artinya perlakuan *pre-treatment* tidak berpengaruh terhadap tingkat kecerahan (L\*). Nilai *sig* dari kelompok atau blok 0,001 yaitu lebih kecil dari 0,05 sehingga kelompok atau blok berpengaruh terhadap tingkat kecerahan (L\*)

Tabel 4 Rekapitulasi Data Uji Kolorimetri Tingkat Kemerahan (a\*)

Sampel	Kelompok			Total	Rata - Rata
	I	II	III		
Tanpa Pra Treatment	11,78	9,03	1,82	22,63	7,54
Pra Treatment Blanching Air Panas 70C	9,14	5,96	2,71	17,81	5,94
Pra Treatment Perendaman Kulit Jeruk	12,93	9,17	3,39	25,49	8,50
Pra Treatment Blanching Kulit Jeruk 70C	10,68	9,16	2,2	22,04	7,35
Pra Treatment Perendaman Kulit Nanas	12,85	10,05	2,65	25,55	8,52
Pra Treatment Blanching Kulit Nanas 70C	12,7	8,63	3,3	24,63	8,21

Rerata tingkat kemerahan (a\*) uji kolorimetri pengaruh *pre-treatment* dengan tiga tingkat kematangan cabe jawa yang berbeda sebesar 5,94 – 8,52. Nilai b\* menyatakan warna kromatik campuran hijau – merah. Diartikan semakin tinggi nilai a\* maka semakin merah warna cabe jawa. secara keseluruhan tingkat kemerahan (a\*) yang dihasilkan nilainya hampir sama satu dengan lainnya. Nilai tingkat kemerahan paling tinggi adalah *pre-treatment* perendaman kulit nanas sebesar 8,52, sementara rerata tingkat kecerahan terendah terjadi pada *blanching* air panas 70°C dengan nilai 5,40. Hal ini bisa terjadi karena adanya interaksi antara pigmen warna dalam bahan pangan dengan suhu selama proses pengeringan. Jika diasumsikan bahwa warna merah dari cabai jawa identik dengan cabai rawit, yang berarti menggunakan karotenoid sebagai pigmen warna, maka dapat disimpulkan bahwa pigmen warna karotenoid cenderung peka terhadap suhu tinggi dan lingkungan alkali (Ari Parfiyanti et al., 2016). Oleh karena itu, semakin tinggi suhu selama proses pengeringan, semakin besar kemungkinan pigmen tersebut rusak, dan akibatnya, bahan pangan kehilangan warna merahnya.

Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa semakin tinggi tingkat kematangan cabe jawa maka semakin tinggi tingkat kemerahannya. Hal tersebut disebabkan oleh pigmen warna yang mendasari cabe jawa.

Hasil uji anova pengaruh perlakuan berupa *pre-treatment* terhadap tingkat kemerahan (a\*) dengan 3 kelompok atau blok diperoleh nilai *sig* pada *pre-treatment* yaitu  $0,050 \leq 0,05$  yang artinya perlakuan *pre-treatment* berpengaruh terhadap tingkat kemerahan cabe jawa (a\*). Nilai *sig* dari kelompok atau blok  $0,000 \leq 0,05$

sehingga kelompok atau blok berpengaruh terhadap kadar kemerahan cabe jawa.

Tabel 5 Rekapitulasi Data Uji Kolorimetri Tingkat Kekuningan (b\*)

Perlakuan	Kelompok			Total	Rata - Rata
	I	II	III		
Tanpa Pra Treatment	13,44	7,9	5,7	27,04	9,01
Pra Treatment Blanching Air Panas 70C	13,19	8,48	7,35	29,02	9,67
Pra Treatment Perendaman Kulit Jeruk	13,16	11,49	5,76	30,41	10,14
Blanching Kulit Jeruk 70C	13,76	11,82	10,3	35,88	11,96
Pra Treatment Perendaman Kulit Nanas	15,61	13,58	8,25	37,44	12,48
Pra Treatment Blanching Kulit Nanas 70C	13,53	13,78	9,64	36,95	12,32

Notasi b\* menyatakan warna kromatik campuran biru-kuning, dengan nilai 0 sampai +70 untuk warna kuning dan nilai dari 0 sampai -70 untuk warna biru. Berdasarkan tabel 9 tingkat kekuningan tertinggi berada pada *pre-treatment* perendaman kulit nanas dan tingkat kekuningan terendah berada di cabe jawa tanpa *pre-treatment*.

Berdasarkan tabel tersebut tingkat kekuningan paling tinggi adalah *pre-treatment* perendaman kulit nanas sebesar 12,48, sementara rerata tingkat kekuningan terendah terjadi pada tanpa *pre-treatment* sebesar 9,01. Hal tersebut terjadi karena adanya interaksi antara pigmen warna dalam bahan pangan dengan suhu selama proses pengeringan. Warna asli dari tingkat kematangan cabe jawa mengalami peluruhan terutama pigmen warna merah dan jingga yang berubah menjadi kekuningan. Pengaruh *pre-treatment* yang dipetakan berdasarkan kelompok atau blok kematangan cabe jawa diketahui bahwa semakin tinggi tingkat kematangan cabe jawa maka semakin tinggi tingkat kekuningannya. Hal tersebut disebabkan oleh pigmen warna yang mendasari cabe jawa. Hasil yang ditunjukkan sesuai dengan pigmen asli cabe jawa yaitu merah, jingga dan hijau

Hasil uji anova pengaruh perlakuan berupa *pre-treatment* terhadap tingkat kekuningan (b\*) dengan 3 ulangan berdasarkan kelompok atau blok diperoleh nilai *sig* pada *pre-treatment* yaitu  $0,049 \leq 0,05$  yang artinya perlakuan *pre-treatment* berpengaruh signifikan terhadap tingkat kekuningan cabe jawa (b\*). Nilai *sig* dari kelompok atau blok  $0,000 \leq 0,05$  sehingga kelompok atau blok berpengaruh signifikan terhadap kadar kekuningan cabe jawa

## IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian *pre-treatment* dari ekstrak kulit jeruk dan kulit nanas pada cabe jawa memiliki dampak yang signifikan terhadap beberapa parameter kualitas, seperti kadar air, kadar piperin, dan karakteristik warna dibuktikan dengan nilai *sig* uji anova yang  $\leq 0,05$ . Kematangan cabe jawa berpengaruh pada kadar air dan kadar warna. Semakin tinggi tingkat kematangan cabe jawa, semakin tinggi kadar airnya. Sementara itu, tingkat kematangan juga berpengaruh terhadap tingkat kemerahan dan kekuningan cabe jawa yang dapat terlihat dari hasil analisis kolorimetri. Hasil pengeringan cabe jawa terbaik didapatkan dengan perlakuan *pre-treatment* rendaman kulit nanas dengan menghasilkan kadar air 8,79%, kadar piperin 0,218%, kecerahan ( $L^*$ ) sebesar 43,78, kemerahan ( $a^*$ ) sebesar 8,17 dan kekuningan ( $b^*$ ) sebesar 12,48. Cabe jawa dengan tingkat kematangan jingga memiliki rata-rata kadar piperin tertinggi yaitu 0,20%. Tingkat kematangan merah memiliki kadar warna terbaik meliputi rata-rata tingkat kecerahan ( $L^*$ ) sebesar 49,75, tingkat kemerahan ( $a^*$ ) sebesar 11,68, tingkat kekuningan ( $b^*$ ) sebesar 13,78. Penelitian lanjutan dapat difokuskan pada identifikasi senyawa bioaktif dalam ekstrak kulit jeruk dan kulit nanas yang pengaruh terhadap kadar piperin dan karakteristik warna pada cabe jawa. Optimalisasi kondisi *pre-treatment*, seperti lama waktu rendaman dan suhu, dapat diperluas untuk meningkatkan efisiensi proses.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bahruddin, A., Zaka, U., Sholah, dan, Muttaqin, I., Aziz, A., Darussalam Bangkalan, S., & Darul Hikmah Bangkalan, S. (2021). PEMANFAATAN DAN PROSPEK BUDIDAYA CABE JAMU DI DUSUN NUNG MALAKA DESA DALEMAN KECAMATAN GALIS KABUPATEN BANGKALAN. In *Jurnal Pengabdian Masyarakat* (Issue 2).
- [2] Hawa, L. C., Sugesti, A., Laily, A. N., Yosika, N. I. W., Wibisono, Y., & Sutan, S. M. (2021). Drying cabya (*Piper retrofractum* Vahl.) at three ripeness stages. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 733(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012011>
- [3] Fauzan Muhammad, A., Hartanto, R., Yudhistira, B., & Pitara Sanjaya, A. (2021). ANALISIS MUTU FISIK DAN KIMIA CABE JAWA (*Piper retrofractum* Vahl.) DENGAN METODE PENGERINGAN KABINET DAN PENJEMURAN MATAHARI. *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 15(4), 1001–1010. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i4.10407>
- [4] Thamkaew, G., Sjöholm, I., & Galindo, F. G. (2021). A review of drying methods for improving the quality of dried herbs. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 61, Issue 11, pp. 1763–1786). Bellwether Publishing, Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1765309>
- [5] Rani Sanjaya, B. O. B. (2012). Analisis Kadar Asam Askorbat dan Asam Benzoat dalam Minuman Ringan dengan HPLC Menggunakan Fasa Gerak Metanol dan Buffer Asetat. *Chemistry Journal of State University of Padang*, 1(2), 42–46.
- [6] Zaskia Farasecha Susanto. (2019). *Kelayakan Masker Kulit Jeruk Pontianak (Citrus Nobilis Var. Microcarpa) dan Daun Kelor Untuk Mengurangi Kulit Wajah Berjerawat*. Universitas Semarang.
- [7] Anggy Rinela Sulistya Rini. (2016). *Pemanfaatan Ekstrak Kulit Buah Nanas (Ananas comosus L.Merr.) untuk Sediaan Gel Hand Sanitizer Sebagai Antibakteri Staphylococcus aureus dan Escherichia coli*. Universitas Negeri Semarang.
- [8] Utomo, T. P., Argo, D., Nugroho, W. A., Keteknikan, J., Teknologi, P.-F., Brawijaya, P.-U., Veteran, J., & Korespondensi, P. (2015). Pengaruh Penambahan Gula dan Asam Askorbat pada Pengolahan Minimal Terhadap Kualitas Fisik Buah Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill). In *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* (Vol. 3, Issue 2).
- [9] Fattin, N., Rahayuni, T., & Maherawati, M. (2022). Daya simpan buah pepaya potong dengan blanching menggunakan asam askorbat dan natrium benzoat. *Teknologi Pangan : Media Informasi Dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 13(1), 67–75. <https://doi.org/10.35891/tp.v13i1.2666>
- [10] Sutamihardja, R., Yuliani, N., & Rosani, O. (2018). OPTIMASI SUHU PENGERINGAN DENGAN MENGGUNAKAN OVEN TERHADAP MUTU LADA HITAM DAN LADA PUTIH BUBUK. *Jurnal Sains Natural*, 8(2), 80. <https://doi.org/10.31938/jsn.v8i2.158>
- [11] Taufik, Y., & Endriana, W. (2019). KAJIAN PERBANDINGAN BUAH BLACK MULBERRY (*Morus nigra* L.) DENGAN AIR TERHADAP KARAKTERISTIK SPREADABLE PROCESSED CHEESE BLACK MULBERRY. In *Pasundan Food Technology Journal* (Vol. 6, Issue 3).
- [12] Kementerian Kesehatan RI. (2017). *Farmakope Herbal Indonesia* (2nd ed.) 561.
- [13] Departemen Kesehatan RI. (2000). *Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan*. Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- [14] Hikmawanti, N. P. E., Hanani, E., Maharani, S., & Putri, A. I. W. (2021). Piperine Levels in Java Chili and Black Fruits Extracts from Regions with Different Altitude. *Jurnal Jamu Indonesia*, 6(1), 16–22. <https://doi.org/10.29244/jji.v6i1.176>
- [15] Ari Parfiyanti, E., Budihastuti, R., Dwi Hastuti, E., Biologi, J., & Sains dan Matematika, F. (2016). PENGARUH SUHU PENGERINGAN YANG BERBEDA TERHADAP KUALITAS CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens* L.). In *Jurnal Biologi* (Vol. 5, Issue 1).

# Pengukuran Kesiapan Implementasi Knowledge Management System Sebagai Media Berbagi Pengetahuan pada Program Studi

Ramadhan Rakhmat Sani<sup>1</sup>, Titien S. Sukamto<sup>2</sup>, Asih Rohmani<sup>3</sup>

Universitas Dian Nuswantoro

Jl. Imam Bonjol No.207, Pendrikan Kidul, Semarang, Jawa Tengah, 50131

ramadhan\_rs@dsn.dinus.ac.id<sup>1</sup>, titien.suhartini@dsn.dinus.ac.id<sup>2</sup>, aseharsoyo@dsn.dinus.ac.id<sup>3</sup>

**Abstrak**— Dalam membantu menerapkan visi dan misi Program Studi, knowledge manajemen (KM) sangat diperlukan untuk diadopsi. KM dapat berdampak kepada peningkatan inovasi dan pengetahuan di kalangan civitas akademik. Knowledge managemen system (KMS) juga diterapkan untuk mengelola pengetahuan dengan mendukung dan meningkatkan proses penciptaan pengetahuan, penyimpanan / pengambilan, transfer dan aplikasi dalam organisasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kesiapan yang disesuaikan dengan KMS Enabler yang ada pada organisasi seperti dimensi proses organisasi, orang, dan teknologi informasi. Kesiapan dihitung dengan menggunakan kuisioner yang disebarkan kepada stakeholder Program Studi Sistem Informasi Universitas Dian Nuswantoro. skala kesiapan mengadopsi skala aydin & Tasci yang dicerminkan pada skor sangat tidak setuju hingga sangat setuju. Hasil pengukuran dari sisi struktur organisasi, struktur pengambilan keputusan, evaluasi proses manajemen pengetahuan berada dalam kondisi rata-rata 3,68. Dari sisi People (SDM). Hasil perhitungan rata-rata yaitu diangka 3,9. Dan pada hasil pengukuran dari domain Teknologi menunjukkan angka rata-rata 2,4. Hal ini akan menjadi dasar yang baik bagi pengembangan dan implementasi KMS pada Program Studi.

**Kata Kunci** — Knowledge Management System, KMS Enabler, Organisasi, Orang, Teknologi

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan pengetahuan telah memiliki dampak yang signifikan terhadap Sumber Daya Manusia. Peningkatan ini telah mengubah cara bekerja, berinteraksi, dan memenuhi kebutuhan sehari-hari, sehingga dapat meningkatkan produktivitas kerja dengan kemudahan dalam belajar dan berbagi pengetahuan secara efektif melalui media online dan sosial.

Untuk mewujudkan visi dan misi organisasi, knowledge management diadopsi demi meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan inovasi organisasi dengan cara mengelola dan memanfaatkan pengetahuan yang dimiliki oleh individu dan kelompok di dalam organisasi [1]. Dengan memanfaatkan pengetahuan dan

pengalaman yang dimiliki oleh individu di dalam organisasi, organisasi dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses bisnis, mengurangi biaya, meningkatkan produktivitas, dan mempercepat waktu respons terhadap perubahan. Ketika individu kunci tersebut meninggalkan organisasi, pengetahuan akan hilang dan keunggulan kompetitif organisasi akan hilang. *Knowledge Management System* (KMS) diterapkan untuk mengelola pengetahuan dengan mendukung dan meningkatkan proses penciptaan pengetahuan, penyimpanan / pengambilan, transfer dan aplikasi dalam organisasi. Dalam penerapan KMS, organisasi perlu mengatur struktur organisasi dan orang-orangnya [2].

Di institusi pendidikan tinggi, KMS telah menjadi isu utama dalam strategi manajemenn

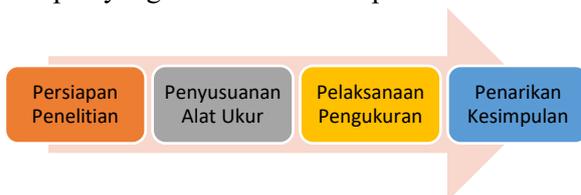
karena pengetahuan adalah sumber utama bagi kekuatan Pendidikan [3]. Penggunaan *Learning Management System* (LMS) di Universitas saat ini dirasa belum optimal untuk memaksimalkan peran KMS pada Program Studi. Dalam penelitian yang dilakukan [4] dihasilkan model fitur-fitur yang wajib ada pada KMS, yaitu forum diskusi, bisa melakukan posting artikel, memberikan tanggapan dalam bentuk komentar, dan juga kostumisasi profil pengguna [5].

Sebelum menerapkan KMS pada Program Studi Sistem Informasi pada Universitas Dian Nuswantoro, perlu dilakukan pengukuran kesiapannya sehingga bisa mengurangi risiko kegagalan dalam penerapannya. Hal itu terjadi karena penerapan hanya dilakukan ber- dasarkan teori dan tidak mempertimbangkan faktor-faktor enabler untuk keberhasilan KMS, yang terdiri atas: Struktur Organisasi, Orang dan Teknologi Informasi.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Alur Penelitian

Untuk mewujudkan tujuan dari peneletin ini, maka diperlukan langkah-langkah yang harus dilakukan untuk memperoleh hasil yang diinginkan. Gambar 1 menunjukkan arah atau tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

### B. KMS Enabler

Penelitian bertujuan untuk mengetahui berapa tingkat kesiapan Prodi Sistem Informasi dalam menerapkan Knowledge Management System. Komponen kesiapan yang akan diukur ada 3 yaitu: Struktur Organisasi (Organisational Structure), Mendefinisikan cara terorganisir untuk membagi dan mengelola tugas-tugas yang mendukung manajemen pengetahuan [6]. Sebagaimana dimensinya dijelaskan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Dimensi Struktur Organisasi

Dimensi	Definisi
<i>Decentralization</i>	Tingkat distribusi otoritas dan kontrol atas keputusan
<i>Informal</i>	Tingkat fleksibilitas dalam peraturan formal, prosedur dan kebijakan standar

Orang (*People*) Sebagai konsep yang mendefinisikan manusia, yang merupakan elemen utama penciptaan pengetahuan dalam organisasi. Sebagaimana dimensinya dijelaskan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Dimensi Orang

Dimensi	Definisi
<i>T-shaped skill</i>	Beraneka ragam pengetahuan, keterampilan, dan kompetensi yang dimiliki oleh seseorang, dimana pengetahuan, keterampilan, dan kompetensi tersebut dapat dipadukan dengan disiplin ilmu lain, sehingga akan menghasilkan pengetahuan baru, dan orang semacam ini akan membagikan pengetahuan tersebut kepada orang lain dalam suatu organisasi.
<i>Task requirements individual skills and ability</i>	Kesesuaian antara keterampilan dan pengetahuan individu dengan kebutuhan yang harus dimiliki untuk menyelesaikan tugas terutama untuk melakukan siklus manajemen pengetahuan
<i>Effort expectancy</i>	Tingkat kemudahan terkait dengan keterlibatan dalam proses KM
<i>Performance expectancy</i>	Sejauh mana seorang individu percaya bahwa terlibat dalam proses KM akan membantunya mencapai keuntungan dalam kinerja pekerjaan
<i>Work unit climate</i>	Harapan dan hubungan antar unit kerja yang terlibat dalam siklus manajemen pengetahuan dan mempengaruhinya
<i>Motivation</i>	Kecenderungan perilaku orang-orang dalam suatu organisasi untuk mengambil tindakan yang diperlukan untuk mencapai tujuan tertentu. Perilaku tersebut dapat menimbulkan, mengarahkan, dan mengatur perilaku orang-orang dalam organisasi, khususnya dalam menjalankan proses km dalam kegiatan sehari-hari

Dimensi	Definisi
<i>Leadership</i>	Perilaku pemimpin dalam suatu organisasi dalam memberikan arahan kepada seluruh orang dalam organisasi dan mendorong mereka untuk menerapkan proses KM

Teknologi Informasi (*Information Technology*) sebagai elemen dimensi struktural berbasis TI. Hal ini diperlukan untuk mengaktifkan berbagi pengetahuan dan penciptaan pengetahuan bagi orang-orang yang bekerja dalam suatu organisasi. Sebagaimana dijelaskan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Dimensi Teknologi Informasi

Dimensi	Definisi
<i>IT Support</i>	Tingkat dimana manajemen pengetahuan didukung oleh penggunaan IT. TI memfasilitasi pengumpulan, penyimpanan, dan pertukaran pengetahuan secara cepat dalam skala yang tidak dapat dilakukan di masa lalu, sehingga membantu proses penciptaan pengetahuan
<i>IT Use</i>	Tingkat ekstensif penggunaan teknologi informasi dan komunikasi oleh individu dalam organisasi untuk inisiatif KM

C. Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan adalah kuisisioner dengan 4 tahap skala likert dan skala kesiapan menggunakan skala versi Aydin & Tasciyang ditunjukkan dalam gambar 1 dimana terdapat 5 bobot dengan memakai skala likert. Level kesiapan akan dihitung dengan rumus pada persamaan 1 berikut:

$$P = \frac{Sn}{Sm} \times 100\% \tag{1}$$



Gambar 2. Level Kesiapan

Gambar 2 merupakan model indeks yang diadopsi dari [7] berdasarkan dari tingkat kesiapannya yaitu belum sepenuhnya siap, perlu persiapan banyak untuk mengimplementasikan (Indeks 1 s/d 2.59). belum siap, tetapi hanya perlu beberapa persiapan saja untuk mengimplementasikan (Indeks 2.6 s/d 3.39). Siap tetapi butuh improvement dalam mengimplementasikan (Indeks 3.4 s/d 4.19). Sangat siap untuk mengimplementasikan (Indeks 4.2 s/d 5).

Responden pada pengukuran ini adalah jajaran pimpinan serta dosen yang telah bekerja minimal 5 tahun di Program Studi Sistem Informasi Universitas Dian Nuswantoro

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Quisioner

*Enabler* yang digunakan untuk mengukur tingkat kesiapan ada yaitu Struktur organisasi untuk mengetahui tingkat kesiapan penerimaan KMS dari sisi struktur pengambilan keputusan dan kebijakan yang dituangkan dalam beberapa pertanyaan seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Domain Struktur Organisasi

Domain	Pertanyaan
<b>Struktur Organisasi</b>	Pada UDINUS khususnya FIK terdapat Unit SDM yang mendukung penciptaan Manajemen Pengetahuan
	UDINUS khususnya FIK memiliki distribusi konsentrasi ada proses pengambilan keputusan
	UDINUS khususnya FIK memiliki system penghargaan pada pegawai sesuai dengan keterlibatannya pada proses manajemen pengetahuan
	UDINUS khususnya FIK menerapkan evaluasi pada proses manajemen pengetahuan

*Enabler* yang kedua yaitu SDM untuk mengetahui seberapa tingkat kesiapan dari sisi kemampuan SDM di lingkungan prodi system informasi untuk menerima dan menggunakan KMS ke depannya.

Tabel 5. Domain Sumber Daya Manusia

Indikator	Pertanyaan
Pengetahuan Umum	Adanya Kumpulan pengetahuan organisasi meliputi segala informasi spesifik yang dibutuhkan oleh Dosen dan mahasiswa civitas prodi SI
	Dosen dan mahasiswa memiliki pemahaman tentang manajemen pengetahuan
Kemampuan dan Keahlian	Adanya pemerataan pengetahuan pada setiap individu di lingkungan Prodi SI
	SDM pada lingkungan Prodi SI memiliki kemampuan dan keahlian yang dibutuhkan oleh UDINUS khususnya prodi SI
Lingkungan Fisik	Ruang kerja dirancang untuk memudahkan interaksi antar individu
	Adanya ruang/ media/ fasilitas khusus yang memungkinkan civitas prodi SI untuk bertemu dan berbagi pengetahuan
Performa Pembelajaran	Adanya kesempatan diklat/ workshop/ pelatihan secara merata diberikan guna meningkatkan pengetahuan dosen dan mahasiswa
	Adanya proses penciptaan pengetahuan baru yang bermanfaat bagi organisasi hasil dari pelatihan/ benchmarking dengan organisasi lain
Budaya Organisasi	Adanya rasa saling percaya antar individu dalam prodi SI untuk berbagi pengetahuan
	Adanya kolaborasi dan Kerjasama antar individu pada prodi SI dalam rangka berbagi pengetahuan
Motivasi	Adanya kompetisi antar individu dalam proses manajemen pengetahuan
	Adanya trend bagi individu untuk melakukan/ mengambil peran dalam proses manajemen pengetahuan
Kepemimpinan	Adanya dukungan dan komitmen dari pimpinan baik

Indikator	Pertanyaan
	dalam bentuk program kerja, arahan, maupun penyediaan sumber daya untuk mendukung kegiatan manajemen pengetahuan
	Adanya anggaran untuk memfasilitasi dan mendukung kegiatan manajemen pengetahuan

*Enabler* yang ketiga yaitu teknologi untuk mengukur tingkat kesiapan infrastruktur SI/TI di UDINUS dalam menunjang implementasi dan kinerja dari KMS ke depannya.

Tabel 6. Domain Teknologi

Domain	Pertanyaan
Teknologi	UDINUS memiliki sistem berbasis TI yang mendukung proses berbagi dan pengelolaan pengetahuan di kalangan dosen dan mahasiswa
	UDINUS memiliki strategi dalam pemanfaatan TI terkait proses berbagi dan pengelolaan pengetahuan
	Adanya fasilitas dan prosedur untuk mendukung proses keamanan data dan informasi di lingkungan UDINUS

Agar mendapat hasil pengukuran yang akurat, maka pada penelitian ini responden dipilih tidak secara acak, melainkan dengan kriteria merupakan karyawan tetap di lingkungan UDINUS, khususnya di lingkungan Fakultas Ilmu Komputer dan Prodi Sistem Informasi. Telah bekerja di UDINUS selama minimal 10 tahun. Menjabat pada jabatan struktural pengambil keputusan (Wakil Dekan, Kaprodi, Sekprodi, Ka. UPT).

### B. Hasil Pengukuran

Pada hasil yang ditunjukkan pada tabel 7 menunjukkan bahwa menurut responden, dari sisi struktur organisasi, struktur pengambilan keputusan, evaluasi proses manajemen pengetahuan berada dalam kondisi rata-rata 3,68,

dimana angka ini menunjukkan bahwa struktur organisasi siap untuk menerima hadirnya KMS namun masih membutuhkan sedikit improvement agar benar-benar siap.

Tabel 7. Data Respon Kuisisioner Domain Enabler Struktur Organisasi

	R1	R2	R3	R4	R5	Rata2
P1	5	4	4	3	2	3,6
P2	5	3	4	3	3	3,6
P3	5	4	5	4	2	4
P4	4	3	4	4	3	3,6
P5	5	3	4	4	2	3,6
						<b>3,68</b>

Pada Tabel 8 menunjukkan respon terhadap Domain People (SDM). Hasil perhitungan rata-rata yaitu dia angka 3,9 menunjukkan bahwa kemampuan SDM serta komitmen pimpinan untuk peningkatan pengetahuan SDM sudah siap untuk menerima dan menggunakan KMS namun masih membutuhkan sedikit improvement.

Tabel 8. Data Respon Kuisisioner Domain Enabler People (SDM)

	R1	R2	R3	R4	R5	Rata2
P1a	5	3	4	4	3	3,8
P1b	5	3	4	4	2	3,6
P2a	5	3	4	4	4	4
P2b	5	3	4	4	4	4
P3a	5	4	4	4	3	4
P3b	5	4	4	4	2	3,8
P4a	5	4	4	4	2	3,8
P4b	5	3	4	4	3	3,8
P5a	5	3	4	4	4	4
P5b	5	4	4	4	4	4,2
P6a	5	4	4	4	4	4,2
P6b	5	3	4	4	4	4
P7a	5	3	4	4	3	3,8
P7b	5	3	4	4	2	3,6
						<b>3,9</b>

Pada hasil pengukuran dari domain Teknologi menunjukkan angka rata-rata 2,4. Hal ini berarti bahwa dari sisi Teknologi yang dimiliki oleh UDINUS saat ini belum siap untuk menerima dan mengimplementasikan KMS pada Prodi Sistem Informasi. UDI serta DINUSTEK beserta dengan jajaran pihak terkait di UDINUS terutama prodi sistem informasi, perlu untuk menggali Kembali hal-hal apa saja yang dibutuhkan untuk memungkinkan penerapan KMS.

Tabel 9. Data Respon Kuisisioner Domain Teknologi

	R1	R2	R3	R4	Rata2
P1	1	3	4	3	2,75

	R1	R2	R3	R4	Rata2
P2	1	1	4	2	2
P3	1	1	4	4	2,5
					<b>2,4</b>

#### IV. KESIMPULAN

Dari tujuan penelitian ini adalah untuk mengurai kesiapan implementasi KMS. Diketahui bahwa hasil pengukuran tersebut hasil Enabler yang paling tinggi kesiapannya yaitu pada domain enabler orang dengan skor rata 3,9 dan yang terendah pada domain teknologi dengan rata-rata 2,4. Dan rata-rata keseluruhan 3,33 yang menunjukkan objek penelitian ini belum siap dalam menerapkan KMS. Sehingga perlu untuk menggali Kembali hal-hal apa saja yang dibutuhkan untuk memungkinkan penerapan KMS

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti memberikan ucapan terima kasih khususnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Dian Nuswantoro atas hibah yang diberikan melalui Skema Hibah Penelitian Dasar Perguruan Tinggi (49/A.38-04/UDN-09/V/2023).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. S. Ibrahim, I. Mobulango, Y. Yazni, dan M. R. Katili, "Pengukuran Kesiapan Penerapan Knowledge Management di Institusi Pendidikan Tinggi," *Jambura J. Informatics*, vol. 3, no. 2, hal. 87–96, 2021, doi: 10.37905/jji.v3i2.11797.
- [2] S. I. Pradana, A. Kurniawati, dan N. Ambarsari, "Knowledge Management System Implementation Readiness Measurement in PDII LIPI Based on People and Organizational Structure Factors," *Procedia Manuf.*, vol. 4, no. Iess, hal. 216–223, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.11.034.
- [3] S. Mamuaya, H. Harisno, M. Mihuandayani, dan R. Arundaa, "Perencanaan Knowledge Management System Untuk Tata Kelola Perguruan Tinggi," *J. Teknol. Inf. dan Terap.*, vol. 7, no. 1, hal. 6–15, 2020, doi: 10.25047/jtit.v7i1.122.
- [4] R. R. Sani, T. S. Sukamto, dan R. Emmerig, "Desain Knowledge Management System pada Program Studi Sebagai Media Berbagi Pengetahuan Knowledge Management System Design in Study Program as a Knowledge Sharing Media," *J. Sist. dan Teknol. Inf.*, vol. 11, no. 1, hal. 177–183, 2023, doi: 10.26418/justin.v11i1.53930.
- [5] R. R. Sani, T. S. Sukamto, dan R. Emmerig, "Evaluasi Kebutuhan Pengembangan Knowledge Management System (KMS) sebagai Media

- Peningkatan Skill bagi Program Studi,” in *Prosiding Seminar Nasional Transformasi Pendidikan di Era Merdeka Belajar: Menjawab Tantangan Pada Masa dan Pasca Pandemi*, 2021, vol. null, no. 23, hal. 301–316, doi: 10.15797/concom.2019..23.009.
- [6] L. Andrawina, R. P. Soesanto, S. I. Pradana, dan G. Ramadhan, “Measuring knowledge management system implementation readiness,” *Pertanika J. Soc. Sci. Humanit.*, vol. 26, no. T, hal. 219–230, 2018.
- [7] C. H. Aydin dan D. Tasci, “Measuring readiness for e-learning: Reflections from an emerging country,” *Educ. Technol. Soc.*, vol. 8, no. 4, hal. 244–257, 2005.

# Strategi Pemeliharaan Dan Model Hubungan Antara Nilai Kekasaran Jalan Dan Nilai Kondisi Perkerasan Kaku Dengan Metode IKP Dan IRI

## Studi Kasus Jalan Lingkar Selatan Kota Cilegon

Eka Saputra<sup>1</sup>, Arbi Parianta<sup>2\*</sup>, Lukman, M.Oka Mahendra<sup>3</sup>

Universitas Serang Raya<sup>123</sup>

\*emailarby@gmail.com

**Abstract** - Damage to roads indicates a condition where the structural and functional aspects of the road are no longer able to provide optimal service to the traffic passing through it. If road damage occurs, it can result not only in the obstruction of economic and social activities but also in the occurrence of accidents. To determine the level of damage and the type of repairs needed for a road segment under review, a method is required. In this study, the IKP method (Pavement Condition Index) and IRI method (International Roughness Index) are used. The objectives of this research are to determine the road damage level using the IKP method on the South Cilegon Ring Road, to determine the road roughness level using the IRI method on the South Cilegon Ring Road, to compare the values of road damage level using the IKP and IRI methods on the South Cilegon Ring Road, and to address road damage based on the road condition assessment results. The results of this study show that there are five types of damage on the South Cilegon Ring Road in both the right and left lanes: Line cracks, Punchout, Plate Separator, Corner cracks, and Large patches. The smoothness level (IRI) on the South Cilegon Ring Road in the left lane is in good condition with percentage values of 60% for good, 15% for fair, and 25% for severe damage. Meanwhile, in the right lane, the road condition is good with percentage values of 75% for good, 20% for fair, and 5% for light damage. The proposed solution for road condition management on the South Cilegon Ring Road as a whole, following Regulation of the Minister of Public Works No. 13/PRT/M/2011, is a routine maintenance program. The relationship between the road roughness value (IRI) and the road pavement damage value (IKP) is analyzed through regression analysis, resulting in the equation  $IKP = 0.0012(IRI)^2 - 0.1648(IRI) + 8.8719$ .

**Index Terms**— *International Roughness Indeks, Pavement Condition Index*

### I. PENDAHULUAN

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian Jalan, termasuk bangunan penghubung, bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah, dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel, jalan lori, dan jalan kabel [1].

Secara teknis, kerusakan jalan menunjukkan suatu kondisi dimana struktural dan fungsional jalan sudah tidak mampu memberikan pelayanan optimal terhadap lalu lintas yang melintasi jalan tersebut [2]. Jika terjadi kerusakan jalan akan berakibat bukan hanya terhalangnya kegiatan ekonomi dan social namun dapat terjadinya kecelakaan.

Untuk dapat menentukan tingkat kerusakan dan jenis perbaikan yang harus dilakukan terhadap suatu ruas jalan yang ditinjau, maka diperlukan suatu metode. Pada penelitian ini menggunakan metode IKP (Indeks Kondisi Perkerasan) dan IRI (*International Roughness Index*)

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nilai tingkat kerusakan jalan dengan metode IKP pada ruas Jalan Lingkar Selatan Cilegon
2. Mengetahui nilai tingkat kekasaran jalan dengan metode IRI pada ruas Jalan Lingkar Selatan Cilegon
3. Mengetahui hasil perbandingan nilai tingkat kerusakan jalan dengan metode IKP dan IRI pada ruas Jalan Lingkar Selatan Cilegon

4. Melakukan penanganan kerusakan jalan berdasarkan hasil penilaian kondisi jalan.

## II. METODE PENELITIAN

Teknik pengumpulan data merupakan langkah yang paling strategis dalam penelitian, karena tujuan utama dari penelitian adalah mendapatkan data. Tanpa mengetahui teknik pengumpulan data, peneliti tidak akan mendapatkan data yang memenuhi standar data yang ditetapkan. Teknik yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan cara observasi atau survei dengan cara sebagai berikut :

### A. Index Kondisi Perkerasan

IKP (Index Kondisi Perkerasan) adalah salah satu indikator untuk penilaian kondisi perkerasan jalan yang mempunyai rentang nilai mulai dari 0 sampai dengan 100, dengan nilai 0 menyatakan kondisi perkerasan paling jelek yang mungkin terjadi dan nilai 100 menyatakan kondisi perkerasan terbaik yang mungkin dicapai [3].

Prosedur pengukuran nilai IKP pada ruas jalan Lingkar Selatan Cilegon dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- a. Menentukan jenis kerusakan jalan dan tingkat kerusakan jalan dengan kriteria Rendah (R), Sedang (S) dan Tinggi (T)
- b. Menentukan Nilai Kerapatan Kerusakan  
Nilai Kerapatan kerusakan dilakukan untuk menentukan Nilai Pengurang (NP)
- c. Menentukan Nilai Pengurang (NP)  
Nilai Pengurang untuk setiap jenis kerusakan yang diperoleh dari kurva hubungan kerapatan dan tingkat keparahan kerusakan.
- d. Menentukan Nilai Pengurang Terkoreski (NPT)  
Nilai ini diperoleh dari kurva hubungan antara nilai pengurang total dengan jumlah individu nilai pengurang yang lebih besar dari 2 (q)
- e. Setelah NPT maksimum diperoleh, IKP setiap unit sampel dihitung dengan rumus :  
$$IKP = 100 - NPT \text{ maksimum}$$

### B. International Roughness Index

*International Roughness Index* (IRI) adalah index internasional yang menunjukkan besaran ketidakrataan permukaan jalan dalam satuan m/km [4]. Parameter IRI dipresentasikan dalam

suatu skala yang menggambarkan ketidakrataan dan kekasaran permukaan perkerasan jalan yang dirasakan pengendara dengan output nilai 0 – 12

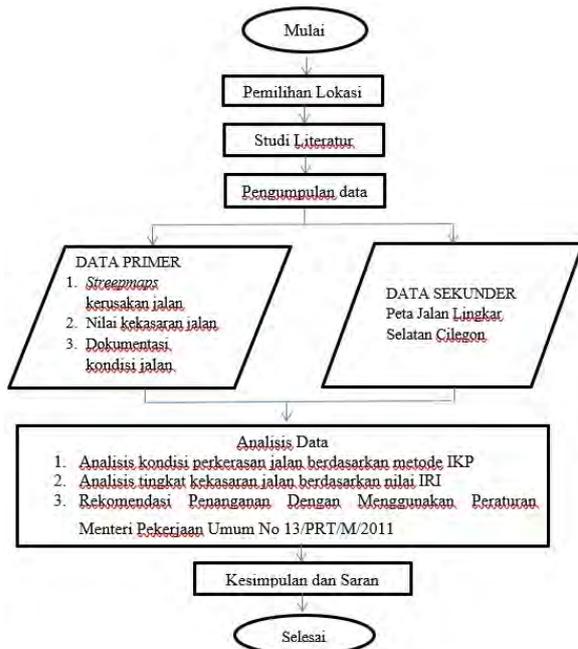
### C. Aplikasi *Roadroid*

*Roadroid* merupakan sebuah sistem monitoring kondisi jalan menggunakan perangkat-perangkat dalam smartphone, terutama *accelerometer* dan *Global Positioning System* (GPS) [5]. Dalam pengukuran *roughness* menggunakan *Roadroid*, terdapat tiga parameter yang harus dipertimbangkan. Parameter-parameter tersebut adalah kecepatan, jenis kendaraan dan model *smartphone* yang digunakan [4,5].

Prosedur pengukuran tingkat kekasaran pada ruas jalan Lingkar Selatan Cilegon dilakukan dengan urutan sebagai berikut.

- a. Mempersiapkan alat-alat yang dibutuhkan diantaranya: mobil survei, *smartphone android* yang sudah terinstal aplikasi *roadroid*, dan alat bantu holder.
- b. *Smartphone* ditempelkan pada alat bantu holder, kemudian letakan ditengah kaca depan mobil dengan posisi kamera mengarah kejalan.
- c. Pada saat aplikasi digunakan, pastikan GPS dan data seluler aktif agar *roadroid* dapat mengetahui lokasi kendaraan berada.
- d. Masuk ke aplikasi *roadroid*.
- e. Melakukan fitting adjustmen/kalibrasi saat kondisi kendaraan diatas permukaan yang rata, posisikan *smartphone* dalam keadaan stabil agar proses kalibrasi lebih mudah dilakukan. Kalibrasi akan berhasil jika tombol ok atau nilai pada x,y,z berwarna hijau.
- f. Pengaturan aplikasri *roadroid*.
  - 1) User email (Equipment ID)
  - 2) Android Device
  - 3) Vehicle Type
  - 4) cIRI Vehicle Sensitivity
  - 5) eIRI Sampelt Length
  - 6) Auto Photo Capture Sampelt Length
  - 7) Low Speed Lat/Lng Threshold
  - 8) Visible Bump Button
  - 9) Screen Orientation
- g. Melakukan *screenrecord* saat melakukan pengambilan data *roadroid*

h. Menentukan nilai IRI hasil dari survei aplikasi roadroid.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Penilaian IKP

Keseluruhan sampel jalan yang diteliti pada ruas Jalan Lingkar Selatan Cilegon terbagi menjadi 40 unit sampel yang terdiri dari 20 unit sampel pada lalur kiri dan 20 unit sampel pada lalur kanan. Hasil rekapitulasi perhitungan nilai Indeks Kondisi Perkerasan (IKP) untuk seluruh unit sampel yang terbagi 2 arah dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut

Tabel 1. Nilai IKP pada Lalur kanan

Stationing	Indeks	Kondisi Jalan
0+100	57	Sedang
0+200	68	Sedang
0+300	40	Jelek
0+400	100	Tidak rusak
0+500	74	Baik
0+600	34	Parah
0+700	20	Sangat Parah
0+800	54	Jelek
0+900	34	Parah
1+00	36	Parah
1+100	30	Parah

1+200	35	Parah
1+300	26	Parah
1+400	36	Parah
1+500	60	Sedang
1+600	54	Jelek
1+700	38	parah
1+800	25	Parah
1+900	71	Baik
2+000	17	Sangat Parah

Tabel 2. Nilai IKP pada Lalur kiri

Berdasarkan pemeriksaan dilapangan kerusakan yang terjadi di ruas Jalan Lingkar Selatan Cilegon pada lalur kanan dan lalur kiri

terdapat 5 jenis kerusakan yaitu : Retak garis, Punchout, Pemisah Plat, Retak sudut, dan Tambalan besar . Untuk lalur kiri persentase tertinggi sebesar 30% pada rating jelek dan sedang, 25% pada rating parah, 10% pada rating sangat parah dan 5% pada rating sangat baik. untuk lalur kanan persentase tertinggi sebesar 30% pada rating jelek, 20% pada rating sedang dan baik, 15% pada parah, 10% pada rating sangat baik, dan 5% pada rating hancur.

Melihat kondisi perkerasan yang telah mengalami kerusakan berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka di sarankan untuk dilakukan perbaikan. Usulan perbaikan yang digunakan harus disesuaikan dengan jenis kerusakannya sehingga diharapkan dapat meningkatkan kondisi perkerasan jalan tersebut [8] .

Tabel 3. Penanganan kerusakan pada lalur kanan

No	Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan	Nomor Sampel	Usulan Perbaikan
1.	Retak garis (8)	R	1,2,3,6,9,10,11,12,14,15,16,17,18,19,20	Belum perlu diperbaiki
		S	1,2,3,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	Pengisian celah/retak permukaan ( <i>sealing</i> )
		T	1,2,8,9,10,11,12,14,15,16,17,18,19,20	Pengisian celah/retak permukaan ( <i>sealing</i> )
2.	Punch out (14)	S	1,15,20	Pengisian celah/retak permukaan ( <i>sealing</i> )
		T	6,7,12,14,15,18,20	Pekerjaan struktur perkerasan

**Tabel 4.** Penanganan kerusakan pada lajur kiri

3.	Pemisah Plat (3)	S	1,2,5,6,7,9,12,13,16	Pengisian celah/retak permukaan ( <i>sealing</i> )
		T	1,2,3,5,6,7,8,9,10,13,18	Pekerjaan struktur perkerasan
4.	Retak Sudut (2)	R	1	Belum perlu diperbaiki
		S	2,6,9,15,18,20	Pengisian celah/retak permukaan ( <i>sealing</i> )
		T	1,12,16,20	Pengisian celah/retak permukaan ( <i>sealing</i> )
5	Tambalan Besar (9)	T	13	Overlay

B. Penilaian IRI

Perhitungan nilai IRI dilakukan menggunakan aplikasi roadroid, kemudian mendapatkan nilai IRI. Untuk nilai IRI pada STA 0+00-2+00 lajur kiri dan lajur kanan dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6 berikut.

**Tabel 6.** Nilai IRI pada lajur kanan

Stationing	IRI	
	Indeks	Kondisi Jalan
0+100	5,4	Sedang
0+200	3,8	Baik
0+300	2,9	Baik
0+400	2,2	Baik
0+500	1,5	Baik
0+600	5,3	Sedang
0+700	5,6	Sedang
0+800	5,4	Sedang
0+900	2,1	Baik
1+00	2	Baik
1+100	2,3	Baik
1+200	1,7	Baik

3.	Pemisah Plat (3)	R	16	Pengisian celah/retak		
		No	Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan	Nomor Sampel	Usulan Perbaikan
		S	1,3,6,7,8,9,10,13,14,15,18,19	Pengisian celah/retak permukaan ( <i>sealing</i> )	1,2,3,9,11,12,13,14,15,16,17,18,20	Belum diperbaiki
		T	3,5,6,7,8,9,10,11,12,13,17,18,20	Pekerjaan struktur perkerasan	1,2,3,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20	Pengisian celah/retak permukaan ( <i>sealing</i> )
4.	Retak Sudut (2)	R	8	Belum perlu diperbaiki	2,3,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20	Pengisian celah/retak permukaan ( <i>sealing</i> )
		S	2,3,5,12,13,17	Pengisian celah/retak permukaan ( <i>sealing</i> )	1,12,13,14,15,16,17,18,19,20	
		T	1,3,6,7,10,11,12,13,14	Pengisian celah/retak permukaan ( <i>sealing</i> )	1,14	Pengisian celah/retak permukaan ( <i>sealing</i> )
		T	5,13,17	Overlay	3,6,7,9,10,11,17,18,20	Pekerjaan struktur perkerasan

1+300	3,5	Baik
1+400	3,2	Baik
1+500	3,5	Baik
1+600	2,3	Baik
1+700	1,9	Baik
1+800	2,4	Baik
1+900	2	Baik
2+000	1,8	Baik

Tabel 7. Nilai IRI pada lajur kiri

Stationing	IRI	
	Indeks	Kondisi Jalan
0+100	10,8	Rusak ringan
0+200	10,6	Rusak ringan
0+300	10,2	Rusak ringan
0+400	7,3	Sedang
0+500	3,6	Baik
0+600	13,1	Rusak ringan
0+700	12,9	Rusak ringan
0+800	14,8	Rusak ringan
0+900	3,8	Baik
1+00	4,4	Sedang
1+100	2,4	Baik
1+200	2,2	Baik
1+300	2,5	Baik
1+400	3,1	Baik
1+500	2	Baik
1+600	1,8	Baik
1+700	2,9	Baik
1+800	2,3	Baik
1+900	1,7	Baik
2+000	1,8	Baik

Dari hasil perhitungan nilai *IRI* (*International Roughness Index*) diketahui pada lajur kiri kondisi jalan baik nilai persentase 60%, sedang 10%, dan rusak ringan 30%. Sedangkan pada lajur kanan kondisi jalan baik nilai persentase 80% dan sedang 20%. Penanganan Jalan Menurut PERMEN PU No: 13/PRT/M/2011 [9].

Untuk penanganan kondisi jalan setiap segmen dianalisis dari nilai IRI dengan lalu lintas harian

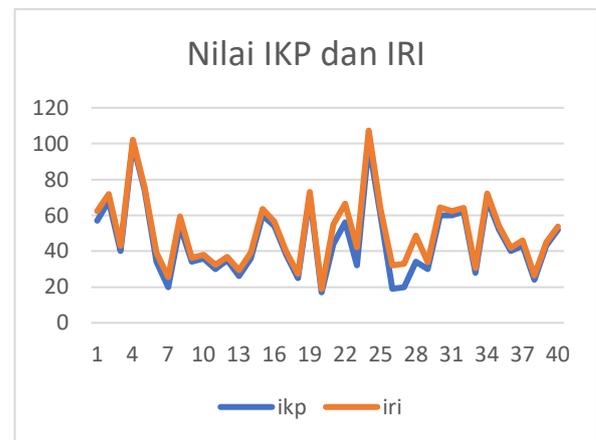
rata – rata tahunan sebesar 4557 smp/hari, maka diperoleh hasil pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Persentase Penanganan Kondisi Jalan

Kondisi Jalan	Presentase (%)	Program Penanganan
Baik (B)	65	Pemeliharaan Rutin
Sedang (S)	15	Pemeliharaan Berkala
Rusak Ringan (RR)	20	Rehabilitasi
Rusak Berat (RB)	0	Rekonstruksi

Dari hasil pada Tabel diatas diketahui kondisi ruas jalan Lingkar Selatan Cilegon ini didominasi kondisi baik sebesar 65%, Sedang sebesar 15% dan rusak ringan sebesar 20%. Dari hasil tersebut kemudian dilakukan program penanganan jalan dengan pemeliharaan rutin untuk kondisi jalan dengan kategori baik, sedangkan Pemeliharaan Berkala untuk kategori sedang, dan Rehabilitasi untuk kondisi jalan dengan kategori rusak ringan.

Hasil analisis perbandingan nilai kondisi jalan dengan nilai kekasaran jalan dapat dilihat pada gambar 2 untuk lajur kanan dan lajur kiri.



Gambar 2. Nilai IKP dan IRI Lajur Kanan dan Lajur Kiri

Berdasarkan Gambar 2 memperlihatkan variasi dari data antara nilai IKP dan nilai *IRI*. Analisis hubungan korelasi antara nilai *IRI* dengan nilai IKP dilakukan dengan menggunakan persamaan polynomial kemudian diambil hasil

yang memberikan nilai  $R^2$ . Penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada analisis berikut.

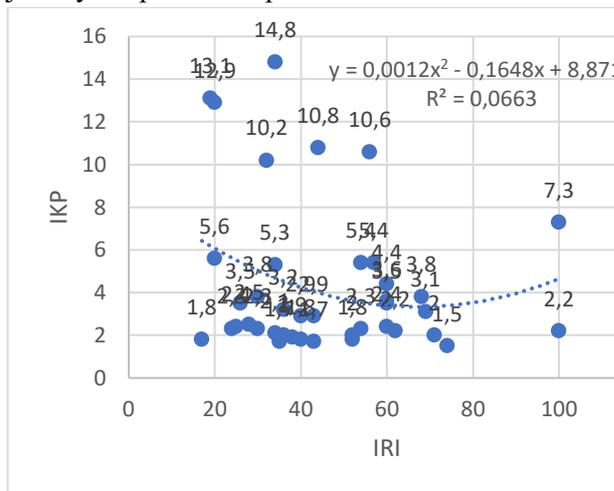
Analisis Polynomial Nilai  $IRI$  dengan Nilai  $IKP$  pada ke-2 Lajur

Dari analisis polynomial didapatkan nilai persamaan:

$$IKP = 0,0012IRI^2 - 0,1648 IRI + 8,8719$$

$$R^2 = 0,0663$$

Koefisien determinasi ( $R^2$ ) menunjukkan bahwa persamaan yang didapat mampu menjelaskan pengaruh nilai ketidakrataan jalan ( $IRI$ ) terhadap kerusakan permukaan jalan ( $IKP$ ) adalah sebesar 6,6 % sedangkan 93,4 % dari nilai kerusakan permukaan jalan tidak berpengaruh terhadap nilai kekasaran jalan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



**Gambar 3.** Grafik Korelasi antara  $IRI$  dan  $IKP$  Ke-2 Lajur

Dari Gambar 3 diatas didapat nilai  $R^2$  sebesar **0,0663** hal ini menunjukkan bahwa hubungan korelasi nilai  $IRI$  dan nilai  $IKP$  memiliki sifat hubungan positif dan pengaruh nilai  $IRI$  terhadap nilai  $IKP$  adalah positif hal ini menunjukkan bahwa ketika terdapat kerusakan pada perkerasan jalan maka akan mempengaruhi kekasaran pada permukaan jalan, dan ketika terdapat kerusakan pada perkerasan jalan maka akan mempengaruhi tingkat perkerasan pada jalan. Maka jenis hubungan korelasi nilai  $IRI$  dengan  $IKP$  memiliki sifat hubungan positif, namun nilai korelasi dari hubungan tersebut tidak besar, dikarenakan pengambilan data nilai  $IKP$  dan  $IRI$  berbeda. Dimana untuk pengambilan data pada  $IKP$

menggunakan survei jenis kerusakan dan tingkat kerusakan jalan sedangkan untuk pengambilan data  $IRI$  menggunakan *roadroid* yang terpasang pada mobil yang dimana roda mobil hanya melintasi jalur yang dilintasinya saja.

#### IV. KESIMPULAN

1. Kerusakan yang terjadi di ruas Jalan Lingkar Selatan Cilegon pada lajur kanan dan lajur kiri terdapat 5 jenis kerusakan yaitu : Retak garis, Punchout, Pemisah Plat, Retak sudut, dan Tambalan besar . Untuk lajur kiri persentase tertinggi sebesar 30% pada rating jelek dan sedang, 25% pada rating parah, 10% pada rating sangat parah dan 5% pada rating sangat baik. untuk lajur kanan persentase tertinggi sebesar 30% pada rating jelek, 20% pada rating sedang dan baik, 15% pada parah, 10% pada rating sangat baik, dan 5% pada rating hancur.
2. Tingkat kerataan ( $IRI$ ) di ruas Jalan Lingkar Selatan Cilegon pada lajur kiri kondisi jalan baik nilai persentase 60%, sedang 15%, dan rusak berat 25%. Sedangkan pada lajur kanan kondisi jalan baik nilai persentase 75%, sedang 20%, dan rusak ringan 5%.
3. Usulan untuk penanganan kondisi jalan pada ruas Jalan Lingkar Selatan Cilegon secara keseluruhan sesuai Permen PU No. 13/PRT/M/2011 adalah program pemeliharaan rutin.
4. Hubungan antara nilai kekasaran jalan ( $IRI$ ) dengan nilai kerusakan perkerasan jalan ( $IKP$ ) dilakukan dengan analisis yaitu : analisis polynomial yang menghasilkan persamaan  $IKP = 0,0012IRI^2 - 0,1648 IRI + 8,8719$  Dengan nilai Koefisien determinasi ( $R^2$ ) menunjukkan bahwa persamaan yang didapat mampu menjelaskan pengaruh nilai ketidakrataan jalan ( $IRI$ ) terhadap kerusakan permukaan jalan ( $IKP$ ) adalah sebesar 6,6 % sedangkan 93,4 % dari nilai kerusakan permukaan jalan tidak berpengaruh terhadap nilai kekasaran jalan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indonesia, “Undang-undang (UU) Nomor 2 Tahun 2022 tentang Perubahan Kedua

- atas Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan,” vol. 2, 2022.
- [2] S. Sukirman, “Perkerasan lentur jalan raya,” (*No Title*), 1999.
- [3] K. P. Umum and P. Rakyat, “Penentuan indeks kondisi perkerasan (IKP),” *SE Menteri PUPR*, no. 19/SE/M/2016, 2016.
- [4] D. Binamarga, “Pedoman Survai Kekasaran Permukaan Jalan dengan Alat NAASRA dan Visual,” *Dep. Pekerj. Umum, Jakarta*, 2010.
- [5] L. Forslöf and H. Jones, “Roadroid: Continuous road condition monitoring with smart phones,” *J. Civ. Eng. Archit.*, vol. 9, no. 4, pp. 485–496, 2015.
- [6] H. Halim and I. Mustari, “pemanfaatan aplikasi roadroid untuk survey kondisi jalan di kota makassar,” in *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 2019, vol. 4, no. 1, pp. 39–44.
- [7] E. Y. Adiman, “Analisis Kondisi Perkerasan Jalan Metode IRI dan RCI Menggunakan Aplikasi Roadroid Jalan Kubangraya, Pekanbaru,” *J. Tek.*, vol. 21, no. 2, pp. 126–132, 2021.
- [8] A. C. Soeseno and A. N. Tajudin, “Evaluasi kondisi perkerasan jalan nasional serta alternatif penanganannya (studi kasus: jalan daan mogot),” *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, pp. 753–766, 2021.
- [9] P. P. P. U. RI, “Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan (No. 13/PRT/M/2011),” *BAB VII, Menteri Pekerj. Umum, Jakarta*, 2011.

# PENYEBAB PERBAIKAN KEBOCORAN PIPA AIR BERSIH PADA JALAN RAYA KOTA SUNGAI PENUH

Maria Ilvani<sup>1</sup>, Nasfryzal Carlo<sup>2</sup>, Zuherna Mizwar<sup>3</sup>

Mahasiswa Magister Teknik Sipil Universitas Bung Hatta<sup>1</sup>  
Dosen Magister Teknik Sipil Universitas Bung Hatta<sup>2,3</sup>

[2010018312040@bunghatta.ac.id](mailto:2010018312040@bunghatta.ac.id)<sup>1</sup>

*Abstract - Water distribution pipe is one of the most basic infrastructure of any modern organization from small villages to cities. Based on data from Perumda Tirta Khayangan, Sungai Penuh City in 2022; The level of leaks and distribution pipe repair location in the last three years has increased by 34.56% with repairs of 963 location in 2020, 1,042 location in 2021 and 865 location in 2022. The location of repairment for water distribution pipe is mostly on roads and/or across roads, causing disruption to the road and even traffic due to seepage caused when leaks occur or when repairs are carried out. Therefore, this research was carried out to determine the factors that influence the repairment of leaked piping and leaked of clean water distribution pipe on the highways of Sungai Penuh City. The method used is quantitative descriptive by distributing questionnaires to respondents. The number of respondents was 35 people. The research results show five factors that influence distribution pipe repairment, such as pipe condition and environments, pipe specifications and human resources, operations and management, as well as technical documents and coordination. Based on these five factors, it was found that the most influential factors were pipe conditions and soil conditions.*

**Keywords – Pipe Repairment, Leakage Rate, Roads, Clean Water, Pipe Condition and Environments, Sungai Penuh City**

**Abstrak**—Jaringan pipa distribusi air adalah salah satu infrastruktur paling dasar dari setiap permukiman modern dari desa kecil hingga kota. Berdasarkan data profil Perumda Tirta Khayangan Kota Sungai Penuh tahun 2022; tingkat kebocoran dan titik perbaikan jaringan pipa tiga tahun terakhir meningkat yaitu sebesar 34,56% dengan perbaikan sebanyak 963 titik pada tahun 2020, 1.042 titik pada tahun 2021 dan sebanyak 865 titik pada tahun 2022. Letak titik perbaikan perpipaan distribusi air bersih tersebut sebagian besar berada di jalur jalan dan/atau melintas jalan, sehingga menyebabkan terganggunya badan jalan bahkan lalu lintas akibat rembesan yang ditimbulkan saat terjadinya kebocoran ataupun saat dilakukan perbaikan. Oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi perbaikan kebocoran perpipaan dan perbaikan kebocoran air bersih pada jalan raya Kota Sungai Penuh. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif melalui penyebaran kuesioner kepada responden. Jumlah responden 35 orang. Hasil penelitian menunjukkan lima faktor yang mempengaruhi perbaikan perpipaan yaitu faktor kondisi pipa dan lingkungan, spesifikasi pipa dan sumber daya manusia, operasional dan manajemen, serta dokumen teknis dan koordinasi. Berdasarkan lima faktor tersebut ditemukan faktor yang paling berpengaruh adalah kondisi pipa dan kondisi tanah.

**Kata kunci – Perbaikan Perpipaan, Tingkat Kebocoran, Jalan Raya, Air Bersih, Kondisi Pipa dan Lingkungan, Kota Sungai Penuh**

## I. PENDAHULUAN

Jaringan pipa distribusi air adalah salah satu infrastruktur paling dasar dari setiap permukiman modern dari desa kecil hingga kota metropolitan

besar. Pengoperasian yang tepat dari sistem ini sangat penting dari sudut pandang kesehatan penduduk, standar hidup dan efisiensi industry [1]. Dan sebagai perpanjangan tangan Pemerintah

Kota Sungai Penuh dalam pemenuhan layanan air bersih, Perumda Tirta Khayangan melakukan pengopersian dan pemeliharaan jaringan pipa distribusi air bersih agar menjaga kelancaran suplai kebutuhan air bersih ke masyarakat Kota Sungai Penuh.

Penanganan kebocoran jaringan perpipaan distribusi air bersih memiliki tingkat kesulitan yang cukup tinggi secara teknis maupun pembiayaannya. Secara teknis, kebocoran yang terlihat langsung dengan adanya rembesan/luapan air di jalur pipa distribusi bisa diselesaikan secara langsung di lapangan. Kendala lain yang dihadapi untuk mengatasi kebocoran jaringan perpipaan yaitu terbatasnya anggaran atau dana, laporan atau keluhan pelanggan yang lama dan kegiatan peremajaan pipa pada titik tertentu saja atau tidak secara keseluruhan [2].

Berdasarkan data Profil Perumda Tirta Khayangan Kota Sungai Penuh Tahun 2022 tingkat kebocoran sebesar 34,56% dengan 325 titik perbaikan pipa untuk tahun 2019, 963 titik perbaikan pipa di tahun 2020, 1.042 titik perbaikan pipa pada tahun 2021 dan sebanyak 865 titik perbaikan pipa yang dilakukan tahun 2022.



Gambar 1. Grafik Perbaikan Kebocoran Pipa

Letak perpipaan distribusi air bersih sebagian besar berada di jalur jalan dan melintas jalan, sehingga disaat terjadinya kebocoran dan dilakukannya perbaikan sering menimbulkan rembesan dan gangguan terhadap badan jalan dan lalu lintas jalan akibat rembesan dan pekerjaan perbaikan kebocoran tersebut.

Luas jaringan perpipaan yang terpasang dan melayani Kota Sungai Penuh memiliki beragam tahun pemasangan. Berdasarkan profil Perumda Kota Sungai Penuh, pemasangan pipa distribusi sudah dimulai sejak tahun 1985 sampai dengan

2022 dengan berbagai program dibidang peningkatan maupun optimalisasi yang bersumber dana mulai dari APBN, APBD Propinsi, APBD Kota dan Swadaya Perumda Tirta Khayangan [3].

Sistem pengaliran distribusi yang diterapkan selama jam operasional ada 2 (dua) jenis, yaitu secara gravitasi dan perpompaan. Hal ini tentunya menimbulkan adanya perbedaan tekanan yang terjadi selama operasional pengaliran. Berdasarkan laporan teknik unit distribusi Perumda Tirta Khayangan untuk pelayanan yang memakai sistem perpompaan bersumber dari Instalasi Pengolahan Air (IPA) Rawang dan Tanah Kampung. Sedangkan yang menggunakan sistem gravitasi bersumber dari IPA Kumun Debai dan Unit Pelayanan Sungai Penuh.

Kebocoran pipa terjadi disebabkan oleh kondisi fisik pipa yang berkaitan dengan sifat-sifat pipa seperti umur, material, Panjang, tebal dan kedalaman pemasangan pipa serta keadaan lalu lintas, jenis tanah, korosi tanah, suhu, curah hujan, resistivitas tanah, prositas dan kepadatan tanah merupakan kondisi lingkungan mempengaruhi terjadinya kebocoran pipa dan cara perbaikan dari kebocoran pipa tersebut [4].

Peranan manajemen organisasi yang mengelola dan pemangku kepentingan akan kebutuhan air masyarakat memiliki peranan penting dan tanggung jawab dalam penanganan kebocoran air yang terjadi [5].

Data dokumentasi, peta jaringan dan teknologi informasi menjadi kelengkapan yang mendukung dalam upaya awal mendeteksi kebocoran pipa yang selanjutnya dilakukan perbaikan kebocoran [6].

Kebocoran air yang terjadi menimbulkan kerugian cukup besar, sehingga diperlukan peran manajemen khususnya *public relation* mengatasi ini secara pandangan bisnis [7].

Rujukan [8] mendapatkan hasil beberapa indikator yang mempengaruhi terjadinya kebocoran pipa antara lain panjang pipa, ukuran/diameter pipa, tekanan air. Sedangkan secara umum faktor - faktor yang menyebabkan kerusakan/kebocoran tata air/pengaliran air di Perancis ada 3 hal yaitu faktor fisik, faktor lingkungan dan faktor operasional [9].

Secara garis besar faktor utama yang mempengaruhi kebocoran pipa yaitu intrinsik pipa, lingkungan dan operasional di Inggris [10].

Langkah awal investigasi kebocoran dilakukan dengan identifikasi dan *sounding* kebocoran serta kebutuhan biaya untuk perbaikan kebocoran, biaya peralatan/bahan baku dan biaya tenaga kerja [11]. Dalam hal mengatasi kebocoran pipa terdapat 4 (empat) indikator strategi untuk mengatasi kehilangan air, antara lain perencanaan, pelaksanaan, Penganggaran, pengawasan [12].

Rujukan [13] penyebab sering terjadinya kebocoran adalah letak pipa yang tidak dipertimbangkan kondisi hidrauliknya, ini pun sesuai dengan hasil penelitian [14] mengenai analisis faktor fisik dan operasional jaringan distribusi air bersih yang mempengaruhi pola spasial titik kebocoran pipa dengan variabel yang mempengaruhi kebocoran yaitu jumlah titik bocor, usia pipa, diameter pipa, rasio Panjang pipa, rasio debit dan tekanan kerja/hidraulik.

Usia pipa mempengaruhi besarnya kemungkinan terjadi kerusakan pipa seperti kebocoran [15]. Pengelolaan sistem distribusi air yang efisien dan efektif memiliki tantangan terkait penuaan infrastruktur (usia pipa), pertumbuhan populasi (kepadatan penduduk), perluasan urbanisasi (Panjang pipa), dampak perubahan iklim dan pencemaran lingkungan [16].

Mendapatkan hasil penelitian yang dilakukan di Aljazair ada 2 (dua) faktor yang mempengaruhi pemeliharaan pipa dari kerusakan / kegagalan / kebocoran, yaitu faktor internal (panjang, diameter, kedalama, jenis material, umur dan letak pipa) serta faktor eksternal (jenis tanah, keberadaan air tanah, lokasi jaringan utilitas lain, dan lalu lintas).

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif melalui penyebaran kuisisioner kepada responden dengan jumlah responden sebanyak 35 orang terdiri dari Perumda Tirta Khayangan 25 orang dan Dinas PUPR 10 orang. Kuisisioner yang disebarkan berisi mengenai faktor dan variabel yang mempengaruhi perbaikan kebocoran perpipaan air bersih.

Selanjutnya melakukan pengukuran kuisisioner menggunakan Skala Likert dengan skala sebagai berikut untuk angka 5 = sangat berpengaruh (SB), angka 4 = berpengaruh (B), angka 3 = cukup berpengaruh (CB), angka 2 = kurang berpengaruh (KB) dan angka 1 = tidak berpengaruh (TB). Setelah dilakukannya pengukuran kuisisioner dilanjutkan pembuatan kuisisioner setelah didapat faktor, variabel.

Tabel 1. Faktor dan Variabel Yang Mempengaruhi Perbaikan Kebocoran Perpipaan Air Bersih

Faktor	Variabel	Kode	
Kondisi Fisik (X1)	- Panjang Pipa	X1	1
	- Material Pipa	X1	2
	- Jenis Perlengkapan Pipa	X1	3
	- Diameter Pipa	X1	4
	- Umur Pipa	X1	5
	- Ketebalan Pipa	X1	6
	- Kedalaman pemasangan pipa	X1	7
Lingkungan Sekitar (X2)	- Lalu Lintas	X2	8
	- Jenis dan kondisi Tanah	X2	9
	- Cuaca (Suhu dan Curah Hujan)	X2	10
	- Air Tanah	X2	11
	- Aktivitas Tanah	X2	12
	- Kepadatan Penduduk/Permukiman	X2	13
Operasional (X3)	- Biaya Operasional	X3	14
	- Teknologi yang digunakan	X3	15
	- Manajemen	X3	16
	- Kelengkapan peralatan	X3	17
Organisasi Personalia (X4)	- Jenis pengaliran dan tekanan air untuk pekerjaan	X4	18
	- SDM tenaga perbaikan	X4	19
	- Pengaturan dan penyusunan rencana Tindakan perbaikan	X4	20
	- Rasio jumlah karyawan dengan kebutuhan perbaikan	X4	21
	- Pemahaman pimpinan terhadap perbaikan	X4	22

Faktor	Variabel	Kode
Dokumentasi (X5)	- Koordinasi antara stakeholder	X5 23
	- Kelengkapan dan pedoman SOP perbaikan	X5 24
	- Kelengkapan peta dan gambar	X5 25

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kusioner diedarkan secara langsung kepada responden, dengan total kusioner yang disebar adalah sebanyak 35 kusioner dan seluruhnya dapat diolah.

Tabel 2. Tabel Kuisisioner

Keterangan	Jumlah	Persen (%)
Kusioner yang diedarkan	35	100
Kusioner diisi/kembali	35	100
Kusioner yang rusak	0	0

Tahapan analisis untuk tujuan pertama penelitian, yaitu mengidentifikasi faktor-faktor perbaikan kebocoran perpipaan air bersih, telah ditemukan dari dasar teori ataupun tinjauan pustaka dan dilakukan tahapan analisis dengan melakukan uji KMO dan Bartlett's, uji validitas dan uji reliabilitas, disimpulkan bahwa semua faktor merupakan faktor yang teridentifikasi dan hal ini dibuktikan dari tahapan analisis yang telah dilakukan.

Dibandingkan dengan penelitian terdahulu [15] menemukan 2 (dua) faktor yang mempengaruhi pemeliharaan pipa dari kerusakan/kegagalan/kebocoran, yaitu faktor internal (panjang, diameter, kedalama, jenis material, umur dan letak pipa) serta faktor eksternal (jenis tanah, keberadaan air tanah, lokasi jaringan utilitas lain, dan lalu lintas) dan penelitian [7] mendapatkan hasil beberapa indikator yang mempengaruhi terjadinya kebocoran pipa antara lain panjang pipa, ukuran/diameter pipa, tekanan air. Sedangkan secara umum faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan/kebocoran tata air/pengaliran air di Perancis ada 3 hal yaitu faktor fisik, faktor lingkungan dan faktor operasional [8]. Dibandingkan dengan penelitian ini faktor yang

mempengaruhi perbaikan kebocoran perpipaan air bersih pada jalan raya Sungai Penuh adalah faktor kondisi fisik, lingkungan sekitar, operasional, organisasi personal, dokumentasi. Hal ini membuktikan bahwa dalam kebocoran perpipaan air bersih dipengaruhi oleh faktor eksternal dan faktor internal.

Berdasarkan faktor *Loading* diperoleh 4 faktor baru penelitian yang terbentuk dari pembagian masing-masing variabel pada *component matrix*, sehingga untuk tahapan analisis selanjutnya faktor dan variabel yang digunakan adalah faktor baru yang terbentuk, adapun penamaan masing-masing faktor baru yang terbentuk.

Tabel 3. Pembentukan Faktor Baru

No	Variabel	Faktor Baru
1	X1.1 Panjang Pipa	Kondisi Pipa dan Kondisi Tanah
	X1.2 Material Pipa	
	X1.5 Umur Pipa	
	X1.7 Kedalaman pemasangan pipa	
	X2.1 Lalu Lintas	
	X2.2 Jenis dan kondisi Tanah	
	X2.3 Cuaca (Suhu dan Curah Hujan)	
	X2.4 Air Tanah	
	X2.5 Aktivitas Tanah	
2	X2.6 Kepadatan Penduduk/Permukiman	Spesifikasi Pipa dan SDM
	X1.3 Jenis Perlengkapan Pipa	
	X1.4 Diameter Pipa	
	X1.6 Ketebalan Pipa	
	X4.1 Jenis pengaliran dan tekanan air untuk pekerjaan	
	X4.2 SDM Tenaga perbaikan	
	X4.3 Pengaturan dan penyusunan rencana Tindakan perbaikan	
3	X4.4 Rasio jumlah karyawan dengan kebutuhan perbaikan	Operasional dan Manajemen
	X3.1 Biaya Operasional	
	X3.2 Teknologi yang digunakan	
	X3.3 Manajemen	
	X3.4 Kelengkapan peralatan	

No	Variabel		Faktor Baru
	X4.5	Pemahaman pimpinan terhadap perbaikan	
4	X5.1	Kelengkapan dan pedoman SOP perbaikan	Dokumen Teknis Dan Koordinasi
	X5.2	Koordinasi antara stakeholder	
	X5.3	Kelengkapan peta dan gambar	

Berdasarkan tujuan kedua penelitian yaitu menentukan faktor utama/dominan yang mempengaruhi perbaikan kebocoran perpipaan air bersih pada jalan raya Kota Sungai Penuh, dari hasil analisis faktor diperoleh bahwa faktor dominan yang mempengaruhi perbaikan kebocoran perpipaan air bersih pada jalan raya Kota Sungai Penuh yaitu kondisi *eksisting* pipa dan lingkungan dengan tingkat persentase *extraction* yaitu sebesar 56,996%.

#### IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa yang terkait dengan faktor yang mempengaruhi perbaikan kebocoran perpipaan air bersih pada jalan raya Kota Sungai Penuh diperoleh faktor kondisi pipa dan lingkungan, spesifikasi pipa dan SDM, operasional dan manajemen, dokumen teknis dan koordinasi.

Faktor dominan yang mempengaruhi perbaikan kebocoran perpipaan air bersih pada jalan raya Kota Sungai Penuh, yaitu faktor kondisi pipa dan lingkungan, dengan tingkat persentase *extraction* yaitu sebesar 56,996% yang terdiri dari variabel Panjang pipa, material pipa, jenis perlengkapan pipa, kedalaman pemasangan pipa, lalu lintas, jenis dan kondisi tanah, cuaca, air tanah, aktivitas tanah dan kepadatan penduduk/pemukiman.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wéber, R., Huzsvár, T. and Hős, C. (2020) 'Vulnerability analysis of water distribution networks to accidental pipe burst', *Water Research*, 184. doi: 10.1016/j.watres.2020.116178.
- [2] Searphin, N., Ika, M. and Juli, N. (2018) 'Analisa Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Menggunakan

- EPANET 2.0', *TEKNIK*, p-ISSN:0852-1697, e-ISSN:240-9919 doi: 10.14710/teknik.v39n1.15192.
- [3] Rencana Bisnis PDAM Tirta Khayangan Kota Sungai Penuh. *Corporate Plan 2019-2023*. Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Khayangan Kota Sungai Penuh.
- [4] Ardakani, Y.A, Najafzadeh, M. (2021). Pipe Break Rate Assesment While Considering Physical And Operational Factor: A Methodology Based On Global Positioning System And Data – Driven Techniques. *Water Resources Management*. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02911-6>.
- [5] Sudiatmika, A.W.I. (2023). Analisis NRW Pada Perumda Air Minum Tirta Mangutama Kabupaten Bandung. *Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil – Vol.6, No.1*. ISSN 2615-7195 (e).
- [6] Ashri,F. (2021). Deteksi Dini Kebocoran Pipa Jaringan Air Bersih Melalui Partisipasi Masyarakat Lokal Berbasis Teknologi Informasi. *Jurnal Planoeath*. PWK FT-UMMat. e-ISSN: 2615-4226. <http://www.researchgate.net/publication/364916520>
- [7] Duym, L.M. (2022). Manajemen Krisi Perusahaan Swasta Dalam Menangani Kebocoran Pipa Air Di Jakarta. Universitas Kristen Indonesia.
- [8] Badaruddin, S, Djufri, H, Subhan, A, M, Faisal, M.A, & Chaerul, M. (2023). Analisis Faktor Pengelolaan Distribusi Air Bersih pada PDAM Wai Tupalayo Desa Salarri Kec. Limboro Kab. Polewali Mandar. *Journal of Applied Civil and Environmental Engineering – Vol.3, No.1*. (e)ISSN 2775-0213.
- [9] Large, A, Gat, L.Y, Elachachi, M.S, Renaud, E, & Breysse, D. (2014). Decision Support Tools: Review of Risk Models in Drinking Water Network Asset Management. *Vulnerability, Uncertainty, and Risk ©ASCE 2014*.
- [10] Barton, N.A, Farewell, T.S, & Hallet, S.H. (2019). Improving Pipe Failure Predictions: Factors Affecting Pipe Failure In Drinking Water Networks. *Water Research* 164 (2019) 114926. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114926>
- [11] Rita, D.K, Nugraha, W. (2010). Kehilangan Air Akibat Kebocoran Pipa Pada Jalur Distribusi PDAM Kota Magelang. *Jurnal Presipitasi Vol. 7 No.2*. ISSN 1907-187X.
- [12] Elfizalina., Prastya, I., Setiawan, R. (2019). Strategi PDAM Tirta Kepri Dalam Mengatasi Tingkat Kehilangan Air. Universitas Maritim Raja Ahli Haji Tanjung Pinang.
- [13] Rusyda, M.I, Wahyuningsih, T, Isfanari. (2019). Pengenalan Model Evaluasi Kondisi Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Pasca Gempa. *Jurnal Sinergi: Pengabdian UMMAT*. Vol.1, No.2. e-ISSN: 2656-4661.
- [14] Hanggara, Y.A, Kurniawan, F, & Prawito, A. (2022). Analisa Faktor Fisik dan Operasional Jaringan Distribusi Air Bersih Yang Mempengaruhi Pola Spasial Titik Kebocoran Pipa Pada Kawasan Industri Pier. *Narotama Jurnal Teknik Sipil – Vol.6, No.2*. e-ISSN: 2460-3430.
- [15] Renaud, E.Y, Gat, L.Y, & Poulton, M. (2012). Using A Break Prediction Model For Drinking Water Networks Asset Management: From Research to Practise: *Water Science & Technology: Water Supply*. doi:10.2166/ws.2012.040
- [16] Nedjar, N.H, Algeria, A, Djemili, L. (2022). Application of The Analytical Hierarchy Process For Planning The Rehabilitation of Water Distribution Networks. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*. DOI 10.1108/AGJSR-07-2022-0110. <https://www.emerald.com/insight/1985-9899.htm>.

## PENENTUAN KRITERIA SKALA PRIORITAS PEMELIHARAAN RUTIN JALAN

(Studi Kasus Ruas Jalan Provinsi Jawa Barat di Kabupaten Sukabumi )

Asep Suhana<sup>1)</sup>, Abdul Muiz<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung

Email address: [asuhana1963@gmail.com](mailto:asuhana1963@gmail.com), [muizbpj2@gmail.com](mailto:muizbpj2@gmail.com)

**Abstrak**— Pemeliharaan jalan adalah kegiatan penanganan ruas jalan yang berupa pencegahan, perawatan dan perbaikan jalan yang diperlukan untuk mempertahankan kondisi jalan sesuai umur rencana yang ditetapkan. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pola pengelolaan pemeliharaan jalan. Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan mengenai prioritas pemeliharaan rutin jalan Provinsi Jawa Barat pada UPTD Pengelolaan Jalan dan Jembatan Wilayah Pelayanan II di Wilayah Kabupaten Sukabumi, ditemukan bahwa kriteria prioritas penanganan pemeliharaan rutin jalan adalah aksesibilitas memiliki pengaruh tingkat kepentingan dengan bobot 0,28 (28%) kemudian disusul dengan kriteria kondisi ruas jalan dengan bobot 0,25 (25%), selanjutnya kriteria mobilitas dengan bobot 0,24 (24%) dan terakhir kriteria arus lalu lintas dengan bobot 0,24 (24%). Pemeliharaan jalan sangat penting untuk dilaksanakan guna mempertahankan kondisi jalan yang layak (*performance standard*).

**Kata Kunci** : AHP, aksesibilitas, kondisi ruas jalan, mobilitas, arus lalu lintas.

**Abstract**— Road maintenance is an activity involving the handling of road sections through prevention, maintenance, and repairs necessary to preserve the road's condition according to the designated lifespan. The objective of this research is to identify and analyze factors that can influence the pattern of road maintenance management. Based on the data processing results and discussions regarding the prioritization of routine road maintenance in the West Java Province at the Road and Bridge Management Unit in Service Area II in the Sukabumi Regency, it was found that the criteria for prioritizing routine maintenance handling are as follows: accessibility has an influence level of importance with a weight of 0.28 (28%), followed by the criteria of road condition with a weight of 0.25 (25%), next is the criteria of mobility with a weight of 0.24 (24%), and finally, the criteria of traffic flow with a weight of 0.24 (24%). Road maintenance is crucial to be carried out to preserve the road's condition according to performance standards

**Keywords**: AHP, accessibility, road condition, mobility, traffic flow.

### I. PENDAHULUAN

Peran penting pembangunan suatu daerah adalah untuk meningkatkan perekonomian serta mengatasi kesenjangan antar daerah. Upaya untuk mengurangi kesenjangan antar daerah harus dapat dilakukan dengan melaksanakan berbagai strategi, kebijakan dan rencana pembangunan yang terintegrasi, terkoordinir, tersinkronisasi, berkelanjutan dan harmonis, [1]. Berbagai upaya telah dilakukan pemerintah untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi, khususnya untuk menggerakkan sektor riil yang secara langsung menyangkut kehidupan masyarakat. Diantara berbagai sektor yang direncanakan pemerintah, Sektor industri jasa konstruksi terutama dalam bidang infrastruktur jalan, dapat meningkatkan aksesibilitas dan ruang

mobilitas masyarakat terhadap kegiatan sosial dan ekonomi. Begitupun dengan kota Sukabumi, yang merupakan suatu wilayah terletak di bagian selatan tengah Jawa Barat yang mengalami perkembangan cukup pesat dibandingkan daerah lainnya. Kota Sukabumi yang menghasilkan produk pertanian, perkebunan, perikanan tangkap, pariwisata, industri pengolahan dan bisnis kelautan, serta pertambangan mineral akan memerlukan infrastruktur jalan yang tahan terhadap frekwensi lalu lintas yang tinggi Untuk menghubungkan kota sukabumi dengan kota-kota lainnya.

Namun masalah yang terjadi di lapangan menunjukkan bahwa perkembangan pembangunan jalan tidak sebanding dengan pertumbuhan kendaraan, sehingga terjadi pembebanan yang

belebihan pada konstruksi dan kapasitas jalan. Oleh sebab itu pemeliharaan, peningkatan atau rehabilitasi jalan menjadi sangat penting Untuk memepertahankan kondisi jalan yang layak (*performance standard*).

Berdasarkan pemikiran tersebut di atas, peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian tentang bagaimana menentukan Skala Prioritas Pemeliharaan Rutin Jalan dengan mengambil studi kasus Ruas Jalan Provinsi Jawa Barat di Kabupaten Sukabumi. Didalam menentukan skala prioritas pemeliharaan rutin jalan digunakan metode *Analitycal Hierarchy Process* (AHP). Tujuan penelitian ini Untuk mendapatkan acuan dalam menganalisis penanganan pemeliharaan jalan sehingga pelaksanaan pemeliharaan jalan dapat dilaksanakan secara optimal.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pengertian Jalan

Jalan adalah prasarana atau transportasi darat yang meliputi semua bagian jalan, termasuk bangunan samping sebagai pelengkap dan perlengkapan jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas jalan, yang ada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, dibawah permukaan tanah atau air, serta diatas permukaan air [2]. Penyelenggaraan jalan adalah kegiatan yang meliputi pengaturan, pembinaan, pembangunan, dan pengawasan jalan [3]. Untuk meningkatkan aksesibilitas masyarakat dalam kegiatan ekonomi, penyelenggaraan jalan membangun jaringan jalan dipusat-pusat produksi dan penghubung pusat produksi dengan daerah pemasaran. Dalam mempertahankan umur rencana jalan diperlukan pemeliharaan yang meliputi penanganan ruas jalan yang berupa pencegahan, perawatan dan perbaikan jalan yang diperlukan sehingga kondisi jalan tetap berfungsi optimal untuk melayani lalu lintas kendaraan [4]. Sedangkan kerusakan perkerasan jalan dapat didefinisikan sebagai akibat dari terlampauinya batas-batas kemampuan atau kapasitas jalan dari masing-masing elemen perkerasan jalan [5].

### 2.2. Jenis Kerusakan Jalan

Jenis kerusakan jalan dapat dibedakan menjadi 6 katagori yaitu: Retak (*cracking*); Distorsi (*distortion*); Cacat Permukaan (*disintegration*); Pengausan (*polished aggregate*); Kegemukan (*bleeding or flushing*) dan Penurunan Perkerasan Bekas Utilitas (*utility cut*

*depression*) [5]. Sebelum dilakukan penanganan pemeliharaan, peningkatan ataupun rehabilitasi konstruksi jalan diperlukan evaluasi penyebab dan dampak kerusakannya oleh pihak pengelola wilayah sehingga besarnya kerusakan jalan dan langkah penanganan selanjutnya bisa dilakukan secara optimal.

### 2.3. Pemeliharaan Jalan

Untuk mencapai umur rencana yang ditetapkan dalam perencanaan jalan, diperlukan pemeliharaan jalan yang merupakan kegiatan penanganan pada ruas jalan, berupa pencegahan, perawatan dan perbaikan jalan yang diperlukan. Pemeliharaan jalan sangat penting untuk dilaksanakan karena apabila pemeliharaan dilaksanakan tidak baik akan memerlukan biaya perbaikan konstruksi yang tinggi. Secara umum, kegiatan pemeliharaan jalan meliputi kegiatan: Pemeliharaan Rutin Jalan (*Routine Maintenance*); Pemeliharaan Berkala Jalan (*Periodic Maintenance*); Rehabilitasi Jalan (*Urgent Maintenance*) dan Rekonstruksi Jalan (*Reconstructure*).

### 2.4. Aksesibilitas

Aksesibilitas adalah tempat yang dilalui mudah dijangkau oleh sarana transportasi umum [6]. Aksesibilitas adalah suatu ukuran kenyamanan atau kemudahan lokasi tata guna lahan berinteraksi satu sama lain dan mudah atau tidaknya lokasi tersebut dicapai melalui sistem jaringan transportasi [7]. Tingkat aksesibilitas dapat diukur dengan ketersediaan transportasi dan dengan jarak pencapaian yang singkat [8], selain jarak dan ketersediaan transportasi, tingkat aksesibilitas dipengaruhi juga oleh faktor waktu tempuh, mobilitas (pergerakan fisik), faktor biaya perjalanan, kelengkapan dan kualitas dari fasilitas yang tersedia. Konsep aksesibilitas pada umumnya di artikan sebagai ukuran suatu usaha (atau kemudahan) dalam mengatasi permasalahan spasial. Pengukuran aksesibilitas perlu dilakukan untuk menentukan mudah atau tidaknya wilayah tersebut dapat dijangkau (tingkat aksesibilitas). Aksesibilitas adalah konsep yang menggabungkan sistem tata guna lahan secara geografis dengan sistem jaringan transportasi yang merupakan suatu ukuran kenyamanan atau kemudahan. Aksesibilitas adalah tujuan akhir dari sebagian besar transportasi dan juga pendekatan yang terbaik untuk digunakan [9].

## 2.5. Mobilitas

Mobilitas merupakan komponen aksesibilitas yang meliputi pergerakan fisik, dan diukur dengan waktu, ruang, dan kecepatan. Aksesibilitas besar adalah hasil dari mobilitas yang meningkat, yang memungkinkan lebih banyak orang melakukan perjalanan ke lebih banyak tempat dengan lebih cepat [10]. Mobilitas memerlukan alat transportasi untuk mendukung proses perpindahannya secara optimal, sehingga diperlukan kajian secara komprehensif dan berkesinambungan. Kajian tersebut melibatkan peran serta dari ketiga elemen secara proporsional yaitu: pertama, masyarakat sebagai pengguna jalan yang diberikan jaminan kenyamanan dan keamanan pada saat berkendara secara efisien. Kedua, pemilik dan pengelola armada angkutan harus memberikan pelayanan yang memuaskan kepada para penumpang secara proporsional memberikan nilai ekonomis, kenyamanan dan keamanan pada saat perjalanan. Ketiga, pemerintah selaku pengatur dan penentu kebijakan yang berfungsi sebagai penyelenggara dalam pelaksanaannya mewakili kepentingan antara masyarakat dengan pemilik armada dalam menentukan besaran tarif angkutan secara efektif dan efisien.

## 2.6. Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas (*traffic flow*) adalah jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pada penggal jalan dan interval waktu tertentu serta diukur dalam satuan kendaraan persatuan waktu tertentu. Pergerakan pengendara yang melakukan aktifitas pada ruas jalan yang dilaluinya merupakan salah satu proses terjadinya arus lalu lintas yang mempunyai karakteristik yang bervariasi berdasarkan atas kondisi jalan, lokasi pekerjaan, dan waktu tempuh. Arus lalu lintas dapat dikelompokkan menjadi 2 parameter, yaitu; pertama adalah makroskopik yang menunjukkan arus lalu lintas secara umum dan kedua adalah parameter makroskopik menunjukkan perilaku pengendara pada suatu ruas jalan yang terkait satu sama lain. Arus lalu lintas secara makroskopik dapat digambarkan menjadi 3 (tiga) parameter utama yaitu arus lalu lintas dan volume arus kendaraan, kecepatan kendaraan dan kepadatan lalu lintas yang diukur oleh jumlah kendaraan dalam satuan mobil penumpang (SMP) yang melalui suatu potongan melintang jalan dalam satuan waktu tertentu [11].

## 2.7. Kondisi Ruas Jalan

Kondisi ruas jalan adalah ruas-ruas jalan yang ditentukan oleh nilai atau kriteria kerusakan jalan yang sangat penting dalam rencana program pemeliharaan [12].

## 2.8. Metode *Analitycal Hierarchy Process* (AHP)

AHP merupakan salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria dengan menggunakan model matematis yang mendekomposisikan suatu problem multi faktor yang kompleks kedalam suatu hierarki. AHP memungkinkan pengguna untuk mengintegrasikan subjektivitas dan objektivitas dalam proses pengambilan keputusan dan membantu untuk mengidentifikasi kriteria-kriteria yang paling penting. Input utama dari AHP adalah persepsi dari orang yang paling mengerti persoalan yang sedang dipecahkan atau *expert*. Keberadaan hierarki memungkinkan dipecahnya masalah yang kompleks atau tidak terstruktur kedalam sub-sub masalah secara terstruktur, lalu menyusunnya menjadi suatu bentuk hierarki. Metode AHP telah banyak digunakan dalam bidang penelitian rekayasa manajemen konstruksi [13; 14]. Secara umum Langkah-langkah AHP adalah sebagai berikut:

- a. Dekomposisi (*Decomposition*)  
Setelah mendefinisikan permasalahan, maka dilakukan dekomposisi yaitu memecahkan suatu permasalahan yang utuh menjadi unsur-unsurnya sampai ke bentuk hirarki proses pengambilan keputusan, dimana setiap unsur atau elemen saling berhubungan.
- b. Penilaian Kepentingan (*Comparative Judgment*)  
Penilaian kepentingan pada prinsipnya membuat penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkatan di atasnya. Penilaian ini merupakan inti dari Proses AHP, karena akan berpengaruh terhadap prioritas elemen-elemen. Hasil dari penilaian ini lebih mudah disajikan dalam bentuk *matrix pairwise comparisons* yaitu matriks perbandingan berpasangan yang memuat tingkat preferensi beberapa alternatif untuk setiap kriteria. Prosedur penilaian perbandingan berpasangan dalam AHP, mengacu pada skor penilaian [15], sesuai tabel 2.1, sebagai berikut:

Tabel 2.1 Skala dasar perbandingan berpasangan

INTENSITAS PENTING	DEFINISI
1	Kedua elemen/alternatif sama pentingnya ( <i>equal</i> )
3	Elemen A sedikit lebih esensial dari elemen B ( <i>slightly</i> )
6	Elemen A lebih esensial dari elemen B ( <i>strong</i> )
7	Elemen A jauh lebih esensial dari elemen B ( <i>very strong</i> )
9	Elemen A mutlak lebih esensial dari elemen B ( <i>extreme</i> )
2,4,6,8	Nilai-nilai diantara dua pertimbangan yang berdekatan
Kebalikan	Jika untuk aktivitas A mendapat satu angka dibanding dengan aktivitas B, maka B mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan A

Sumber : Thomas L Saaty, (2012)

- c. Sintesis Prioritas (*Synthesis of Priority*)  
Sintesis prioritas dilakukan dengan menggunakan *eigen vector methode* untuk mendapatkan bobot relatif dari setiap matriks *pairwise comparisons* untuk mendapat prioritas lokal. Selanjutnya *pairwise comparisons* pada setiap tingkat, dilakukan sintesis diantara prioritas lokal untuk mendapatkan prioritas global.
- d. Konsistensi Logis (*Logical Consistency*)  
Konsistensi logis merupakan karakteristik yang sangat penting, hal ini dicapai dengan mengagresikan seluruh *eigen vector* yang diperoleh dari berbagai tingkatan hirarki dan selanjutnya diperoleh suatu *vector composite* tertimbang yang menghasilkan urutan pengambilan keputusan.. Tolak ukur yang digunakan adalah nilai CR (*Consistency Ratio*) yang merupakan nilai perbandingan antara nilai CI (*Consistency Index*) dengan nilai RI (*Ratio Index*). Batas ketidak konsistenan  $CR < 0,05$  (5%) namun beberapa literatur masih memperbolehkan nilai  $CR < 0,1$  (10%) masing dianggap dapat diterima. Ratio Indeks(RI) yang umum digunakan untuk setiap ordo matriks sesuai tabel 2.2, sebagai berikut:

Tabel 2.2 Ratio Index

Urutan Matriks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Sumber : Thomas L Saaty, (2012)

Langkah-langkah menggunakan metode AHP meliputi:

- Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan, lalu menyusun hirarki dari permasalahan yang dihadapi;
- Membuat suatu struktur hirarki yang diawali tujuan/goals dilanjutkan dengan membuat kriteria dan alternatif pada tingkatan kriteria paling bawah;
- Membuat suatu matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap kriteria yang setingkat di atasnya, dilanjutkan dengan menghitung matriks perbandingan berpasangan;
- Menghitung nilai *eigen* dan menguji konsistensinya jika tidak konsisten maka pengambilan data diulangi lagi;
- Mengulangi langkah 3,4 dan 5 untuk setiap tingkatan hirarki;
- Menghitung *vector eigen* dari setiap matriks perbandingan berpasangan dan Memeriksa konsistensi hirarki.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian adalah suatu cara dalam mengelola kegiatan dengan menggunakan prosedur tertentu untuk menyelesaikan masalah yang sedang diteliti. Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini menggunakan metode *deskriptif evaluatif* dengan analisis data menggunakan metode AHP (*Analitycal Hierarchy Process*).

#### 3.2. Lokasi Survey dan Waktu Survey

Untuk mendapatkan informasi dan data yang dibutuhkan berkaitan langsung dengan masalah penelitian, ditentukan lokasi survey. Adapun lokasi yang diambil adalah status jalan Provinsi Jawa Barat yang dikelola oleh Dinas Bina Marga dan Penataan Ruang di semua ruas jalan UPTD Wilayah Pelayanan II (Sukabumi).

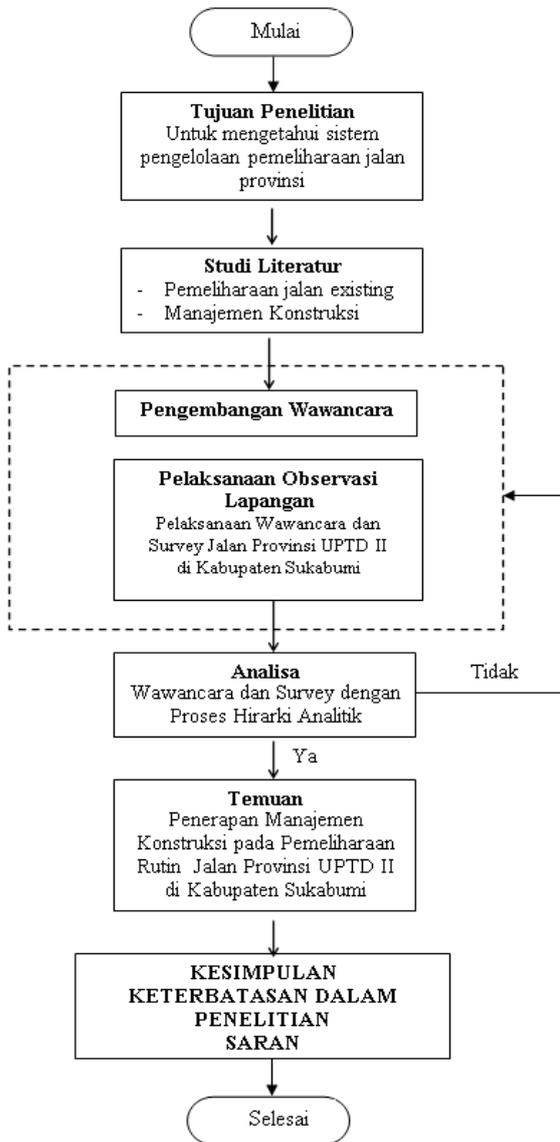
#### 3.3. Data Primer

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil wawancara langsung kepada responden secara terstruktur dan mendalam tentang pemeliharaan ruas jalan yang diteliti yaitu di UPTD-II Kabupaten Sukabumi.

#### 3.4. Data Sekunder

Data sekunder adalah data pelengkap dari data primer yang diperoleh dari kajian Pustaka, data dari kantor dinas PUPR yang ada

hubungannya dengan masalah yang sedang di teliti, sesuai diagram alir proses penelitian seperti di bawah ini.

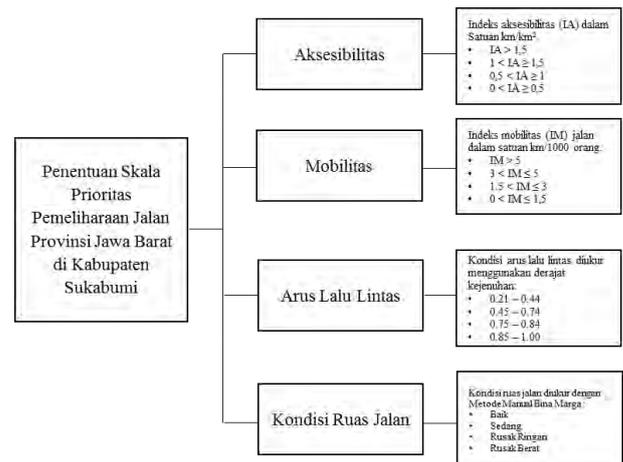


**Gambar 3.1. Diagram Alir Proses Penelitian**  
 Sumber : Hasil Olah Data Penulis

**3.5. Analisis Data**

Data yang didapatkan dari hasil survey selanjutnya diolah dengan metode AHP sehingga diperoleh urutan skala prioritas dalam pemeliharaan jalan. Adapun langkah-langkah menggunakan Proses AHP adalah sebagai berikut :

- Menjabarkan masalah yang ada dan mencari solusi;
- Menyusun struktur hirarki, yaitu skala prioritas, diikuti dengan kriteria dan alternatif sesuai gambar 3.2.



**Gambar 3.2 Diagram Variabel dan Indikator Penentuan Skala Prioritas**

Sumber : Hasil Olah Data Penulis

- Membuat matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap kriteria yang setingkat di atasnya. Misalkan, dalam suatu tujuan utama terdapat kriteria  $A_1, A_2, \dots, A_n$  maka hasil perbandingan secara berpasangan akan membentuk matriks seperti dibawah ini :

A	$A_1$	$A_2$	...	$A_n$
$A_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1n}$
$A_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2n}$
...	...	...	...	...
$A_n$	$a_{n1}$	$a_{n2}$	...	$a_{nn}$

- Menghitung nilai eigen untuk mengetahui nilai bobot prioritas tiap level. Setelah itu, dilakukan Normalisasi matriks dengan cara membagi jumlah baris dengan jumlah aspek yang dinilai. Tujuan dari normalisasi ini adalah untuk mengetahui nilai proporsi dari suatu kriteria terhadap kriteria lainnya dalam kolom yang sama. Dari hasil proses ini juga akan mendapatkan hasil akhir berupa Nilai Prioritas Relatif. Selanjutnya dilakukan perhitungan *Eigen Value* dengan mengalikan terlebih dahulu nilai matriks perbandingan awal dengan bobot/vektor prioritas (perkalian matriks), dilanjutkan dengan menghitung rata-rata geometrik setiap baris, dengan persamaan berikut :

$$w = \sqrt[n]{a} \dots\dots(3.1)$$

Setelah itu jumlahkan seluruh rata-rata geometrik sebagai berikut:

$$\sum w \dots\dots\dots(3.2)$$

Normalisasi jumlah rata-rata geometrik setiap baris dengan membaginya dengan jumlah total rata-rata geometrik (eigen vektor) untuk mendapatkan bobot relatif setiap kriteria:

$$\frac{\overline{\sum w}}{\sum w} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan:

- = rata-rata geometrik setiap baris
- = nilai matriks
- = Ukuran matriks
- $j$  = Eigen Vektor

- e. Memeriksa konsistensi hirarki. Uji konsistensi matriks keputusan, konsistensi yang diharapkan adalah yang mendekati sempurna agar menghasilkan keputusan yang mendekati valid. Rasio konsistensi (*consistency ratio*) diharapkan kurang dari atau sama dengan 10 %.

$$\sum a \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$\frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana :

- : *Eigen Vector*
- $\sum a_{ij}$  : Jumlah semua baris pada matriks keputusan
- : Banyaknya elemen kriteria
- : *Consistency Index*
- : *Random Index*
- : *Consistency Ratio*, yaitu data yang CR nya kurang dari atau sama dengan 10% yang dianggap konsisten.

#### IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

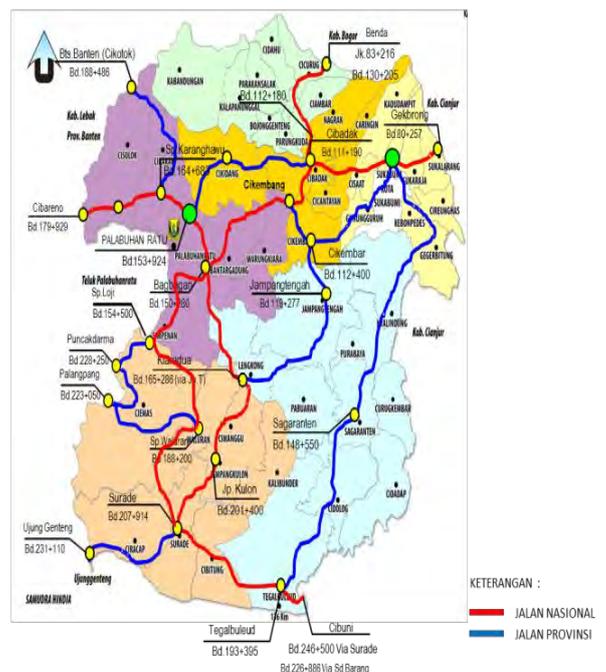
##### 4.1. Prasarana Jalan

Dalam penanganan jalan dibutuhkan sarana dan prasarana untuk menunjang bagian dari jalan agar semua fungsi dan manfaat jalan dapat dirasakan oleh masyarakat umum dan para pengendara. Sedangkan prasarana jalan meliputi ruang jalan, luas jalan, jaringan jalan dan

terminal. Karakteristik jalan mencakup potongan melintang jalan, potongan memanjang jalan, kapasitas jalan, kecepatan rencana kendaraan dan kelas jalan. Penanganan jalan dengan status jalan Provinsi Jawa Barat pada UPTD Pengelolaan Jalan dan Jembatan Wilayah Pelayanan II yang berada di wilayah Kabupaten Sukabumi sesuai dengan data ruas jalan dengan panjang penanganan sekitar 313,94 Km, dan jumlah ruas jalan yang dimiliki sebanyak 19 ruas yang dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dan Peta Ruas Jalan dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.

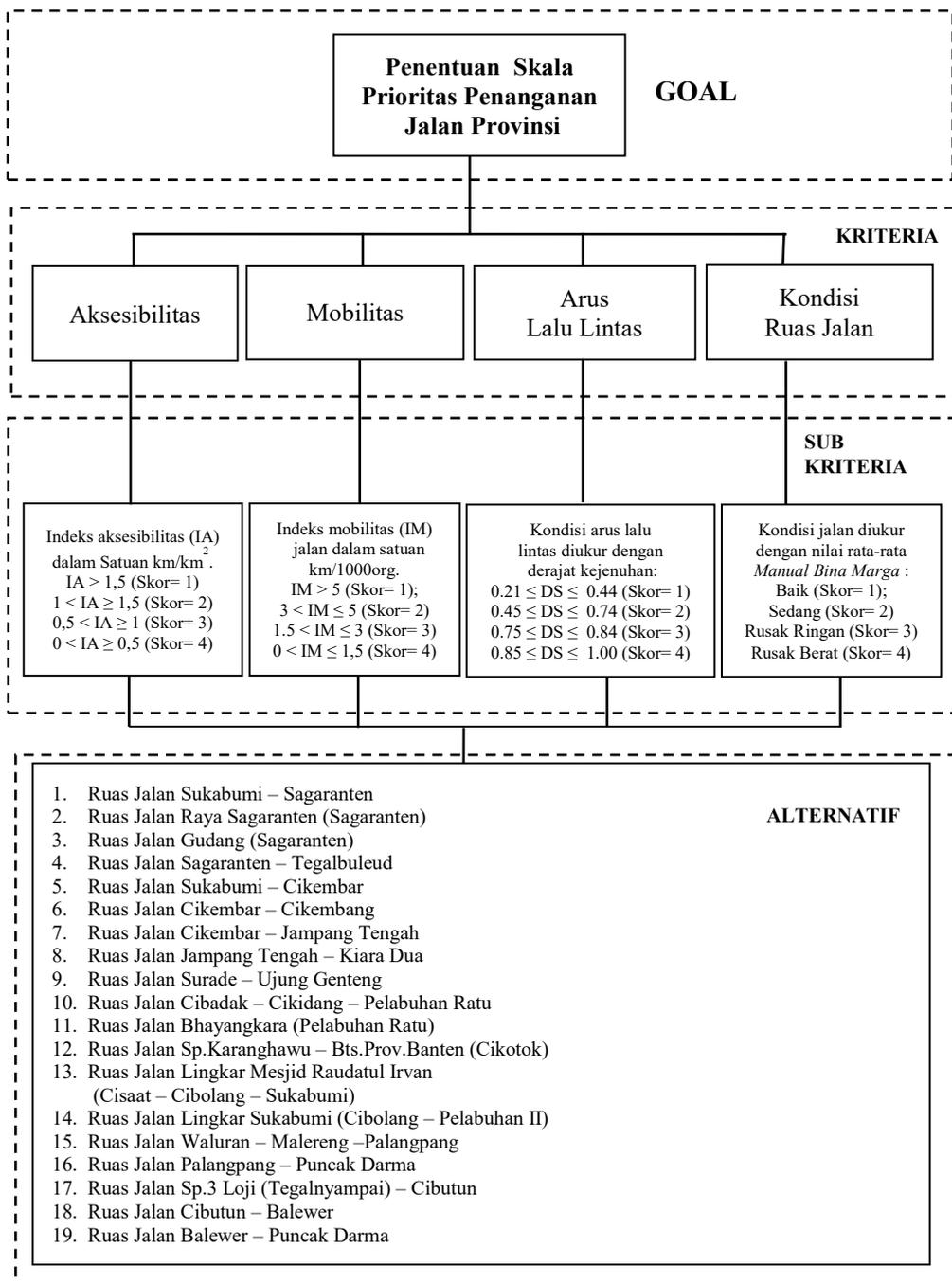
##### 4.2. Struktur Hirarki Penentuan Skala Prioritas Pemeliharaan Rutin Jalan UPTD-II di Wilayah Kabupaten Sukabumi

Hasil identifikasi dari masing-masing kriteria yang diberikan kepada responden terdiri dari 2 (dua) level antara lain *Level Pertama* dengan tujuan Penentuan Skala Prioritas Pemeliharaan Jalan pada status jalan Provinsi Jawa Barat yang ada di Kabupaten Sukabumi, *Level Kedua* terdiri dari 4 (empat) kriteria antara lain Aksesibilitas, Mobilitas, Arus Lalu Lintas dan Kondisi Ruas Jalan. Dalam penyusunan hirarki dari masing-masing level terdiri dari 2 (dua) level dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini.



**Gambar 4.1** Peta Jaringan Jalan Provinsi Jawa Barat di Kabupaten Sukabumi

Sumber: UPTD Pengelolaan Jalan dan Jembatan Wilayah Pelayanan II, 2019



**Gambar 4.2**  
 Hirarki Penentuan Urutan Skala Prioritas Pemeliharaan Jalan  
 Sumber : Hasil Olah Data Penulis, 2020

**4.3. Hasil Skala Prioritas Pemeliharaan Rutin Jalan**

Alternatif terpilih didapatkan dengan mengalikan bobot kriteria total dengan penilaian atau skoring alternatif. Penilaian terhadap perolehan bobot yang digunakan dengan metode AHP yang diuraikan pada subbab tersebut diatas, dapat diterapkan pada saat pelaksanaan dalam

penentuan skala prioritas penanganan pemeliharaan jalan Provinsi yang ada di Kabupaten Sukabumi dengan menggunakan Data Aksesibilitas, Data Mobilitas, Data Arus Lalu Lintas dan Data Kondisi Jalan. Berikut **Tabel 4.1** menampilkan rekapitulasi hasil perkalian tersebut.

Tabel 4.1 Skala Prioritas Pemeliharaan Rutin Jalan

No	Ruas Jalan	Bobot Akhir				$\Sigma$	Prioritas
		Aksesibilitas (A)	Mobilitas (B)	Arus Lalu Lintas Rutin (C)	Kondisi Jalan (D)		
1	Sukabumi – Sagaranten	0,28	0,96	0,48	0,75	2,47	5
2	Jalan Raya Sagaranten (Sagaranten)	0,28	0,96	0,72	0,25	2,21	12
3	Jalan Gudang (Sagaranten)	0,28	0,96	0,72	0,75	2,71	3
4	Sagaranten – Tegalbuleud	0,84	0,72	0,96	0,75	3,27	1
5	Sukabumi – Cikembar	0,56	0,96	0,24	0,50	2,26	7
6	Cikembar – Cikembang	0,56	0,96	0,24	0,50	2,26	8
7	Cikembar – Jampang Tengah	0,28	0,96	0,48	0,75	2,47	4
8	Jampang Tengah – Kiaradua	0,84	0,48	0,72	0,75	2,79	2
9	Surade – Ujung Genteng	0,28	0,96	0,48	0,50	2,22	11
10	Cibadak – Cikidang – Pelabuhan Ratu	0,28	0,96	0,72	0,50	2,46	6
11	Jalan Bhayangkara (Pelabuhan Ratu)	0,28	0,96	0,24	0,50	1,98	13
12	Sp.Karanghawa – Bts.Prov.Banten (Cikotok)	0,28	0,96	0,48	0,50	2,22	10
13	Lingkar Mesjid Raudatul Irvan (Cisaat – Cibolang – Sukabumi)	0,28	0,96	<b>0,24</b>	0,50	1,98	14
14	Jalan Lingkar Sukabumi (Cibolang – Pelabuhan II)	0,56	0,96	0,24	0,50	2,26	9
15	Waluran – Malereng – Palangpang	0,28	0,48	0,48	0,25	1,49	16
16	Palangpang – Puncak Darma	0,28	0,24	0,48	0,50	1,50	15
17	Sp.3 Loji (Tegalnyampai) – Cibutun	0,28	0,24	0,48	0,25	1,25	17
18	Cibutun – Balewer	0,28	0,24	0,48	0,25	1,25	18
19	Balewer – PuncakDarma	<b>0,28</b>	<b>0,24</b>	0,48	<b>0,25</b>	1,25	19

Sumber: Hasil Olah Data Penulis,

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Untuk mewujudkan pemeliharaan jalan yang baik untuk memenuhi tuntutan para pengguna jalan bukanlah pekerjaan mudah karena diperlukan inventarisasi dan perbaikan sedini mungkin terhadap kerusakan untuk menghindari kegagalan konstruksi perkerasan.

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan mengenai prioritas pemeliharaan rutin jalan Provinsi Jawa Barat pada UPTD Pengelolaan Jalan dan Jembatan Wilayah Pelayanan II di wilayah Kabupaten Sukabumi, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa kriteria aksesibilitas memiliki pengaruh tingkat

kepentingan dengan bobot 0,28 (28%) kemudian disusul dengan kriteria kondisi ruas jalan dengan bobot 0,25 (25%), kriteria mobilitas dengan bobot 0,24 (24%) dan terakhir kriteria arus lalu lintas dengan bobot 0,24 (24%).

### 5.2. Saran

1. Perlu dilakukan kajian yang lebih mendalam pada kriteria-kriteria yang diterapkan dalam menentukan skala prioritas pemeliharaan jalan Provinsi Jawa Barat pada UPTD Pengelolaan Jalan dan Jembatan Wilayah Pelayanan II yang ada di Wilayah Kabupaten Sukabumi;

2. Para pihak yang berwenang harus selalu meng-*update* data-data terbaru mengenai kerusakan jalan sehingga dapat memudahkan dan mempercepat proses perbaikan di wilayah Kabupaten Sukabumi, Jalan Provinsi dan maupun dengan Jalan Nasional;
3. Penambahan komposisi responden dalam pengisian Kuesioner penentuan prioritas pemeliharaan rutin jalan yang bukan hanya dari pihak pengambil keputusan melainkan dari luar pemerintahan seperti dari kalangan akademisi dan masyarakat pengguna jalan;

Penelitian lebih lanjut, perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dengan menambah kriteria-kriteria dan responden yang berhubungan dengan pemeliharaan jalan, baik dinas PUPR, asosiasi maupun masyarakat pengguna jalan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adisasmita, R., –Pembangunan Wilayah,” Yogyakarta: Graha Ilmu, 2015
- [2] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan
- [3] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan
- [4] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 13/PRT/M/2011 Tahun 2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan
- [5] BUMETI No. 03/MN/B/1983 Manual Pemeliharaan Jalan: Jilid IA Perawatan Jalan, Departemen Pekerjaan Umum 1983
- [6] Tjiptono, F. –Pemasaran jasa, prinsip: penerapan dan penelitian,” Yogyakarta: Andi, 2014.
- [7] Sukriswanto Uchang. –Analisis Kelayakan Revitalisasi Pasar Umum Gubug Kabupaten Grobogan,” Semarang: Universitas Diponegoro, 2012.
- [8] Sefaji, Ghavi Yuda., Soedwihajono., dan Nurhadi, Kuswanto. 2018. Kesiapan Aksesibilitas Stasiun Solo Balapan dalam Melayani Trayek Kereta Api Penghubung Bandara Adi Soemarmo dan Kota Surakarta. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Perencanaan Partisipatif*. 13(1), 51-54.
- [9] Todd Litman Victoria Transport Policy Institute, 2012
- [10] Todd Litman. *Evaluating Accessibility for Transport Planning*. Victoria Transport Policy Institute, 2017.
- [11] Putranto, Leksmono Suryo. –Rekayasa Lalu Lintas,” Jakarta: indeks, 2016.
- [12] Undang-undang RI Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan
- [13] Al Kuwaiti E., Mian M. Ajmal dan Matloub Hussain. –Determining success factors in Abu Dhabi health care construction projects: customer and contractor perspective,” *International Journal of Construction Management*, 2017.  
<http://dx.doi.org/10.1080/15623599.2017.1333401>
- [14] Zayyanu M. dan Foziah J. –Critical success factors of public-private partnership projects: a comparative analysis of the housing sector between Malaysia and Nigeria,” *International Journal of Construction Management*, 2018. 19(3): 257-269.  
<https://doi.org/10.1080/15623599.2017.1423163>
- [15] Thomas L. Saaty ; Luis G. Vargas. “*Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*,” Second Edition, 2012. e-ISBN 978- 1-4614-3597-6

# Karakteristik Beton Mutu FC 30 Dengan Menggunakan Limbah Peleburan Baja (*Slag*) Dan Pembakaran Batubara (*Fly Ash*)

Muhammad Nur Rohman<sup>1</sup>, Bertinus Simanihuruk<sup>2</sup>, Hikma Dewita<sup>3</sup>

Universitas Tama Jagakarsa<sup>1</sup>, Universitas Tama Jagakarsa<sup>2</sup>, Universitas Tama Jagakarsa<sup>3</sup>  
*mnrohman8@gmail.com*<sup>1</sup>, *bsimanihuruk@gmail.com*<sup>2</sup>, *dewitahikma@gmail.com*<sup>3</sup>

**Abstract**—The use of slag and fly ash waste for building materials is not optimal, because it contains heavy metal oxides. With the issuance of Government Regulation no. 22 of 2021, dust resulting from burning coal from Steam Power Plants and other activities is not included as B3 waste. With research on the use of fly ash and slag to increase the compressive strength of concrete, research was carried out in the laboratory to determine the optimal composition for the use of slag and fly ash as a substitute for coarse aggregate and cement in concrete mixtures. By testing in the laboratory, results were obtained with variations in slag, 10, 20% and 30% with fly ash remaining at 10% as a concrete mixture by comparing with a normal concrete mixture. From the test results, the results obtained were that the addition of slag and fly ash waste could reduce the heat of concrete at FC 30, producing concrete compressive strength close to normal concrete compressive strength, namely 26.31 MPa for 7 days, 33.11 MPa at 28 days, and 39.61 MPa at 56 days with composition 10% slag and 10% fly ash with the slump value achieved was 6 cm which makes it difficult to make concrete. The addition of 20% and 30% slag with 10% fly ash produces a compressive strength of concrete that is lower than the concrete compressive strength of FC 30. The appropriate composition to use is 10% slag as a substitute for coarse aggregate and 10% fly ash as a cement substitute.

**Keyword**—composition, concrete compressive strength, fly, optimal, slag

## I. PENDAHULUAN

Dalam bidang konstruksi, material yang paling sering digunakan adalah beton. Semakin banyaknya penggunaan beton diperlukan suatu inovasi baru terhadap beton tersebut dalam alternatif penggunaan material dasarnya dengan memanfaatkan limbah sebagai bahan baku campuran pembuatan beton. Pemanfaatan limbah *fly ash* untuk keperluan bahan bangunan belum dapat dimasyarakatkan secara optimal, karena berdasarkan PP No. 85 tahun 1999 tentang pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) karena terdapat kandungan oksida logam berat yang mengalami pelindihan secara alami dan mencemari lingkungan. Pada tahun 2020, pemerintah telah mengesahkan Peraturan Turunan UU Omnibus Law No. 1 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja. Hal itu tepatnya tertuang dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Dalam bagian penjelasan Pasal 459, debu hasil pembakaran batubara dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan kegiatan lainnya tidak termasuk sebagai limbah B3[1].

Inovasi tersebut diantaranya yaitu penggunaan limbah *fly ash* dan limbah *slag*. *Fly ash* merupakan material sisa-sisa pembakaran batu bara yang tidak terpakai. Sifat kimia yang dimiliki oleh *fly ash* berupa silika dan alumina dengan presentase mencapai 80% yang mempunyai kemiripan dengan semen. Untuk kuat tekan beton variasi *fly ash* kadar 15%, 30%, dan 40% berturut – turut sebesar 38,10 MPa; 34,05 MPa; 32,92 MPa dari kuat beton normal sebesar 30,09 MPa dengan persentase kenaikan terhadap kuat tekan beton normal masing – masing sebesar 26,65%; 13,17%; dan 9,40%[2]. *Slag* merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi, yang dihasilkan oleh industri peleburan baja salah satunya berupa limbah *slag* yang secara fisik menyerupai agregat kasar. Kandungan *slag* nikel 41,54% dengan kandungan silika yang tinggi maka yang diharapkan dapat memperkuat proses hidrasi dan menaikkan kuat tekan beton[3].

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu tentang manfaat *fly ash* dan *slag* sebagai material pengganti pembentuk beton terlihat adanya pengaruh penggunaan material *fly ash* dan *slag* terhadap kuat tekan beton. Inovasi dalam penelitian ini dilakukan dalam rangka

pelestarian lingkungan dan mencari solusi pemanfaatan dari berbagai limbah tersebut.

#### A. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh penggunaan *slag* dan *fly ash* pada beton normal yang dibandingkan penambahan *fly ash* 10 % dan variasi *slag* pada campuran beton dengan melakukan pengujian untuk memperoleh pengukuran nilai slump, pengujian suhu dan pengujian kuat tekan beton sehingga diketahui komposisi yang optimal dalam penggunaan *slag* sebagai bahan pengganti agregat dan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen..

#### B. Batasan Penelitian

Pembatasan Penelitian adalah *Fly ash* yang digunakan 10% pada semua percobaan dan variasi persentase *slag* yaitu 10%, 20%, dan 30%, sampel beton menggunakan silinder berukuran 15 x 30 cm sebanyak 24 buah, 6 buah untuk setiap percobaan serta pengujian slump, suhu dan kuat tekan beton pada umur 7 hari, 28 hari dan 56 hari..

## II. KAJIAN PUSTAKA

### A. Beton

Beton sebagai salah satu bahan konstruksi yang mutunya dipengaruhi oleh bahan-bahan pembuatnya seperti jenis semen, ukuran agregat, faktor air semen, waktu dan suhu perawatan serta pori-pori antar sel dan pori-pori kapilernya. Untuk mengurangi pori-pori antar sel dan pori-pori kapiler dapat dilakukan dengan penambahan bahan tambahan (*addictive*). Bahan-bahan pembentuk beton adalah.

#### 1. Agregat

Agregat umumnya terdiri atas agregat kasar dan agregat halus. Sifat yang paling penting dari agregat adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya seperti yang dimaksud pada umumnya terdiri atas agregat kasar dan agregat halus sesuai SNI-T-15-1990-03.

#### 2. Air

Air yang digunakan sebagai bahan campuran semen harus memenuhi standar.

Air mempunyai peranan yang sangat penting dalam menentukan kekuatan dan kemudahan pelaksanaan beton, sehingga untuk mempertahankan tingkat *workability* harus dipertahankan nilai faktor air semennya. Air yang digunakan sebagai bahan campuran semen harus memenuhi standar SNI-S-04-1989-F.

#### 3. Semen

Semen sebagai bahan ikat hidrolis untuk pembuatan beton terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat. Semen Portland dibuat dari semen hidrolis yang dihasilkan secara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat. Klinker semen portland dibuat dari batu kapur (CaCO<sub>3</sub>), tanah liat dan bahan dasar berkadar besi sesuai SNI-2049-2015.

#### 4. Bahan Tambahan

Bahan-bahan tambahan berkisar pada campuran bahan kimia sampai pada penggunaan bahan buangan yang dianggap potensial. Bahan tambahan (*admixture*) yang sering digunakan pada di Indonesia adalah *Superplasticizer* dan *Retarder*. *Superplasticizer* dapat mengurangi kebutuhan air dalam campuran beton tanpa merubah konsistensi dan mutu yang dihasilkan, sedangkan *retarder* merupakan bahan tambahan yang digunakan dengan adanya perlambatan pada *setting time* beton dan dapat menghindari terjadinya *cold joints* pada pengecoran yang masif

#### B. Bahan-bahan Pengganti Semen

Ada beberapa bahan pengganti semen dari hasil limbah yaitu:

##### 1. Fly Ash

Proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (*boiler*) akan membentuk dua jenis abu, yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Komposisi abu batu bara terdiri dari 10-20 % abu dasar dan 80-90% berupa abu terbang. Abu terbang (*fly ash*) mempunyai butiran yang halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili micron) 5-27 %. *Fly Ash* umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Abu terbang tidak memiliki kemampuan mengikat seperti

halnya semen, namun dengan kehadiran air dan ukurannya yang halus, oksida. silika yang dikandung di dalam *fly ash* akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan abu batubara tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat beton.[4].

2. *Slag*

*Slag* merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi dari industri peleburan baja yang secara fisik menyerupai agregat kasar. Limbah padat (*slag*) mempunyai butiran partikel berpori pada permukaannya. Limbah padat (*slag*) merupakan material dengan gradasi yang baik, dengan variasi ukuran partikel yang berbeda-beda. Ukuran gradasi limbah padat (*slag*) lebih mendekati ukuran agregat kasar 2/3[5].

Tabel 1 Parameter Logam Berat *Slag*

No	Parameter Logam Berat	Satuan	Hasil Analisis
1	Arsen (As)	mg/kg	< 0.1.88
2	Barium (Ba)	mg/kg	< 3.931
3	Boron (B)	mg/kg	< 1.965
4	Cadmium (Cd)	mg/kg	< 0.118
5	Chromium (Cr)	mg/kg	49.25
6	Copper (Cu)	mg/kg	48.42
7	Lead (Pb)	mg/kg	<1.179
8	Mercury (Hg)	mg/kg	< 0.393
9	Selenium (Se)	Mg/kg	<0.118
10	Silver (Ag)	mg/kg	<1.179
11	Zine (Zn)	mg/kg	28.62

Sumber: [5]

Dari komposisi kimia limbah padat (*slag*) diatas, sangat jelas bahwa limbah padat (*slag*) termasuk dalam limbah B3 (bahan beracun dan berbahaya

III. DATA-DATA PENGUJIAN

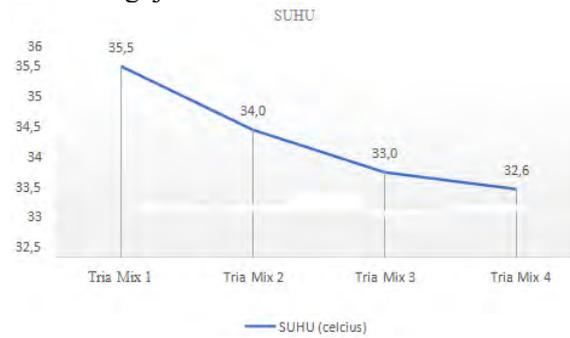
A. *Komposisi Campuran Beton*

Tabel 2 *Komposisi Campuran Beton*

No.	Mutu/Slump	Komposisi Material		
	FC30/6±2	Semen	Fly Ash (kg)	Slag (kg)
1	Normal	418,5	0	0
2	10%+10%	334,8	41,9	41,9
3	10%+20%	293,0	41,9	83,7
4	10%+30%	251,1	41,9	167,4

Berat split 10/20 adalah 1129 kg, berat pasir adalah 617 kg dan jumlah air adalah 183 liter untuk setiap komposisi campuran beton. Untuk jumlah slag berubah sesuai jumlah prosentase yang digunakan pada percobaan di laboratorium.

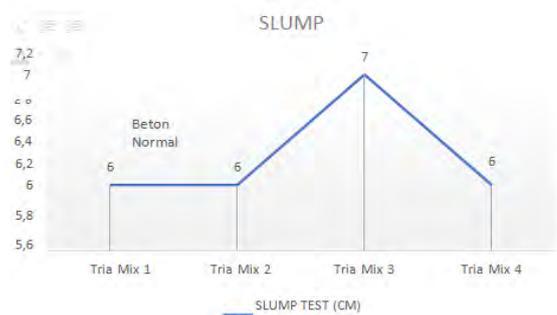
B. Hasil Pengujian Suhu



Gambar 1 Pengukuran Suhu

Suhu semakin turun dengan bertambahnya jumlah slag. Dengan komposisi slag 30 % dan fly ash 10% didapat suhu 32.5°.

C. Hasil Uji Slump



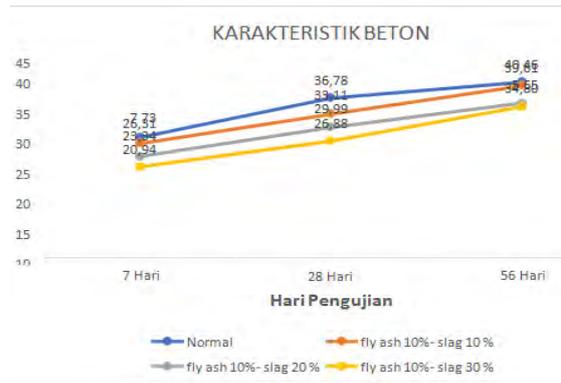
Gambar 2 Hasil Uji Slump

Nilai slump yang terjadi terletak di antara 6 cm-7cm. Nilai slump ini mempersulit dalam pembuatan campuran beton karena lebih cepat mengeras..

D. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Tabel 3 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

No.	Jenis beton	Hari Pengujian		
		7 Hari	28 Hari	56 Hari
		Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
1	Normal	27,73	36,78	40,46
2	10%+10%	26,31	33,11	39,61
3	10%+20%	23,34	29,99	35,65
4	10%+30%	20,94	26,88	34,80



Gambar 3 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

#### IV. ANALISIS

##### A. Analisis Hasil Pengujian Suhu Beton

Berdasarkan hasil penelitian, suhu beton normal sangat panas radiasi nya dibandingkan dengan beton menggunakan *Fly Ash* dan *Slag* dan beton lebih rendah suhunya dari beton normal. Pemanfaatan limbah peleburan baja (*slag*) dan pembakaran batubara (*Fly Ash*) bisa mengurangi panas beton yang bisa mencapai 32.5<sup>o</sup> dengan komposisi *slag* 30% dan *fly ash* 10%.

##### B. Analisis Hasil Pengujian Slump

Berdasarkan SNI 03-2834-2000 Pembuatan Beton Normal, agar memperoleh beton yang mudah pengerjaan ditetapkan slump 12-18 cm. Penelitian ini slump beton yang digunakan belum mencapai kemudahan pengerjaan beton karena slump yang rendah Bisa dilihat berdasarkan pengujian slump yang dilakukan, slump beton 6 cm yang tidak rendah dari syarat slump 12-18 cm.

##### C. Analisis Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, didapat nilai kuat tekan pada beton normal sebesar 27.73 MPa untuk umur beton 7 hari lalu mengalami kenaikan pada umur beton 28 hari menjadi 36.78 Mpa dan semakin naik pada umur 56 hari 40.46 Mpa. Ketika beton normal ditambah campuran *fly ash* 10 % dan *slag* 10% pada semen, nilai kuat tekan turun menjadi 26.31 MPa untuk 7 hari, 33.11 MPa pada umur 28 hari, dan 39.61 pada umur 56 hari. Beton campuran dengan *fly ash* 10 % dan *slag* 20% terjadi penurunan terhadap kuat tekan beton. Beton campuran dengan *fly ash* 10 % dan *slag* 30% terjadi penurunan terhadap kuat tekan beton yang lebih rendah dari kuat tekan beton dengan *fly ash* 10 % dan *slag* 20%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan slag menyebabkan penurunan dari kuat tekan beton.

Berdasarkan pada penelitian beton rata-rata terjadi penurunan di setiap variasi dan kuat tekan beton diperoleh pada persentase penambahan *fly ash* tetap dan variasi *slag*. Pada penelitian ini, kuat tekan maksimum juga didapat pada beton serat

dengan penambahan *fly ash* 10% dan *slag* 10%. Hal ini membuktikan bahwa dengan penambahan *fly ash* 10% dan *slag* 10% menghasilkan kuat tekan beton mendekati kuat tekan beton normal. Penambahan *fly ash* 10% dan *slag* 10% merupakan batas penambahan bahan pengganti semen dan agregat kasar.

#### V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapat beberapa kesimpulan yaitu penambahan limbah peleburan baja (*slag*) dan pembakaran batubara (*Fly Ash*) bisa mengurangi panas beton yang bisa mencapai 32.5<sup>o</sup> dengan komposisi *slag* 30% dan *fly ash* 10%, nilai slump yang dicapai 6 cm yang tidak memenuhi syarat slump 12 cm-18 cm yang menyebabkan beton lebih cepat mengeras. dan penambahan *fly ash* 10% dan *slag* 10% menghasilkan kuat tekan beton mendekati kuat tekan beton normal yaitu nilai kuat tekan turun menjadi 26.31 MPa untuk 7 hari, 33.11 MPa pada umur 28 hari, dan 39.61 pada umur 56 hari yang merupakan batas penambahan bahan pengganti semen dan agregat kasar

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih pada Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri dan Perdagangan Semarang dan Laboratorium PT. Waskita Karya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Haryanti Puspa Sari, "Limbah Batu Bara Dikeluarkan dari Kategori Berbahaya dan Potensi Rusak Lingkungan," *Kompas.com*. 2021. [Online]. Available: <https://nasional.kompas.com/read/2021/03/13/09053331/limbah-batu-bara-dikeluarkan-dari-kategori-berbahaya-dan-potensi-rusak?page=all>
- [2] F. B. Kuncoro, "Kajian Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas Beton dengan Bahan Pengganti Semen Fly Ash Kadar 15%, 30%, dan 40% Terhadap Beton Normal," *Matriks Tek. Sipil*, vol. 9, no. 3, p. 170, 2021, doi: 10.20961/mateksi.v9i3.54494.
- [3] Sukarman, Erlina Yanuarini, Lilis Tiyani, Shofie Rania Salsabila, and Viona Seren, "Pengaruh Substitusi Slag Nikel Dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton Sebagai Pemecah Gelombang," *J. Ilm. Teknol.*

- Infomasi Terap.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–8,  
2022, doi:  
10.33197/jitter.vol9.iss1.2022.952.
- [4] M. Setiawati, “Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. 2018* , pp. 1–8, 2018.
- [5] A. L. I. Achmadi, “Nim L4a002043,” 2009.

## STUDI MANAJEMEN RISIKO PADA PELAKSANAAN PROYEK PEMBANGUNAN PERUMAHAN RACHITA INDAH DI KAB. TAKALAR

Cynthia Putri Ratna<sup>1\*</sup>, Fatmawaty Rachim<sup>2\*</sup>, Mahyuddin<sup>3\*</sup>

<sup>1\*)</sup> Cynthia Putri Ratna A.Md.T, Universitas Fajar Makassar

<sup>2\*)</sup> Fatmawaty Rachim, S.T., M.T, Universitas Fajar Makassar

<sup>3\*)</sup> Ir. Mahyuddin, S.T., M.T.,IPM.,ASEAN.Eng, Universitas Fajar Makassar

\*email: fatmawatyrachim1@gmail.com

**Abstrak**—Kegiatan proyek telah ada dan sudah dikenal sejak dulu. Di dunia sekarang ini, proyek semakin banyak ragamnya, canggih, dan kompleks. Ketidakpastian dapat mengakibatkan adanya risiko bagi berbagai belah pihak yang berkepentingan, terlebih dalam proyek konstruksi. Ketidakberhasilan dalam memahami ketidakpastian beserta risiko yang ditimbulkan dapat menyebabkan tidak tercapainya target proyek konstruksi yaitu dengan biaya yang optimal, tepat waktu dan mutu yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Oleh karena itu, para pihak yang bertanggung jawab dalam pelaksanaan proyek perlu menerapkan manajemen risiko yang mencakup pengidentifikasian risiko-risiko yang kemungkinan terjadi pada proyek serta perencanaan respon dari risiko-risiko tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh faktor risiko dominan serta korelasi antara kinerja terhadap waktu dengan kinerja terhadap biaya dengan menggunakan SPSS. Metode yang digunakan untuk pengumpulan data di dalam penelitian ini, yaitu studi literatur, wawancara dan kuesioner. Dari hasil analisis diperoleh faktor risiko dominan terhadap kinerja waktu antara lain; cuaca yang tidak menentu, keterlambatan pengiriman material ke lokasi proyek, ketersediaan bahan kurang/terbatas, ketidaktepatan waktu pemesanan material. Sedangkan untuk risiko dominan terhadap kinerja biaya antara lain ; cuaca yang tidak menentu, kenaikan harga material. Dampak risiko terhadap waktu memiliki hubungan atau korelasi positif dengan dampak risiko terhadap biaya, dilihat dari hasil analisa koefisiensi korelasi ialah 0.000 dan nilai tersebut  $< 0.05$ . Dimana hubungan atau korelasi tersebut masuk ke dalam kategori korelasi sempurna karena nilai *Pearson Correlation* yang diperoleh yaitu sebesar 0.826

**Kata Kunci** — Risiko, Manajemen Risiko, Risiko Dominan

### I. PENDAHULUAN

Kegiatan proyek telah ada dan sudah dikenal sejak dulu. Di dunia sekarang ini, proyek semakin banyak ragamnya, canggih, dan kompleks. Ketidakpastian dapat mengakibatkan adanya risiko bagi berbagai belah pihak yang berkepentingan, terlebih dalam proyek konstruksi. Ketidakpastian beserta risikonya tidak dapat diabaikan begitu saja dan perlu mendapatkan perhatian yang khusus dan cermat.

Penyebab keterlambatan proyek bisa disebabkan oleh manajemen yang tidak tepat, masalah bahan material, jumlah tenaga kerja, peralatan yang tidak mencukupi, metode kerja yang salah, keuangan dan lingkungan yang tidak mendukung atau kondisi cuaca yang buruk ( Ismael *et al*, 2014 ). Oleh karena itu, para pihak

yang bertanggung jawab dalam pelaksanaan proyek ini perlu menerapkan manajemen risiko yang mencakup pengidentifikasian risiko-risiko yang kemungkinan terjadi pada proyek serta perencanaan respon dari risiko-risiko tersebut. Perencanaan respon risiko yang tepat dapat meminimalisir, menghindari atau bahkan menghilangkan risiko yang ditemukan ( Sopiya *et al*, 2020).

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti bermaksud melakukan penelitian berupa identifikasi risiko-risiko yang kemungkinan terjadi pada proyek ini kemudian dilanjutkan dengan menganalisis risiko-risiko tersebut sehingga dapat diketahui besaran dari risiko-risiko tersebut dengan mengangkat judul penelitian Analisa Manajemen Risiko pada

Pelaksanaan Proyek Pembangunan Perumahan Rachita Indah di Kab. Takalar.

## I. METODE PENELITIAN

### **Alat Penelitian**

Alat penelitian yang digunakan dalam penelitian yaitu lembar kuisisioner, pulpen / pensil, laptop, telepon genggam

### **Bahan Penelitian**

Bahan penelitian yang akan digunakan oleh penulis dalam penelitian ini mencakup hasil kuisisioner.

Metode yang digunakan untuk pengumpulan data di dalam penelitian ini, yaitu studi literatur, wawancara dan kuisisioner.

#### a. Studi Literatur

Studi literatur akan dilakukan pada beberapa hasil penelitian terdahulu mengenai risiko pada sebuah proyek konstruksi.

#### b. Wawancara

Wawancara akan dilakukan kepada para personil yang terlibat di dalam pelaksanaan proyek Pembangunan Perumahan Rachita Indah di Kab. Takalar.

#### c. Kuisisioner

Dalam penelitian ini metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode angket (Kuisisioner). Kuisisioner merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pernyataan kepada responden untuk di jawabnya.

### **Pelaksanaan Penelitian**

#### **1. Studi Literatur**

Studi Literatur ini dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh teori-teori yang sesuai dengan permasalahan yang diteliti, sehingga mencapai tujuan yang diharapkan.

#### **2. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian**

Rumusan masalah berisi pertanyaan yang nantinya akan terjawab ketika penelitian selesai. Pada penelitian ini, masalah yang dihadapi adalah bagaimana meminimalisir risiko yang terjadi berdasarkan usulan penanganan risiko yang terjadi.

#### **3. Pembuatan dan Penyebaran Kuisisioner**

Kuisisioner adalah alat yang digunakan oleh peneliti untuk mengumpulkan data primer. Kuisisioner berguna untuk mendapatkan data tentang resiko-resiko yang berupa pertanyaan-pertanyaan.

#### **4. Analisa Data**

Dalam penelitian ini dilakukan 2 kali penyebaran kuisisioner yaitu kuisisioner pendahuluan dan kuisisioner utama. Semua data

yang telah terkumpul pada kuisisioner pendahuluan selanjutnya diolah dan dianalisa. Setelah itu menyebar kuisisioner utama, data dari kuisisioner utama selanjutnya dilakukan uji validitas menggunakan SPSS untuk mengetahui tingkat kevalidan dari instrumen kuisisioner yang digunakan dalam pengumpulan data.

## II. HASIL DAN PEMBAHASAN

### **Identifikasi Risiko**

Identifikasi risiko pada pelaksanaan proyek Pembangunan Perumahan Rachita Indah di Kab. Takalar dilakukan dengan studi literatur. Selanjutnya risiko tersebut diseleksi melalui survey pendahuluan agar mendapat risiko yang relevan terjadi pada proyek. Kuisisioner tersebut menggunakan skala diktomis dan diuji menggunakan SPSS yaitu uji Cochran Q Test. Dari hasil uji Cochran Q Test diperoleh 18 indikator yang termasuk menjadi indikator risiko yang memungkinkan terjadi pada proyek pembangunan Perumahan Rachita Indah di Kab. Takalar.

Hasil dari seleksi menggunakan uji Cochran Q Test tersebut akan digunakan menjadi indikator risiko kuisisioner untuk survey utama. Setelah penyebaran survey utama, data tersebut direkapitulasi dan ditabulasi lalu selanjutnya dilakukan uji validitas. Pengujian reliabilitas pada penelitian ini dengan menggunakan program SPSS diperoleh nilai Cronbach's Alpha  $> 0.7$  sehingga semua instrumen tersebut dapat dinyatakan reliable.

### **Penilaian dan Penerimaan Risiko**

Nilai setiap probabilitas dan impact dari tiap-tiap variabel dimuat ke dalam matriks probabilitas dan dampak. Sehingga diperoleh variabel-variabel risiko apa saja yang termasuk ke dalam kategori risiko rendah (*low*), sedang (*medium*), tinggi (*high*), sangat tinggi (*extreme*). Dari penyajian matriks tersebut juga dapat memberi informasi risiko dominan yang ada pada proyek tersebut. Hasil rekapitulasi probabilitas dan impact terhadap waktu dan biaya dapat dilihat pada tabel dan matriks dibawah ini

Kemungkinan (Probability)	5 (Sangat Sering)					
	4 (Sering)				X1	
	3 Kadang-Kadang			X11,X16	X6,X8,X10	
	2 (Jarang)		X14	X2,X4,X5,X7, X13,X15,X17,X18		
	1 (Sangat Jarang)	X9	X3,X12			
		1 (Sangat Kecil)	2 (Kecil)	3 (Sedang)	4 (Besar)	5 (Sangat Besar)
Dampak ( Impact)						
Keterangan						
		Low				
		Medium				
		High				
		Extreme				

Berdasarkan matriks risiko diatas didapatkan kategori risiko dominan terhadap kinerja waktu yaitu: cuaca yang tidak menentu, keterlambatan pengiriman material ke lokasi proyek, ketersediaan bahan kurang/terbatas, ketidaktepatan waktu pemesanan material.

Kemungkinan (Probability)	5 (Sangat Sering)					
	4 (Sering)		X1			
	3 Kadang-Kadang	X6,X8,X10	X11,X16			
	2 (Jarang)	X13,X15	X4,X5,X7, X17,X18	X2,X14	X9	
	1 (Sangat Jarang)	X12	X3			
		1 (Sangat Kecil)	2 (Kecil)	3 (Sedang)	4 (Besar)	5 (Sangat Besar)
Dampak ( Impact)						
Keterangan						
		Low				
		Medium				
		High				
		Extreme				

Berdasarkan matriks risiko diatas didapatkan kategori risiko dominan terhadap kinerja biaya yaitu: cuaca yang tidak menentu dan kenaikan harga material.

### Uji Korelasi

Uji Korelasi pearson lakukan untuk mencari arah dan kekuatan hubungan antara variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y). Dasar pengambilan kesimpulan dari uji korelasi person ialah:

- Jika nilai signifikansi < 0,05 maka memiliki korelasi
- Jika nilai signifikansi > 0,05 maka tidak memiliki korelasi

Hipotesis yang akan diuji ialah :

H<sub>0</sub> : Tidak ada hubungan antara dampak risiko terhadap waktu dengan dampak risiko terhadap biaya pada proyek pembangunan Perumahan Rachita Indah.

H<sub>a</sub> : Tidak ada hubungan antara dampak risiko terhadap waktu dengan dampak risiko terhadap biaya pada proyek pembangunan Perumahan Rachita Indah.

Waktu dengan dampak risiko terhadap biaya pada proyek pembangunan Perumahan Rachita Indah. Dilihat dari hasil analisa koefisiensi korelasi ialah 0.000 dan nilai tersebut < 0.05,

maka tolak H<sub>0</sub> dan terima H<sub>a</sub> sehingga koefisien waktu dan biaya memiliki korelasi. Hubungan antara dampak risiko terhadap waktu dengan dampak risiko terhadap biaya pada proyek pembangunan Perumahan Rachita Indah dapat dilihat dari *Pearson Correlation* yaitu sebesar 0.826 dimana nilai tersebut masuk dalam kategori korelasi sempurna. Sehingga dampak risiko terhadap waktu berhubungan secara positif dengan dampak risiko terhadap biaya dengan korelasi sempurna.

### III. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, peneliti dapat memberikan kesimpulan sebagai berikut :

- Faktor-faktor risiko yang memungkinkan terjadi pada pelaksanaan proyek Pembangunan Perumahan Rachita Indah antara lain : Cuaca yang tidak menentu, kesalahan estimasi waktu dan biaya, lemahnya pengawasan dalam kontrak, kondisi lapangan tidak sesuai dengan data perencanaan, kesalahan penerapan desain di lapangan, keterlambatan pengiriman material ke lokasi proyek, produktivitas peralatan rendah, ketersediaan bahan kurang/Terbatas, kenaikan harga material, ketidaktepatan waktu pemesanan material, peraturan K3 yang tidak dilaksanakan di lapangan.
- Faktor-faktor risiko dominan terhadap kinerja waktu antara lain; Cuaca yang tidak menentu, keterlambatan pengiriman material ke lokasi proyek, ketersediaan bahan kurang/terbatas, ketidaktepatan waktu pemesanan material. Sedangkan untuk risiko dominan terhadap kinerja biaya antara lain ; cuaca yang tidak menentu, kenaikan harga material.
- Dampak risiko terhadap waktu memiliki hubungan atau korelasi positif dengan dampak risiko terhadap biaya, dilihat dari hasil analisa koefisiensi korelasi ialah 0.000 dan nilai tersebut < 0.05. Dimana hubungan atau korelasi tersebut masuk ke dalam kategori korelasi sempurna karena nilai *Pearson Correlation* yang diperoleh yaitu sebesar 0.82

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asmarantaka, Nadya Safira. 2014. Analisis Risiko yang Berpengaruh Terhadap Kinerja Proyek pada Pembangunan Hotel Batiqa

- Palembang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* 2.3 . 483-491.
- [2] Bachtiar, E., Mahyuddin, M., Nur, N. K., Tumpu, M., Rosyidah, M., Setiawan, A. M., ... & Rachim, F. 2021. *Manajemen K3 Konstruksi*. Yayasan Kita Menulis.
- [3] Candra, V., Simarmata, N.I.P., Mahyuddin, M., Purba, B., Purba, S., Chaerul, M., Hasibuan, A., Siregar, T., Sisca, S., Karwanto, K. and Romindo, R., 2021. *Pengantar Metodologi Penelitian*. Yayasan Kita Menulis.
- [4] Effendy, Fenny. 2016. Analisa Risiko Proyek Desain Dan Konstruksi Interior pada New Dizzy Interior ( Doctoral Dissertation Institus Teknologi Sepuluh Nopember)
- [5] Flanagan,R dan Norman,G. 1993. Risk Management and Construction. Blacwell Sceance. London
- [6] Hubert, W. dan Huda M. 2015. Analisa Faktor Risiko Biaya pada Pembangunan Perumahan Type Vicenza the Greenlake Citraland
- [7] Ismael, Idzurnida, and Juanidi Junaidi. 2014. Identifikasi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keterlambatan Pelaksanaan Pekerjaan pada Proyek Pembangunan Gedung di Kota Bukittinggi. *Jurnal Momentum* 16.1
- [8] Kezner, Harold. 2001 . “Project Management” Seventh Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York. 121-124
- [9] Lokobal, A., Marthin D. J. Sumajouw, Bonny F. Sompie . 2014. Manajemen Risiko pada Perusahaan Jasa Pelaksana Konstruksi di Provinsi Papua ( Studi Kasus di Kab. Sarmi )
- [10] Mahyuddin, M., Kurniullah, A. Z., Hasibuan, A., Rahayu, P. P., Purba, B., Sipayung, P. D., ... & Butarbutar, M. 2021. *Teori Organisasi*. Yayasan Kita Menulis.
- [11] Meylani, Rizka .2018. Analisa Risiko Konstruksi pada Proyek Pembangunan Gedung (*Studi Kasus: Proyek Pembangunan Rumah Susun Medan*). PhD Thesis. Universitas Sumatera Utara.
- [12] Sari, Novita. 2016. Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Pekerjaan Konstruksi. Pontianak : Universitas Tanjung Pura
- [13] Simamora, Bilson .2005. Analisis Multivariat Pemasaran. Gramedia Pustaka Utama. 16-21
- [14] Siswanti, I., Sitepu, C. N. B., Butarbutar, N., Basmar, E., Saleh, R., Sudirman, S., ... & Prasasti, L. 2020. Manajemen Risiko Perusahaan. Yayasan Kita Menulis.
- [15] Sopiya, Y and A. Salimah. 2020. Analisis Dan Respon Arisiko Pada Proyek Konstruksi Gedung. *Constr. Mater. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 46–58.
- [16] Sufa'atin, Implementasi Probability Impact Matriks. 2017. "Untuk Mengidentifikasi Kemungkinan dan Dampak Risiko Proyek." *ULTIMA InfoSys* 8.1 : 45-47.
- [17] Sugiyono. 2005. Statistika untuk penelitian. Bandung: CV. Alfabeta 21 , 56-57
- [18] Sugiyono. 2011. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: CV Alfabeta

## EVALUASI KEUTUHAN DAN DAYA DUKUNG FONDASI BORED PILE DENGAN CROSSHOLE SONIC LOGGING (CSL), PILE INTEGRITY TEST (PIT) DAN PILE DRIVING ANALYZER (PDA) PADA PROYEK FLY OVER KOPO BANDUNG

Chandra Afriade Siregar<sup>1)</sup>, Shilvia Citra Adinda<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung

Email : chandra.afriade@usbykp.ac.id ; siilviaadinda@gmail.com

### ABSTRAK

Pondasi bor (*bored pile*) merupakan jenis pondasi dalam yang pembuatannya dengan cara cor di tempat (*cast in-situ*). Maka diperlukan struktur yang kuat yaitu dengan perhitungkan daya dukung dan kontrol mutu pekerjaan pengecoran pondasi bor berupa integritas beton menggunakan metode uji *non-destructive* yaitu uji *Pile Integrity Test* (PIT) dan *Crosshole Sonic Logging* (CSL). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perhitungan dan membandingkan daya dukung pondasi *Bored Pile* Ø1.2m pada P-10 BP-5 dengan menggunakan hasil data sekunder yaitu data *Standart Penetration Test* (SPT) dan *Pile Driving Analyzer* (PDA) di lapangan. Penelitian ini mengambil studi kasus pada Proyek Fly Over Kopo Kota Bandung.

Dalam menganalisis daya dukung pondasi *Bored Pile* ini menggunakan metode *Reese & Wright*. Spesifikasi ukuran *Bored Pile* yang dianalisis yaitu Ø1.2m dengan panjang 24m. Berdasarkan data SPT diperoleh hasil daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) = 49 ton, sedangkan hasil data PDA diperoleh  $Q_p$  = 79 ton. Daya dukung selimut tiang berdasarkan data SPT diperoleh ( $Q_s$ ) = 1.101 ton, dengan data PDA didapat  $Q_s$  = 1.338 ton. Daya dukung ultimit dengan data SPT diperoleh  $Q_u$  = 1.151 ton, dengan data PDA didapat  $Q_u$  = 1.418 ton. Efisiensi kelompok tiang berdasarkan Metode *Converse-Labarre* berdasarkan data SPT diperoleh  $Q_g$  = 12.512 ton, dengan data PDA  $Q_g$  = 15.427 ton.

Hasil Pengujian PIT menunjukkan integritas beton tiang masuk dalam kategori *undamaged*. Untuk hasil pengujian CSL menunjukkan bahwa integritas beton tiang masuk dalam kategori *Good* (G). Dapat disimpulkan bahwa seluruh sampel pondasi bor yang dilakukan pengujian PIT dan CSL memiliki integritas beton yang baik.  
Kata Kunci : *Bored Pile, CSL, Daya Dukung, Keutuhan Tiang, PDA, PIT, Reese & Wright, SPT*

### ABSTRACT

*Bored pile foundations are a type of in-situ cast-in-place foundation construction method. Therefore, a strong structure is required, taking into account load-bearing capacity and quality control of the bored pile casting work, particularly regarding concrete integrity. This is achieved through non-destructive testing methods such as Pile Integrity Test (PIT) and Crosshole Sonic Logging (CSL). The objective of this research is to calculate and compare the load-bearing capacity of Ø1.2m Bored Pile foundations at P-10 BP-5 using secondary data from Standard Penetration Test (SPT) and Pile Driving Analyzer (PDA) obtained in the field. This study focuses on a case study within the Kopo Flyover Project in the city of Bandung.*

*In analyzing the load-bearing capacity of these Bored Pile foundations, the Reese & Wright method is employed. The analyzed Bored Pile specifications are Ø1.2m in diameter and 24m in length. Based on SPT data, the ultimate tip load capacity ( $Q_p$ ) is determined as 49 tons, while the PDA data yields  $Q_p$  of 79 tons. The side load capacity based on SPT data ( $Q_s$ ) is calculated as 1.101 tons, compared to 1.338 tons from PDA data. The ultimate load capacity from SPT data ( $Q_u$ ) is found to be 1.151 tons, with PDA data indicating  $Q_u$  of 1.418 tons. The group efficiency of piles according to the Converse-Labarre Method using SPT data is  $Q_g$  = 12.512 tons, and with PDA data,  $Q_g$  = 15.427 tons.*

*PIT results show that the concrete integrity of the piles falls within the "undamaged" category. CSL testing indicates that the concrete integrity of the piles is categorized as "Good (G)." In conclusion, all tested bored pile foundation samples, evaluated through PIT and CSL testing, exhibit good concrete integrity.*

**Keywords:** *Bored Pile, CSL, Load-Bearing Capacity, PDA, Pile Integrity, PIT, Reese & Wright, SPT*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pondasi merupakan bagian dari struktur yang berfungsi meneruskan beban struktur atas ke lapisan tanah yang mempunyai daya dukung aman. Struktur pondasi dapat memikul bangunan dengan aman dengan syarat pondasi tidak boleh mengalami keruntuhan daya dukung maupun kegagalan struktur. Keruntuhan daya dukung dalam hal ini adalah pondasi tidak boleh mengalami penurunan yang dapat membahayakan struktur yang dipikulnya serta tanah yang terbebani tidak mengalami keruntuhan. Sedangkan kegagalan struktur yang dimaksud dalam hal ini adalah bahan yang digunakan untuk menyalurkan beban bangunan harus cukup kuat dan tidak mengalami kerusakan bahan. Hal ini dikenal dengan keutuhan (*integrity*) bahan.

Pada sekitar tahun 80-an, para ahli berusaha mencari teknologi pengajuan pelaksanaan uji beban dan uji keruntuhan bahan pada fondasi yang ekonomis, praktis dan tidak merusak struktur fondasi. Kemudian diperkenalkan teknik uji keruntuhan tiang beton yang tidak merusak (*non destruktif*) struktur tiang, yaitu teknik uji integritas tiang atau *pile integrity test* (PIT) dan *Crosshole Sonic Logging* (CSL) untuk mendapatkan data kerusakan fondasi. Sedangkan untuk uji kapasitas atau daya dukung tiang digunakan metode Standard Penetration Test (SPT) untuk menentukan daya dukung dari data parameter tanah dan metode loading test yang termasuk metode statis, sedangkan metode

dinamis untuk menentukan kelayakan dan daya dukung tiang fondasi yaitu *Pile Driving Analyzer* (PDA).

### 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

#### 1.2.1 Maksud

- Menganalisa besarnya daya dukung pondasi Bored Pile menggunakan metode *Reese & Wright*.
- Menganalisa besarnya daya dukung pondasi Bored Pile berdasarkan data uji SPT dan PDA.
- Menganalisa keutuhan tiang bor menggunakan CSL dan PIT.

#### 1.2.2 Tujuan

- Mendapatkan dan membandingkan nilai daya dukung pondasi Bored Pile berdasarkan data uji SPT dan PDA.
- Mendapatkan nilai efisiensi kelompok pondasi Bored Pile.
- Mengetahui integritas tiang berdasarkan hasil uji CSL dan PIT.

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini batasan masalah yang ditinjau adalah:

- Penelitian ditinjau pada Proyek Jalan Layang Kopo.
- Perhitungan daya dukung berdasarkan data SPT menggunakan metode *Reese & Wright*.
- Bored Pile material beton dengan diameter 1,2 m
- Pengujian CSL pada titik P-10 BP-5
- Pengujian PIT dan PDA pada titik P-9 Bp-14

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Tinjauan Umum

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan. Pondasi Bored Pile adalah pondasi yang dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang.

Ada beberapa keuntungan dalam pemakaian pondasi *Bored Pile* jika dibandingkan dengan tiang pancang (Braja M Das, 1995), yaitu : mutu beton hasil pengecoran bila tidak terjamin keseragamannya di sepanjang badan *Bored Pile* mengurangi kapasitas dukung *Bored Pile*.

## 2.2 Kapasitas Daya Dukung Bored Pile Berdasarkan Data SPT

Daya dukung pondasi *Bored Pile* dapat dihitung dengan berbagai metode tergantung dengan data-data yang tersedia pada proyek tersebut.

Berikut adalah metode untuk menghitung daya dukung berdasarkan data SPT dengan metode *Reese & Wright* (1997).

a. Daya Dukung Ujung Pondasi Bored Pile (*end bearing*).

Kapasitas daya dukung ujung pondasi Bored Pile dinyatakan dengan rumus:

(Untuk Tanah Kohesif)

$$Q_p = q_p \times A_p$$

Keterangan:

$Q_p$  = tahanan ujung per satuan luas (ton/m<sup>2</sup>)

$A_p$  = luas penampang pondasi (m<sup>2</sup>)

(Untuk Tanah Non Kohesif)

$$Q_p = \frac{40}{0,3048^2} \times A_p$$

(untuk  $N_{spt} > 60$ )

$$Q_p = \frac{2}{3} \times \frac{1}{0,3048^2} \times N \times A_p$$

(untuk  $N_{spt} \leq 60$ )

Keterangan:

$N$  = nilai  $N_{spt}$  tanah

b. Daya Dukung Selimut Pondasi Bored Pile ( $Q_s$ ).

Kapasitas daya dukung selimut pondasi Bored Pile dinyatakan dengan rumus:

(Untuk Tanah Kohesif)

$$Q_s = C_u \times \alpha \times p \times \Delta l$$

Keterangan:

$\alpha$  = factor koreksi

$p$  = keliling pondasi Bored Pile (m)

$\Delta l$  = kedalaman tiang yang ditinjau (m)

(Untuk Tanah Non Kohesif)

$$Q_s = 0,32 \times N \times p \times \Delta l$$

(untuk  $N_{spt} < 53$ )

$$Q_s = \frac{N-53}{450} \times \frac{1}{0,3048^2} \times p \times \Delta l$$

(untuk  $N_{spt} \geq 53$ )

c. Daya Dukung Ultimate Pondasi Bored Pile

Kapasitas daya dukung ultimate pondasi Bored Pile dinyatakan dengan rumus:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Keterangan:

$Q_p$  = daya dukung ujung tiang (ton)

$Q_s$  = daya dukung selimut (ton)

### 2.3 Kapasitas Daya Dukung Bored Pile Berdasarkan Data PDA

Daya dukung tiang dari hasil PDA akan dianalisa lebih lanjut dengan menggunakan program CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*), yaitu metoda untuk menentukan persamaan gelombang berdasarkan parameter tanah aktif akibat beban impact, yang dikembangkan di *Case Western Reserve University*.

Pada pengujian dengan metode PDA terdapat beberapa parameter pendukung, yaitu:

#### a. CAPWAP (*Case Wave Analysis Program*)

Analisis ini menggunakan data yang diperoleh dari pengujian PDA untuk memberikan hasil analisis yang lebih detail (ASTM D-4945-1996).

#### b. Data dan Parameter Pengujian PDA Test

Penghentian re-strike dan perekaman data dilakukan setelah penguji yakin bahwa hammer telah memberikan energi transfer maksimum yang mampu dilakukannya.

#### c. Refusal dan Ultimate

Pengertian daya dukung yang bersifat refusal adalah daya dukung yang terdeteksi / terdata dan di analisis merupakan daya dukung yang diperoleh dari kondisi pondasi tiang yang belum sepenuhnya termobilisasi.

Pengertian daya dukung yang bersifat ultimate adalah daya dukung yang

diperoleh dari kondisi pondasi tiang yang sudah termobilisasi sepenuhnya (ASTM D-4945-1996).

Kedua kondisi tersebut (refusal atau ultimate) dapat diterima selama daya dukung yang diperoleh masih memenuhi syarat faktor keamanan yang dituntut dari desain yang ditetapkan.

#### d. Safety Factor

Safety Factor yang digunakan untuk pengujian PDA adalah 2,0.

### 2.4 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang Bored Pile

Persamaan untuk menghitung efisiensi kelompok tiang adalah sebagai berikut:

#### a. Metode *Converse – Labarre*

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

Keterangan:

$m$  = jumlah baris tiang

$n$  = jumlah tiang dalam satu baris

$\theta$  = Arc tg D/S (°)

#### b. Metode *Los Angeles Group*

$$E_g = 1 - \frac{d}{\pi \cdot s \cdot m \cdot n} \left[ m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2(n-1)(m-1)} \right]$$

Keterangan:

$d$  = diameter pondasi (cm)

$s$  = jarak pusat ke pusat tiang (cm)

#### c. *Seiler – Keeney Formula*

$$E_g = \left\{ 1 - \left[ \frac{11s}{7(s^2-1)} \right] \left[ \frac{m+n-2}{m+n-1} \right] \right\} + \frac{0,3}{m+n}$$

### 2.5 Analisa Keutuhan Tiang

#### a. Uji *Pile Integrity Test* (PIT)

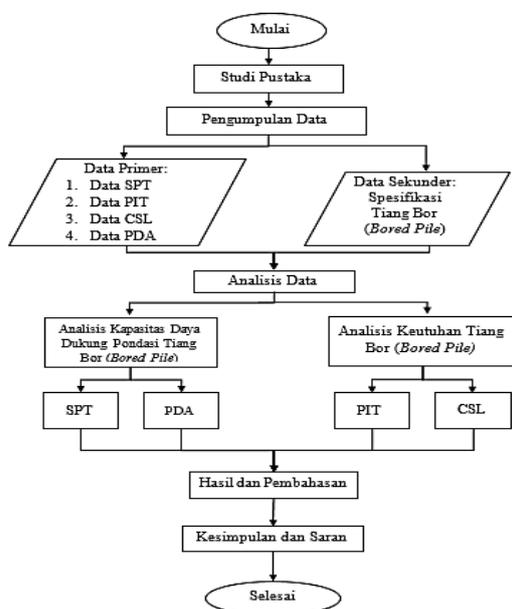
*Pile Integrity Test* bisa dikenal juga sebagai pengujian dinamis regangan

rendah (*low strain dynamic testing*) untuk memeriksa adanya potensi bahaya pada fondasi tiang bor seperti adanya rongga atau retakan, integritas tiang pada kedalaman total, dan menentukan panjang tiang yang belum diketahui pada struktur yang ada.

- b. Uji *Crosshole Sonic Logging* (CSL) *Crosshole Sonic Logging* pertama kali dikembangkan oleh *French National Industry* (CEBTP) di akhir tahun 1960-an. Metode ini sekarang banyak dipergunakan secara luas untuk menentukan integritas dari tiang bor (*bored pile*) atau sumuran bor (*drilled shafts*). *Crosshole Sonic Logging* digunakan untuk memastikan integritas dari beton, letak kerusakan dan untuk evaluasi efektifitas dari perbaikan.

### 3. METODE PENELITIAN

Adapun rencana tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

## 4. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

### 4.1 Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data SPT

Perhitungan kapasitas daya dukung pondasi *Bored Pile* dari data SPT memakai metode Reese & Wright dan data diambil pada titik AB-2 BH-P8.

Tabel 4. 2 Statigrafi Lapisan Tanah Berdasarkan Nilai N-SPT

MAT	-8,0	-3,0	-3,0	-3,5	-3,0	-3,0	-3,0	-18,0	-3,0	-6,0	-3,0	-3,0	-8,0	
Depth	A1	P2	P3	P5	P6	P8	P10	P11	P13	P15	P16	P18	P19	A2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-2	9	42	14	7	8	13	8	8	18	17	2	25	60	9
-4	10	30	12	27	11	14	10	10	15	43	17	34	17	10
-6	22	5	18	3	26	17	12	44	46	33	2	60	60	22
-8	60	60	17	32	42	10	20	18	36	34	38	60	60	60
-10	24	60	22	53	53	60	40	21	50	37	19	34	60	24
-12	27	17	22	56	56	60	60	51	55	60	60	56	60	27
-14	60	60	42	60	60	20	60	60	60	60	60	60	60	60
-16	60	60	39	60	60	22	60	60	60	60	60	60	60	60
-18	60	60	60	60	60	24	60	60	60	60	60	60	60	60
-20	60	60	60	60	60	60	52	60	60	60	60	60	60	60
-22	60	60	39	60	60	57	60	60	60	60	60	60	60	60
-24	60	60	43	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
-26	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
-28	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
-30	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
-32	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
N rata-rata	44	48	38	46	47	36	44	44	48	49	43	51	54	44
Site Class	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD							

Keterangan:  
 = Sangat Urai - Urai  
 = Agak Padat  
 = Padat  
 = Sangat Padat  
 = Sangat Lunak - Lunak  
 = Teguh - Sangat Teguh  
 = Tanah Keras  
 = Tanah sangat Keras

- a. Daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ )

Data Bored Pile:

$$D = 1,2 \text{ m}$$

$$p = \pi \times d$$

$$= 3,14 \times 1,2$$

$$= 3,768 \text{ m}$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= 1,130 \text{ m}^2$$

Untuk tanah kohesif:

Sebagai contoh sampel perhitungan digunakan nilai  $N_{spt}$  dengan kedalaman 4 meter yaitu nilai  $N_{spt}$  10.

$$Q_p = q_p \times A_p$$

$$C_u = \frac{2}{3} \times N_{spt} \times 10$$

$$= \frac{2}{3} \times 10 \times 10$$

$$= 6,8 \text{ t/m}^2$$

$$q_p = 9 \cdot C_u$$

$$= 9 \times 6,8$$

$$= 61,1 \text{ t/m}^2$$

$$Q_p = q_p \times A_p$$

$$= 61,1 \text{ t/m}^2 \times 1,130 \text{ m}^2$$

$$= 69 \text{ ton}$$

Untuk tanah non kohesif:

Sebagai contoh sampel perhitungan digunakan nilai  $N_{spt}$  dengan kedalaman 24 meter yaitu nilai  $N_{spt}$  60.

$$Q_p = \frac{2}{3} \times \frac{1}{0,3048^2} \times N \times A_p$$

$$Q_p = \frac{2}{3} \times \frac{1}{0,3048^2} \times 60 \times 1,13$$

$$Q_p = 486,529 \text{ ton}$$

$$Q_p = 49 \text{ ton}$$

#### b. Daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ )

Data Bored Pile:

$$D = 1,2 \text{ m}$$

$$p = 3,768 \text{ m}$$

$$\Delta l = 2 \text{ m}$$

Menurut *Reese & Wright* (1977)

koefisien  $\alpha$  untuk Bored Pile adalah 0,55

Untuk tanah kohesif:

$$Q_s = C_u \times \alpha \times p \times \Delta l$$

$$Q_s = 6,8 \times 0,55 \times 3,768 \times 2$$

$$Q_s = 28,18 \text{ ton}$$

$$Q_{Scumm} = 55,536 \text{ ton}$$

Untuk tanah non kohesif:

$$Q_s = \frac{N - 53}{450} \times \frac{1}{0,3048^2} \times p \times \Delta l$$

$$Q_s = \frac{60 - 53}{450} \times \frac{1}{0,3048^2} \times 3,768 \times 2$$

$$Q_s = 1,26 \text{ ton}$$

$$Q_{Scumm} = 1101,42 \text{ ton}$$

#### c. Kapasitas dukung ultimate tiang

Untuk tanah kohesif

$$Q_u = Q_p + Q_{Scumm}$$

$$Q_u = 69 + 28$$

$$Q_u = 97 \text{ ton}$$

Untuk tanah non kohesif

$$Q_u = Q_p + Q_{Scumm}$$

$$Q_u = 49 + 1101$$

$$Q_u = 1151 \text{ ton}$$

## 4.2 Daya Dukung Bored Pile Berdasarkan

### Hasil PDA

Tabel 4. 3 Daya Dukung Bored Pile Berdasarkan Tes PDA

No Tiang	PDA	Hasil Analisis CAPWAP			
	Daya Dukung	Daya Dukung			Displacement
		Total	Friksi	End Bearing	Total
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(mm)
P-10 BP-5	929	1418	1338	79	6,5

## 4.3 Kapasitas Daya Dukung Aksial

### Kelompok Tiang

#### a. Metode *Converse – Labarre*

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

$$E_g = 1 - \left( \text{arc tg } \frac{120}{350} \right) \times \frac{(4-1)4 + (4-1)4}{90 \times 4 \times 4}$$

$$E_g = 1 - 0,31 = 0,68 = 68\%$$

#### b. Metode *Los Angeles Group*

$$E_g = 1 - \frac{d}{\pi \cdot s \cdot m \cdot n} [m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2}(n-1)(m-1)]$$

$$E_g = 1 - \frac{120}{\pi \cdot 350 \times 4 \times 4} [4(4-1) + 4(4-1) + \sqrt{2}(4-1)(4-1)]$$

$$E_g = 1 - 0,19$$

$$E_g = 0,81 = 81\%$$

#### c. Metode *Seiler-Keeney*

$$E_g = \left\{ 1 - \left[ \frac{11s}{7(s^2 - 1)} \right] \left[ \frac{m+n-2}{m+n-1} \right] \right\} + \frac{0,3}{m+n}$$

$$E_g = \left\{ 1 - \left[ \frac{11 \times 350}{7(350^2 - 1)} \right] \left[ \frac{4+4-2}{4+4-1} \right] \right\} + \frac{0,3}{4+4}$$

$$E_g = 1,03 = 103\%$$

Maka, daya dukung ultimate kelompok tiang didapat dengan persamaan:

Untuk data SPT

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_u$$

$$Q_g = 0,68 \times 16 \times 1.151 = 12.512 \text{ ton}$$

Untuk data PDA

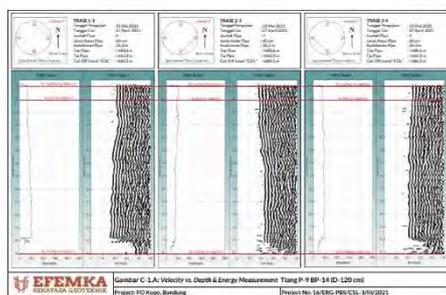
$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_u$$

$$Q_g = 0,68 \times 16 \times 1418 = 15.427 \text{ ton}$$

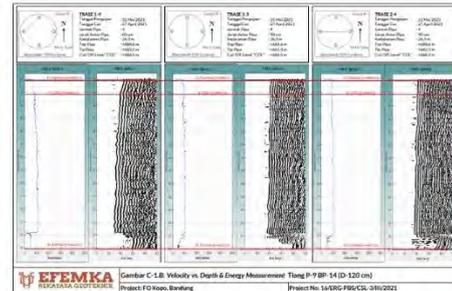
#### 4.4 Hasil Pengujian CSL

Hasil CSL untuk tiang bor P-9 BP-14 menunjukkan:

- a. Cepat rambat gelombang terukur yang relative baik dan seragam pada badan tiang (Good (G)/ No signal distortion and decrease in signal velocity of 10% or less are indicative of good quality concrete).
- b. Pada seluruh trase terjadi pengurangan kecepatan terukur di bagian bawah tiang atau sekitar 200 cm terbawah, dimana hal ini bisa terjadi akibat potensi adanya beton lemah (campuran beton dengan lumpur)



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Crosshole Sonic Logging (CSL)



Gambar 4. 2 Grafik Hasil CSL Titik 2.A

#### 4.5 Hasil Pengujian PIT

Pengujian pada satu tiang dilakukan dengan beberapa kali pemukulan sampai diperoleh grafik uji yang konsisten.

Tabel 4. 4 Hasil Uji PIT

No Tiang	Diskusi	Klasifikasi
P-10 BP-5	Terlihat adanya indikasi kenaikan impedansi di kedalaman ± 5-14 m (potensi akibat friksi tanah/ pembesaran tiang). Ujung tiang tidak terlihat jelas.	AB (No major defect indicated) @ 14 m

### 5. KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan mengenai daya dukung aksial pondasi tiang *bored pile* dan keutuhan tiang *bored pile* pada Jalan Layang/ *Fly Over* Kopo Bandung dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain:

- a. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung aksial menggunakan data SPT pada kedalaman 24 m menggunakan metode *Reese & Wright* didapat nilai daya dukung ultimate tiang bor P-10 BP-5 diantaranya:

Σ	Analisis
---	----------

	Daya Dukung Ujung Tiang (ton)	Daya Dukung Selimut (ton)	Daya Dukung Ultimit (ton)	Daya Dukung Ultimit Kelompok Tiang (ton)
SPT	49	1 101	1 151	12 512

b. Hasil pengujian *Pile Driving Analyzer* (PDA) pada P-10 BP-5

No Tiang	Hasil Analisis CAPWAP				PDA
	Daya Dukung				Daya Dukung
	End Bearing	Friksi	Ultimit	Group	
	(ton)	(ton)	(ton)	(mm)	
P-10 BP-5	79	1 338	1 418	15 427	929

c. Hasil pengujian *Pile Integrity Test* (PIT) pada tiang P-10 BP-5 menunjukkan bahwa terlihat adanya indikasi kenaikan impedansi di kedalaman ± 5-14 m (berpotensi diakibatkan oleh friksi tanah/ pembesaran tiang), lalu ujung tiang pun tidak terlihat jelas pada grafik gelombang yang tercatat. Namun dapat disimpulkan bahwa pondasi bor memiliki keutuhan (integritas) beton yang baik termasuk dalam klasifikasi *un-damage* dengan perincian sebagai berikut:

No Tiang	Diskusi	Klasifikasi
P-10 BP-5	Terlihat adanya indikasi kenaikan impedansi di kedalaman ± 5-14 m (potensi	AB (No major defect indicated) @ 14 m

	akibat friksi tanah/ pembesaran tiang). Ujung tiang tidak terlihat jelas.	
--	---	--

d. Hasil pengujian *Crosshole Sonic Logging* (CSL) pada tiang P-9 BP-14 menunjukkan bahwa integritas beton termasuk dalam klasifikasi *Good* (G). Dengan perincian sebagai berikut:

- Cepat rambat gelombang terukur yang relatif baik dan seragam pada badan tiang (Good (G)/ No signal distortion of good quality concrete)
- Pada seluruh trase terjadi pengurangan kecepatan terukur di bagian bawah tiang atau sekitar 200 cm terbawah, dimana hal ini bisa terjadi akibat potensi adanya beton lemah (campuran beton dengan lumpur).
- Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa seluruh sampel pondasi bor memiliki keutuhan (integritas) beton yang baik
- Dari uraian diatas jelas bahwa uji *sonic logging* maupun uji PIT bukanlah uji kuantitatif tetapi merupakan uji kualitatif, artinya hasil uji tidak dapat secara langsung memberikan ukuran penampang, besarnya kerusakan dan jenis kerusakan/ kelainan secara akurat. Dalam hal memberikan kepastian terjadinya kerusakan pada kedalaman

tertentu, *sonic logging* lebih baik dari PIT. Namun karena sebelumnya harus dipasang pipa uji, unsur random menjadi agak sulit diterapkan, kecuali bila jumlah tiang yang dilengkapi dengan pipa uji cukup banyak dan ini berarto membuang biaya. Uji *sonic logging* juga tidak bisa mendeteksi adanya pembesaran penampang.

Walaupun uji *sonic logging* dapat menunjukkan kedalaman pengurangan penampang (kerusakan pada penampang tiang berupa kropos, adanya lumpur, dll), namun uji *sonic logging* tidak dapat menunjukkan adanya pembesaran penampang (*bulding*) pada tiang. Sebaliknya uji PIT mempunyai keunggulan dalam hal ini.

Dapat disimpulkan bahwa uji PIT dan *sonic logging* sangat baik dalam memeriksa keutuhan (integritas) penampang tiang, dan kedua uji tersebut dapat saling melengkapi satu sama lain.

## 5.2 Saran

- a. Melakukan studi dengan metode lain dalam perhitungan daya dukung berdasar SPT untuk mengetahui metode yang paling efektif dan efisien.
- b. Melakukan studi pada karakteristik tanah yang berbeda untuk mengetahui variasi setiap metode yang digunakan.
- c. Menambah jumlah lokasi tiang pengujian untuk mempermudah analisa hasil *Crosshole Sonic Logging* (CSL) dan

memperoleh dalam perbandingan dengan hasil *Pile Integrity Test* (PIT).

- d. Melakukan studi mengenai pengujian integritas tiang dengan metode yang berbeda. Mengingat studi mengenai integritas tiang pondasi masih sangat jarang dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Bowles, J. E. 1984, *Foundation Analysis and Design*, Terjemahan oleh Pantur Silaban. Jilid II, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [2.] Das, Braja M. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)* 1, Jakarta: Erlangga 1995.
- [3.] Das, Braja M. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)* 2, Jakarta: Erlangga 1995.
- [4.] Das, Braja M. 2011, *Principles of Foundation Engineering*, SI Seventh Edition (repaired by Utan), Cengage Learning, Stamford.
- [5.] Interim, S. K. (n.d.). *Republik Indonesia Kementerian Pekerjaan Umum Crosshole Sonic Integrity Logging*. 27.
- [6.] Lrfd, A. (2004). *1583220064 Pedoman Pengujian Pondasi*. 1–78.
- [7.] Paso, E. (n.d.). *Mekanika Tanah Rekayasa Geoteknis* ) Braja.
- [8.] PT Yodya Karya (Pesero). (2017). *Review Desain Fly Over Kopo Provinsi Jawa Barat Jln. Soekarno Hatta, Bandung STA. 0+000-STA 1+765*. 2007.

- [9.] Siregar, C. A. (2017). *Rekayasa Fundasi I. Bandung: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana– YPKP.*
- [10.] Siregar, C. A. (2017). *Mekanika Tanah II. Bandung: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana– YPKP.*

## SIKAP TENAGA KERJA KONSTRUKSI TERHADAP SERTIFIKASI KOMPETENSI KERJA DI PROVINSI JAWA BARAT

Tia Sugiri<sup>1)</sup>, Dea Yunita Sari<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung  
Email : tia.sugiri@usbypkp.ac.id ; dea.yunita@usbypkp.ac.id

**Abstrak.** Individu yang terlibat dalam kegiatan proyek konstruksi disebut sebagai tenaga kerja konstruksi. Menurut Pasal 70 Undang-Undang No. 02 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi, setiap tenaga kerja konstruksi yang bekerja di bidang jasa konstruksi harus memiliki sertifikat kompetensi kerja (SKK). SKK ini diperoleh dengan melakukan uji kompetensi sesuai dengan Standar Kompetensi Kerja. Adanya kesenjangan antara kebutuhan dan tenaga kerja konstruksi yang memiliki SKK terlihat jelas, sehingga mendorong penulis untuk melakukan kajian ini. Studi ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana sikap tenaga kerja konstruksi berperilaku terhadap sertifikasi kompetensi kerja di Jawa Barat. Penelitian dilakukan dengan menggunakan kuesioner dilakukan terhadap 92 responden dari semua pemangku kepentingan di sektor konstruksi. Hasil menunjukkan bahwa tanggapan responden terhadap penerapan sertifikasi kerja konstruksi positif dan baik, artinya responden memandang bahwa SKK penting untuk meningkatkan kompetensi dan profesionalisme pada tenaga kerja konstruksi.

*Kata Kunci : Tenaga Kerja Konstruksi, Sertifikasi Kompetensi Kerja*

### **ABSTRACT**

**Abstract.** Individuals involved in construction project activities are referred to as construction labor. According to Article 70 UU No. 02/2017 on Construction Services, every construction laborer working in the field of construction services must have a work competency certificate (SKK). This SKK is obtained by conducting a competency test by the Work Competency Standards. The gap between the need and the construction workforce who have SKK is evident, thus encouraging the author to conduct this study. This study aims to find out how construction workers behave towards certification of work competence in West Java. The study was conducted using a questionnaire to 92 respondents from all stakeholders in the construction sector. The results show that respondents' responses to the implementation of construction work certification are positive and good, meaning that respondents view SKK as important to improve competence and professionalism in the construction workforce.

**Keywords:** Construction labor, Work competency certification

## 1. PENDAHULUAN

Tenaga kerja konstruksi merupakan individu yang terlibat dalam kegiatan proyek konstruksi. Kualitas hasil produksi sangat bergantung pada kualitas tenaga kerja yang terlibat. Kesiapan tenaga kerja yang berkualitas merupakan faktor penting dalam mendukung kelancaran pekerjaan konstruksi yang aman, berkualitas, dan sesuai dengan standar. Untuk itu, pelaksanaan sertifikasi kompetensi kerja (SKK) menjadi suatu keharusan untuk memastikan bahwa tenaga kerja konstruksi di Indonesia memiliki keandalan, keterampilan yang kompetitif, dan mampu menghasilkan pekerjaan konstruksi yang berkualitas. Kegiatan sertifikasi bertujuan agar tenaga kerja memiliki tanda bukti pengakuan kompetensi kerja sesuai bidang pada kegiatan jasa konstruksi.

Mengacu kepada Undang-Undang No. 02 Tahun 2017 pasal 70 tentang jasa konstruksi, Setiap tenaga kerja konstruksi yang bekerja di bidang Jasa Konstruksi wajib memiliki Sertifikasi Kompetensi Kerja [1]. Sertifikat Kompetensi Kerja diperoleh melalui uji kompetensi sesuai dengan Standar Kompetensi Kerja. Sertifikasi Kompetensi Kerja adalah proses pemberian sertifikat kompetensi melalui uji kompetensi sesuai dengan standar kompetensi kerja nasional Indonesia, standar internasional, dan/atau standar khusus.

Masalah yang sering terjadi di lapangan adalah terdapat perdebatan mengenai tenaga ahli konstruksi sudah bekerja sesuai keahliannya secara profesional atau tidak, penting untuk mengevaluasi apakah tenaga ahli konstruksi di Jawa Barat bekerja sesuai dengan keahliannya secara profesional. Evaluasi ini akan melibatkan penilaian terhadap pemahaman mereka terhadap tugas dan tanggung jawab yang diemban, penerapan prinsip-prinsip konstruksi yang baik, serta kepatuhan terhadap standar keselamatan dan kualitas yang berlaku.

Hal ini menjadi penting karena adanya sertifikasi yang tidak diikuti oleh kemampuan atau pengalaman kerja yang memadai dapat mengancam integritas dan reputasi industri konstruksi. Jasa konstruksi mengandalkan sertifikasi sebagai indikator bahwa tenaga ahli memiliki kualifikasi yang sesuai untuk tugas yang diberikan. Namun, jika terjadi

kesenjangan antara sertifikasi dan kualitas pekerjaan yang dilakukan, hal ini dapat merugikan baik individu yang bekerja di industri konstruksi maupun badan usaha yang terlibat dalam proyek konstruksi.

Karena kompleksnya masalah jasa konstruksi dan pembinaan tenaga kerja konstruksi, serta sertifikasi kompetensi kerja, maka peneliti melakukan kajian mengenai sikap tenaga kerja konstruksi terhadap sertifikasi kompetensi kerja di Provinsi Jawa Barat.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sikap

Sikap adalah kesiapan mental individu untuk merespon suatu obyek di lingkungannya, baik positif, netral maupun negative yang meliputi kognisi, afeksi dan konasi, yang berfungsi sebagai pembimbing dan pengarah tingkah laku.

Dalam penelitian ini, yang dimaksud dengan sikap adalah sikap tenaga kerja konstruksi terhadap sertifikasi kompetensi kerja di Jawa Barat. Pengukuran sikap tersebut menggunakan skala likert, yang berisi seperangkat pernyataan yang merupakan pendapatnya terhadap implementasi sertifikasi kekompetensi kerja .

### 2.2. Sertifikasi Kometensi Kerja

Keahlian merupakan kompetensi dan kemampuan profesi atas keterampilan dan atau keahlian seseorang di bidang jasa konstruksi menurut disiplin keilmuan dan atau keterampilan tertentu dan atau kefungisian dan atau keahlian tertentu [2]. Penilaian terhadap keahlian ini disebut sertifikasi yang dilakukan oleh Asosiasi Profesi yang telah terakreditasi oleh LPJK. Secara umum persyaratan sertifikasi ini berupa :

- a. Mempunyai Dasar Pengetahuan Profesi yaitu apa yang diperoleh dalam mengikuti dan menamatkan pendidikan
- b. Mempunyai pengalaman Profesi yaitu pengalaman dalam melaksanakan tugastugas profesinya

- c. Memenuhi syarat-syarat baku kompetensi Profesi yaitu pokok-pokok acuan yang dapat dipergunakan sebagai tolok ukur untuk menilai tata keseimbangan yang menyeluruh dari kecendikiaan, pengetahuan, keterampilan, kearifan pengalaman dan tata laku yang perlu dipunyai (Penjelasan umum petunjuk pelaksanaan program sertifikasi insinyur professional PII)

### 2.3 Lembaga Sertifikasi Profesi

Dalam Peraturan Pemerintah No. 14 tahun 2021, disebutkan bahwa Lembaga Sertifikasi Profesi (LSP) adalah lembaga yang melaksanakan kegiatan sertifikasi profesi dalam industri jasa konstruksi [3]. LSP dibentuk oleh asosiasi profesi terakreditasi atau lembaga pendidikan dan pelatihan konstruksi yang memenuhi syarat, dan dilisensi sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan setelah mendapat rekomendasi dari Menteri.

### 2.4 Kualitas TKK bersertifikasi

Tenaga ahli konstruksi yang berkualitas merupakan faktor penting dalam mendukung kelancaran pekerjaan konstruksi yang aman, berkualitas, dan sesuai dengan standar

Tingkat kemampuan setiap pekerja pada umumnya berbeda antara satu dan lainnya, oleh karena hal ini maka dibuat suatu standar yang dikenal sebagai kompetensi kerja. Acuan standar kompetensi kerja di Indonesia didasarkan pada Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI). Permen Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. 5 Tahun 2012 mendefinisikan SKKNI sebagai rumusan 14 kemampuan kerja yang mencakup aspek pengetahuan, keterampilan, dan keahlian kerja terkait pelaksanaan tugas/jabatan yang ditetapkan oleh Undang-Undang [4]. SKKNI adalah standar kompetensi yang menjadi acuan bagi lembaga pelatihan kerja dalam mendidik tenaga kerja. Pekerja yang telah mengikuti pelatihan akan mendapat sertifikat pelatihan kerja oleh lembaga pemberi pelatihan, dan pekerja yang telah memenuhi/lolos uji kompetensi kerja akan mendapat sertifikast kompetensi kerja oleh LPJK [5].

Tenaga kerja tersertifikasi selain memenuhi standar kompetensi, juga memiliki kelebihan sebagai berikut [6]:

1. Memiliki inisiatif dan inovasi dalam menghadapi kendala dilapangan
2. Mampu membuat keputusan darurat dalam pekerjaan dilapangan untuk mengerjakan atau tidak suatu pekerjaan
3. Mampu memperbaiki rancangan insinyur yang salah atau tidak bisa dikerjakan dilapangan sehingga dapat dikerjakan.

## 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah Deskriptif Analitis dengan pendekatan kuantitatif. Pengumpulan data dalam bentuk kuisisioner dilakukan untuk mengetahui gambaran sikap Tenaga Kerja Konstruksi terhadap Sertifikasi Kompetensi Kerja di Provinsi Jawa Barat.

Subyek penelitiannya adalah tenaga kerja konstruksi yang sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku, sedangkan yang menjadi responden penelitian dan sumber datanya adalah para Pemangku Kepentingan (*Stakeholder*) sektor konstruksi. Secara umum stakeholders sektor konstruksi terdiri dari 5 (lima) unsur utama, yaitu 1) regulator, 2) pemilik, 3) investor, 4) penyedia konstruksi, baik barang maupun jasa, dan 5) konsumen produk konstruksi, baik pengguna (*consumers*) maupun pemanfaat (*users*) [7].

Skala sikap yang disusun ini digunakan untuk mengungkapkan sikap tenaga kerja konstruksi di Jawa barat terhadap sertifikasi kompetensi kerja (SKK). Jadi dengan kata lain obyek sikap dalam penelitian ini adalah pelaksanaan sertifikasi kompetensi kerja yang meliputi : sebelas komponen, yaitu 1) pengertian, 2) Regulasi/dasar Hukum, 3) Tenaga Kerja Konstruksi, 4) SKK, 5) Asosiasi/LSP, 6) Registrasi Pengalaman Profesional, 7) Tanggung Jawab Profesional, 8) Pembinaan, 9) Biaya, 10) Kebutuhan Sertifikasi, 11) PKB.

Sebelum Kuestioner disebarakan kepada responden, telah melalui uji coba yakni uji validitas dan uji reliabilitas, sebagai berikut :

**Uji Validitas.** Uji validitas dapat dilakukan dengan menghitung korelasi antara skor atau butir pertanyaan dengan skor konstruk atau variabel. hal ini dapat dilakukan dengan uji signifikansi yang membandingkan rhitung dengan rtable untuk degree of freedom (df) = n-2. Dalam hal ini n adalah jumlah sampel. Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 37. Apabila rhitung untuk r tiap butir dapat dilihat pada kolom *Corected Item - Total Correlation* lebih besar dari rtable dan nilai r positif, maka butir atau pertanyaan tersebut dapat dikatakan valid.

Tabel 1. Hasil uji Validitas

Item	Rhitung	Rtabel	Keterangan
P01	0.553	0.325	Valid
P02	0.459	0.325	Valid
P03	0.523	0.325	Valid
P04	0.389	0.325	Valid
P05	0.652	0.325	Valid
P06	0.326	0.325	Valid
P07	0.441	0.325	Valid
P08	0.328	0.325	Valid
P09	0.666	0.325	Valid
P10	0.573	0.325	Valid
P11	0.75	0.325	Valid
P12	0.498	0.325	Valid
P13	0.45	0.325	Valid
P14	0.672	0.325	Valid
P15	0.588	0.325	Valid
P16	0.488	0.325	Valid
P17	0.667	0.325	Valid
P18	0.463	0.325	Valid
P19	0.712	0.325	Valid
P20	0.686	0.325	Valid
P21	0.358	0.325	Valid
P22	0.447	0.325	Valid
P23	0.545	0.325	Valid
P24	0.643	0.325	Valid

Item	Rhitung	Rtabel	Keterangan
P25	0.504	0.325	Valid
P26	0.538	0.325	Valid
P27	0.447	0.325	Valid
P28	0.373	0.325	Valid
P29	0.725	0.325	Valid
P30	0.636	0.325	Valid
P31	0.712	0.325	Valid
P32	0.523	0.325	Valid
P33	0.395	0.325	Valid
P34	0.548	0.325	Valid
P35	0.445	0.325	Valid
P36	0.545	0.325	Valid
P37	0.557	0.325	Valid
P38	0.641	0.325	Valid
P39	0.517	0.325	Valid
P40	0.445	0.325	Valid

**Uji Realibititas.** Penelitian ini harus dilakukannya uji reliabilitas untuk mengukur konsisten atau tidak kuesioner dalam penelitian yang digunakan untuk mengukur pengaruh antar variabel. Sebelum dilakukannya pengujian reliabilitas harus ada dasar pengambilan keputusan yaitu alpha sebesar 0,60. Kuestioner yang dianggap reliabel jika nilainya lebih besar dari >0,60.

Tabel 2. Hasil uji realibilitas

<i>Indeks Reliability</i>	<i>Nilai Kritis</i>	Keterangan
0.745	0.6	Reliabel

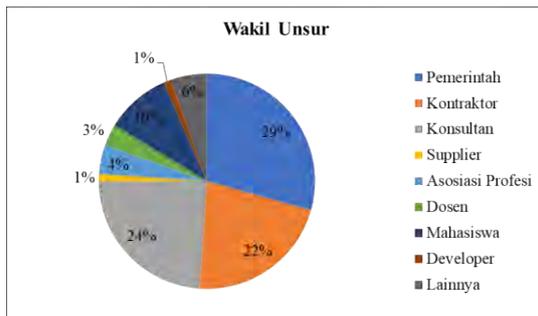
Sumber : Output Data Sekunder (diolah dengan SPSS 25)

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil analisis terhadap kuestioner yang disebarakan terhadap responden terkumpul 137 data yang masuk, setelah di dikaji hanya terdapat 92 responden yang berasal dari stakeholder Jawa Barat, sehingga diperoleh sebagai berikut :

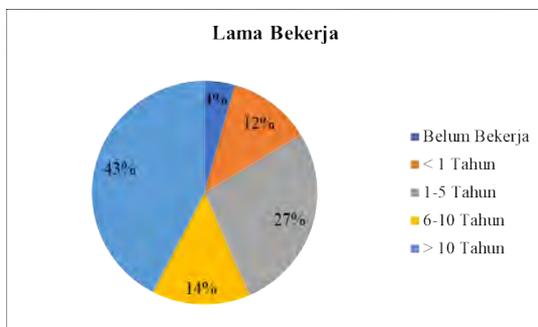
#### 4.1 Karakteristik Responden

Karakteristik responden dijelaskan melalui diagram lingkaran. Karakteristik responden ini dibutuhkan untuk mengetahui latar belakang responden yang dapat dijadikan untuk masukan dalam menjelaskan hasil penelitian yang diperoleh.



Gambar 1. Karakteristik responden berdasarkan wakil unsur

Berdasarkan gambar diatas diperoleh data responden berdasarkan wakil unsur. Dapat dilihat untuk wakil unsur pemerintah sebanyak 27 responden dengan persentase 29%, kontraktor sebanyak 20 responden dengan persentase 21%, konsultan sebanyak 22 responden dengan persentase 24%, supplier sebanyak 1 responden dengan frekuensi 1,1%, asosiasi profesi sebanyak 4 responden dengan persentase 4%, dosen sebanyak 3 responden dengan persentase 3%, mahasiswa sebanyak 9 responden dengan persentase 10%, developer sebanyak 1 responden dengan persentase 1% dan lainnya sebanyak 5 responden dengan persentase 5%.



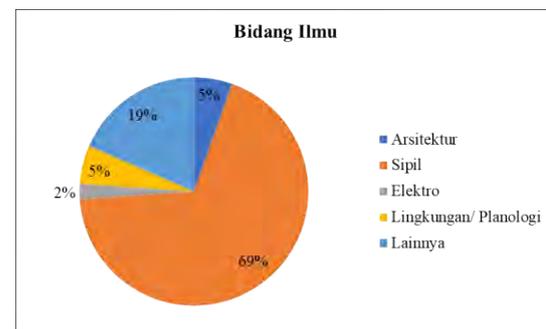
Gambar 2. Karakteristik responden berdasarkan lama bekerja

Berdasarkan gambar diatas diperoleh data responden berdasarkan lama bekerja. Dapat dilihat untuk lama bekerja > 10 tahun dengan 39 responden dan persentase 42%, 6-10 sebanyak 13 responden dengan persentase 14%, 1-5 tahun sebanyak 25 responden dengan persentase 27%, < 1 tahun sebanyak 11 responden dengan frekuensi 12%, dan belum bekerja sebanyak 4 responden dengan persentase 4%.



Gambar 3. Karakteristik responden berdasarkan pendidikan terakhir

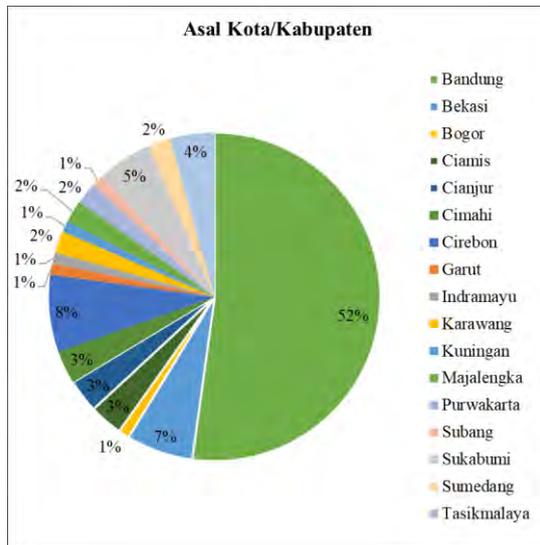
Berdasarkan gambar diatas diperoleh data responden berdasarkan pendidikan terakhir. Responden dengan pendidikan SMA sebanyak 5 responden dengan persentase 5,4%, SMK sebanyak 5 responden dengan persentase 5,4%, D4 sebanyak 2 orang dengan persentase 2,2%, S1 sebanyak 60 responden dengan persentase 65,2%, S2 sebanyak 20 responden dengan persentase 21,7%, dan tidak ada responden dengan pendidikan terakhir S3.



Gambar 4. Karakteristik responden berdasarkan pendidikan terakhir

Berdasarkan gambar diatas diperoleh data responden berdasarkan bidang ilmu. Responden dengan bidang ilmu arsitektur sebanyak 5 responden dengan persentase

5,3%, teknik sipil sebanyak 63 responden dengan persentase 69,1%, teknik elektro sebanyak 2 orang dengan persentase 2,1, lingkungan/planologi sebanyak 5 responden dengan persentase 5,3%, dan bidang ilmu lainnya sebanyak 17 responden dengan persentase sebanyak 18.1%.



Gambar 5. Karakteristik responden berdasarkan asal kota/kabupaten

Berdasarkan gambar diatas diperoleh data responden berdasarkan asal kota/kabupaten sebaran di Provinsi Jawa Barat. Responden dengan asal kota/kabupaten dari Bandung sebanyak 48 responden dengan persentase 52%, responden dari Cirebon sebanyak 7 responden dengan persentase 8%, responden dari Bekasi sebanyak 6 orang dengan persentase 7%, dari Sukabumi sebanyak 5 responden dengan persentase 5%, masing-masing 3 responden dengan persentase 3% dari Ciamis, Cianjur dan Cimahi, masing-masing 2 responden dengan persentase 2% dari Karawang, Majalengka, Purwakarta dan Sumedang, Serita masing-masing 1% responden dari Bogor, Garut, Indramayu, Kuningan, dan Subang.

#### 4.2 Analisis dan Gambaran Data Indikator

Dalam kuesioner terdapat 40 pertanyaan yang berkaitan dengan beberapa indikator dalam variable sertifikasi kompetensi kerja.

Evaluasi menggunakan skala Likert dalam skala ini tiap variabel digunakan untuk mengukur tingkat persepsi dan perilaku

perorangan maupun kelompok. Skala likert terdiri dari 5 buah kategori yang dapat disesuaikan dengan jumlah rating yang digunakan dalam perhitungan total. Pemilihan skor jawaban yaitu 1 untuk sangat tidak setuju, 2 untuk tidak setuju, 3 untuk setuju, dan 4 untuk sangat setuju.

Rekapitulasi nilai rata-rata setiap indikator untuk variable sikap tenaga kerja konstruksi terhadap implementasi sertifikasi kompetensi kerja.

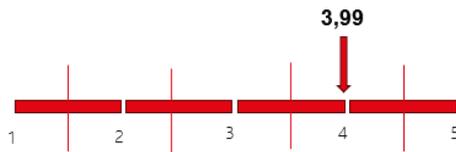
Tabel 3. Rekapitulasi nilai rata-rata Indikator

Indikator	Mean
Pengertian	4.54
Regulasi/Dasar Hukum	4.33
Eksistensi Tenaga Kerja Konstruksi	4.29
Implementasi SKK	4.21
Asosiasi/LSP	4.3
Registrasi Pengalaman Profesional	3.91
Tanggung Jawab Profesional	4.39
Pembinaan	3.82
Biaya	3.59
Kebutuhan Sertifikasi	3.24
Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB)	3.32



Gambar 6. Diagram nilai rata-rata indikator

Jika diambil nilai rata-rata untuk variable sikap tenaga kerja konstruksi terhadap implementasi sertifikasi kompetensi kerja maka didapatkan nilai 3,99, maka hasilnya positif.



Gambar 7. Garis kontinum variable sertifikasi kompetensi kerja

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa sikap tenaga kerja konstruksi terhadap implementasi sertifikasi kompetensi kerja di Provinsi Jawa Barat memiliki respon positif atau baik.

Apabila dikaji lebih lanjut terdapat sebaran data yang dapat dikategorikan ke dalam dua kategori, Responden mempunyai sikap positif dan sangat memahami terhadap implementasi Sertifikasi Kompetensi Kerja (SKK) khususnya pada komponen : 1) Pengertian, 2) Tanggung Jawab Profesional, 3) Regulasi/Dasar Hukum, 4) Keberadaan Asosiasi Profesi dan LSP, 5) Eksistensi Tenaga Kerja Konstruksi, dan 6) Implementasi SKK. Walaupun demikian sekalipun responden masih mempunyai sikap positif tetapi mempunyai skor sikap yang lebih rendah pada beberapa aspek, yakni 1) kebutuhan sertifikasi, 2) PKB, 3) Biaya, 4) Pembinaan dan 5) Registrasi Pengalaman Profesional.

Apabila di analisis lebih lanjut : **Kebutuhan sertifikasi**, sebagian responden menilai bahwa SKK saat ini masih sangat dibutuhkan oleh badan usaha jasa konstruksi, belum bersufat “personal”.

**Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB)** masih dinilai “sulit” untuk diimplementasikan pada tataran tenaga kerja konstruksi, walaupun hal tersebut saat ini pada tataran ahli saja, artinya kepada pihak-pihak terkait harus tetap mensosialisasikan hal tersebut sambil mencari cara yang efektif dan efisien untuk hal tersebut.

**Biaya**, saat ini karena memang sifat masih belum personal, maka tenaga kerja konstruksi masih merasa berat mengeluarkan biaya pembuatan/perpanjangan SKK, ada usulan agar pemerintah, baik pusat maupun daerah memfasilitasi/subsidi biaya SKK ini.

**Pembinaan.** Dinamika regulasi, perkembangan dan inovasi material, metode serta system informasi yang semakin berkembang, perlu adanya pembinaan tenaga

kerja konstruksi yang terintegrasi dan komprehensi.

**Registasi Pengalaman Profesional.** Perlu ada pendampingan untuk para tenaga kerja konstruksi yang lebih “senior” agar bisa memenuhi regulasi dan persyaratan melalui sistem informasi yang pengalaman kerjanya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, “Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 Tentang Perubahan Kedua atas Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan,” *Pemerintah Indones.*, no. 134229, p. 77, 2022.
- [2] L. P. J. K. Nasional, “Keputusan Dewan Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi Nasional Nomor 81/KPTS/ LPJK/D/XI/2001 Tentang Pedoman Sertifikasi dan Registrasi Badan Usaha Jasa Pelaksanaan Konstruksi Nasional Tahun 2002,” 2001.
- [3] P. R. Indonesia, “PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NO.14 Tahun 2021 Tentang Jasa Konstruksi,” *Menteri Huk. dan Hak Asasi Mns. Republik Indones.*, no. Februari 2021, pp. 1–184, 2021.
- [4] Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia, “Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi no 5 tahun 2012 tentang SKKNI,” *Jdih.Kemnaker.Go.Id*, pp. 6–8, 2012, [Online]. Available: [https://jdih.kemnaker.go.id/asset/data\\_puu/5\\_TAHUN\\_2012.pdf](https://jdih.kemnaker.go.id/asset/data_puu/5_TAHUN_2012.pdf).
- [5] S. H. Stevia Lukmanasari and B. W. Soemardi, “Studi Upah dan Beban Biaya Pekerja Konstruksi di Indonesia (Studi Kasus: Pekerja Konstruksi Gedung di Pulau Jawa),” *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 22, no. 2, p. 87, 2016, doi: 10.14710/mkts.v22i2.12876.
- [6] B. Haryadi, “Kompetensi Tenaga Kerja Konstruksi Dalam Menghadapi Era Liberalisasi,” *Inersia*, vol. 6, no. 1, pp. 33–40, 2010.
- [7] A. Suraji, “19th Asia Construct

Conference 2013 THE  
CONSTRUCTION SECTOR OF  
INDONESIA \* 19th Asia Construct  
Conference 2013,” no. 2012, 2016.

# Pengaruh Penambahan Konsentrasi *Additive* Retarder Pada *Cement* Class-G Terhadap *Thickening Time* Untuk Casing 7” Dengan Temperatur 150°F

Muhammad Rafli Aryansyah<sup>1</sup>, Dahrul Effendi<sup>2</sup>

Prodi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik dan Teknologi, Tanri Abeng University<sup>1</sup>

**Abstrak**— Pada kegiatan operasi pemboran migas banyak hal yang harus diperhatikan untuk menunjang kegiatan operasi pemboran salah satunya adalah *cementing*. Sebelum dilakukan *cementing* diperlukan uji laboratorium terlebih dahulu agar didapatkan hasil yang maksimal. Retarder merupakan *additive* yang digunakan untuk memperpanjang waktu proses pengerasan pada semen sebelum dipompakan. Jenis retarder yang digunakan adalah *Lignosulfonat*. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan di sumur. Penelitian ini dilakukan di laboratorium menggunakan alat *High Pressure High Temperature (HPHT) Consistometer*. Tujuan Dari Penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi retarder yang dibutuhkan untuk proses *thickening time* agar hasil yang dutuhkan sesuai dengan waktu perkiraan pekerjaan. Sebelum dilakukan uji laboratorium diperlukan data dari lapangan, data pemboran, dan perkiraan waktu pekerjaan di sumur MRAH. Untuk mengetahui konsentrasi yang dibutuhkan dilapangan, maka diperlukan beberapa uji laboratorium dengan menambahkan konsentrasi retarder 0.0 Gps, 0.03 Gps, dan 0.05 Gps. Hasil dari uji laboratorium menunjukkan dari ketiga konsentrasi yang ditambahkan pada *slurry cement*, yang mendekati dengan waktu perkiraan pekerjaan adalah menambahkan konsentrasi 0.03 Gps dengan kadar air 20.09% didapatkan waktu 153 menit.

**Keyword:** *Operasi pemboran migas, Cementing, Retarder, Lignosulfonat, Slurry cement*

## I. PENDAHULUAN

Menurut Kautsar (2011) Semen (*cement*) adalah hasil industri dari paduan bahan baku batu kapur/ gamping sebagai bahan utama dan lempung/ tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk/ *bulk*, tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membantu pada pencampuran dengan air. Penyemenan merupakan suatu tahap penting dalam operasi pemboran, proses ini dilakukan untuk menempelkan atau melekatkan *casing* pada batuan formasi. Fungsi dari *casing* adalah untuk melindungi lubang bor agar tidak runtuh dan mencegah *fluida* dari luar tidak tercampur dengan *fluida* formasi. Penyemenan harus dilakukan dengan maksimal agar tidak terjadi masalah pada

saat proses pengeboran selanjutnya maupun pada saat proses produksi (Rubiandini, 2009). Pada *slurry* atau bubur semen yang akan dibuat diharuskan memiliki sifat-sifat yang sesuai nantinya agar dapat disesuaikan dengan kondisi formasi yang akan disemen. Sifat-sifat dari bubur semen ini terdiri dari *strength*, *water cement ratio*, densitas, *thickening time*, viskositas, *filtration loss*, permeabilitas semen dan *waiting on cement*.

Menurut Arif (2015) Parameter yang harus diperhatikan dalam proses penyemenan adalah waktu pemompaan dimana dalam proses pemompaan semen waktu pemompaan tidak boleh melebihi dari waktu semen untuk mencapai 100 UC (*Unit of Consistency*) sehingga semen masih dapat dipompakan. *Thickening Time* adalah waktu yang diperlukan suspensi semen untuk

mencapai konsistensi sebesar 100 UC (*Unit of Consistency*). Konsistensi sebesar 100 UC merupakan Batasan bagi suspensi semen masih dapat dipompakan. Parameter diatas harus diperhitungkan dengan tepat agar tidak terjadi permasalahan, dimana semen sudah mencapai 100 UC Ketika proses pemompaan masih berlangsung, sehingga proses pemompaan semen dapat terhenti. Dan juga harus di perhitungkan untuk proses penyemenan yang efektif dan efisien tidak terlalu cepat pada saat *Thickening Time* maka diperlukan *additive retarder* yang berguna untuk memperlambat proses pengeringan semen. Pada sumur-sumur yang cukup dalam dan kolom penyemenan yang panjang diperlukan waktu pemompaan yang cukup lama, sehingga *thickening time* diharuskan diperpanjang. Memperpanjang dan memperlambat *thickening time* dapat ditambahkan aditif *retarder* ke dalam suspensi semen.

Menurut Schimidt (2010) *Retarder* adalah *additive* yang dapat memperlambat proses pengerasan suspensi semen sehingga suspensi tersebut punya cukup waktu untuk mencapai kedalaman target yang diinginkan, atau dengan kata lain *thickening time*-nya lebih panjang. *Retarder* sering digunakan pada penyemenan *casing* sumur-sumur yang dalam, dan bertemperatur tinggi atau untuk kolom penyemenan yang panjang. *Additive* yang berlaku sebagai *retarder* antara lain: *lignosulfonate* dan CMHEC (*Carboxymethyl Hydroxyethyl Cellulose*). *Lignosulfonate* merupakan *polymer* yang terbuat dari *pulp*. Umumnya dengan kadar 0,1 – 1,5 % BWOC (*by weight on cement*) efektif dicampur ke dalam suspensi semen untuk berfungsi sebagai *retarder*. CMHEC merupakan *polisakaride* yang terbentuk dari kayu dan tetap stabil bila terdapat alkalin pada suspensi semen. CMHEC tetap efektif sebagai *retarder* sampai temperatur 121 °C (250 °F).

Semen akan di uji di laboratorium sesuai dengan *Calculation of Slurry Properties* agar semen yang akan digunakan di sumur pemboran sesuai yang dibutuhkan. Operasi penyemenan cukup penting dilakukan agar tidak terjadi masalah-masalah pada operasi pemboran. karena hasil yang didapat di lapangan tidak akan bagus

tanpa adanya pengetesan yang dilakukan dalam skala kecil di laboratorium. Pengetesan di laboratorium dilakukan dengan berusaha menyesuaikan keadaan seperti dilapangan aslinya, karena semua aspek yang teruji akan mempengaruhi hasil dari *Primary Cementing* itu sendiri. Seperti temperatur, tekanan, semen yang digunakan, air yang berasal dari lapangan dan *additive* yang tersimpan dilapangan. Percobaan uji laboratorium ini berguna untuk mengamati bagaimana pengaruh dari *additive retarder* terhadap *thickening time* untuk temperatur sumur yang berbeda sehingga mendapatkan formulasi komposisi *slurry* yang optimum agar dapat mengefisiensi waktu penyemenan *casing*.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dilaboratorium dengan menggunakan uji *Thickening time* pada semen kelas G dengan densitas 15,8 ppg di sumur "MRAH". Tahapan pertama adalah menghitung perkiraan waktu pekerjaan dengan menghitung dari Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data semen *Class – G*, data *Depth*, data *Hole Size*, Data *Additive* yang digunakan, Data *Density Slurry*, Data *Bottom Hole Circulate Temperature* (BHCT). Tahapan kedua adalah membuat perhitungan konsentrasi *additive* dan bahan lain untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan waktu perkiraan pekerjaan. Tahapan ketiga membuat bubur semen penelitian dengan cara mencampurkan semen, aditif, dan air lalu di aduk menggunakan *constant speed mixer*.

### A. Mixing Cement Slurry

*Mixing Cement Slurry* adalah langkah pertama untuk proses pembuatan *slurry cement* dengan mencampurkan semen, zat aditif dan air sesuai dengan data *calculation* yang sudah dibuat.



Gambar 1. Alat *Constant Speed Mixer*

**B. Uji Thickening Time**

Tahap *Uji Thickening time* bertujuan untuk mendapatkan waktu pengerjaan atau batas waktu semen dapat dipompakan dengan menggunakan alat *High Pressure High Temperature (HPHT) Consistometer CTE 22-400*. Langkah untuk menggunakan alat ini dengan melakukan *Set Up* suhu, alarm, dan memasukan data dari kalkulasi lalu tekan *Start Test*. Kemudian tunggu sampai dengan 100 UC tekan *Stop test* dan nyalakan *Cool. Release pressure* setelah dibawah 100°F dengan memutar tuas *release pressure* sampai 0 psi.



Gambar 2. Alat HPHT Consistometer CTE 22-400

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sebelum melakukan pengujian *Thickening Time* di laboratorium maka diperlukan data yang menunjang untuk mendukung proses pengujian semen di laboratorium dengan penambahan *additive Retarder*, data yang

diperlukan meliputi data sumur dan data pemboran.

**A. Data sumur dan data pemboran**

Untuk menghitung formulasi bubuk semen maka diperlukan data sumur dan data pemboran agar waktu *thickening time* sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Data sumur dan data pemboran dilampirkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 1 Data Sumur Pada *Casing 7 inch*

Parameter	Data Sumur MRAH	Satuan
<i>Total Depth</i>	3105	Ft
<i>Prev. Casing</i>	9 5/8	Inch
<i>Exist. Casing</i>	7	Inch
<i>Open Hole</i>	8 1/2	Inch
<i>Float Shoe</i>	3.100	Ft
<i>Float Collar</i>	2060	Ft

Tabel 2. Data Pemboran Pada *Casing 7 inch*

Parameter	Data Sumur MRAH	Satuan
Tekanan Hidrostatik	444.6	Psi
<i>Leak Off Test</i>	2018.25	Psi
SG Lumpur	10	-
<i>Max Pressure Sand Formation</i>	0.65	Psi/ft

**B. Perhitungan Waktu Pengerjaan**

Tabel 3 Waktu Perkiraan Pengerjaan Pada *Casing 7 inch*

No	Main Job	Jumlah	Rate	Time (minutes)
1	<i>Sure Clean/Washer</i>	20 bbl	4 Bpm	4
2	<i>Spacer</i>	50 bbl	5 Bpm	10
3	<i>Drop Botton Plug</i>	-	-	5
4	<i>Semen Slury</i>	89 bbl	4 Bpm	22.25

5	<i>Drop Top Plug</i>	-	-	10
6	<i>Displace (Mud)</i>	120 bbl	4 Bpm	30
	<i>Bump Plug</i>		<i>Total Job Time</i>	89.25
			<i>Safety Factor 40%</i>	35.7
			<i>Total Time</i>	125

1. Menghitung *Total Job Time*  
 $= \text{Sure Clean (Washer)} + \text{Spacer} + \text{Drop Bottom Plug} + \text{Semen Slurry} + \text{Drop Top Plug} + \text{Displace (Mud)} + \text{Bump Plug}$   
 $= 4+10+5+22.25+10+30+8$   
 $= 89.25 \text{ menit}$
2. Menghitung *Safety Factor*  
 $= 40\% \times \text{Total Job Time}$   
 $= 40\% \times 89.25$   
 $= 35.7 \text{ menit}$
3. Menghitung *Total Time*  
 $= \text{Total Job Time} + \text{Menghitung Safety Factor } 40\%$   
 $= 89.25 + 25.7$   
 $= 125 \text{ Menit}$

Jadi perkiraan pekerjaan *cementing* pada casing 7” pada temperatur 150°F akan menghabiskan waktu 125 menit atau 2 jam 5 menit.

### C. Uji Thickening Time

Setelah mengetahui data pada sumur dan data pemboran langkah selanjutnya adalah menghitung formulasi *additive* yang akan digunakan untuk menyesuaikan dengan estimasi waktu pekerjaan yang akan dilakukan di lapangan. Pada penelitian ini melakukan 3 percobaan dengan kadar konsentrasi retarder yang berbeda. Konsentrasi retarder yang digunakan sebanyak 0,00 gps, 0,03 gps, dan 0,05 gps dengan temperature 150°F.

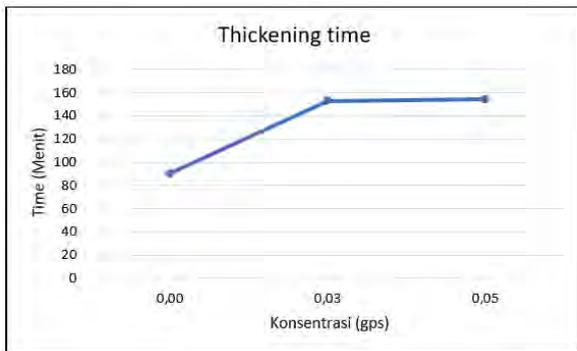
Tabel 5. Hasil uji *thickening time* dengan alat HPHT Consistometer

Penambahan Additive (LIGNOSULFONAT) Pada Semen Kelas G				
Temperatur	Konsentrasi	Thickening Time	Casing	Depth
°F	Gps	Menit	Size	Feet
150°F	0.00 Gps	90	7 inchi	3100
	0.03 Gps	153		
	0.05 Gps	154		

Pengujian laboraorium yang dilakukan pada campuran semen kelas G dengan penambahan kadar *additive* Retarder yang berbeda memperlihatkan karakteristik *thickening time* yang berbeda. Dimana perpanjangan *thickening time* sangat dipengaruhi oleh kadar *additive* yang digunakan.

Pengujian *thickening time* dilakukan pada casing 7” pada suhu 150°F mencapai 100 UC (*Unit Of Consistency*). Hasil dengan bahan neat semen pada suhu 150°F diketahui berat jenis air 4.9957 lb/sack. Kemudian dilakukan pengukuran *thickening time* dengan alat HPHT Consistometer sehingga didapatkan waktu 93 menit. Dengan bahan neat semen dan penambahan *additive* Retarder dengan konsentrasi 0.03 gps pada suhu 150°F diketahui berat jenis air 2.26 lb/sack. Kemudian dilakukan pengukuran *thickening time* dengan alat HPHT Consistometer didapat hasil 153 menit. Dan bahan neat semen dengan penambahan *additive* Retarder dengan konsentrasi 0.05 gps pada suhu 130°F diketahui berat jenis air 2.35 lb/sack. Kemudian dilakukan pengukuran *thickening time* dengan alat HPHT Consistometer di dapat hasil 157 menit.

Jadi pemilihan *additive* yang mendekati dan sesuai dengan perkiraan waktu pekerjaan pada casing 7” dengan temperatur 150°F dapat menggunakan *additive Lignosulfonat* dengan konsentrasi 0.03 gps.



Gambar 3. Grafik Hasil Uji *Thickening time* dengan konsentrasi 0.00 gps, 0.03 gps dan 0,05 gps

#### IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan mengenai pengaruh penambahan konsentrasi *additive retarder* pada *cement* terhadap *thickening time* dengan temperature 150°F untuk casing 7” dapat ditarik kesimpulan dengan menghitung estimasi waktu pekerjaan hasil yang didapat adalah 125 menit atau 2 jam 5 menit. Maka dilakukan uji *thickening time* dengan 3 konsentrasi retarder yang berbeda yaitu 0,00 gps waktu yang di dapatkan adalah 90 menit. Konsentrasi 0,03 gps waktu yang didapatkan adalah 153 menit. Konsentrasi 0,05 gps waktu yang didapatkan adalah 154 menit. Maka konsentrasi yang paling mendekati dengan estimasi waktu pekerjaan adalah dengan menambahkan konsentrasi 0,03 gps.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Halliburton. “Cementing Technology”. Halliburton Services. Duncan, Oklahoma, USA. 1987.
- [2] Martha, B.I., Zabidi, L., Satiawati, L. “Studi Laboratorium Pengaruh Penambahan Lignosulfonate Pada Compressive Strength Dan Thickening Time Pada Semen Pemboran Kelas G”. Seminar Nasional Cendekiawan 2015, 248–253. 2015.
- [3] Nelson E.B. “Well Cementing”. Houston-Texas., Schlumberger Educational Series. 1990.
- [4] API, Specification 13A. “Specification for Drilling Fluid Materials”. American Petroleum Institute. API. 2022.
- [5] API SPEC 10A: Specification for Cements and Materials for Well Cementing, 25th Edition. American Petroleum Institute.
- [6] R. Rudi “Diktat Kuliah Teknik Pemboran Dan Praktikum”. Penerbit ITB. Bandung. 2001.
- [7] R. Rudi. “Teknik Operasi Pemboran”. Institut Teknologi Bandung. Bandung. 2009.
- [8] R. Rudi. “Teori Umum Semen dan Penyemenan”. Institut Teknologi Bandung. Bandung. 2010.
- [9] R. Rudi. “Teknik Operasi Pemboran”. Edisi Pertama. Bandung: Penerbit ITB 2012.
- [10] R. Rudi. Teknik Operasi Pemboran”. Edisi Kedua. Bandung: Penerbit ITB 2012.
- [11] Schimidt, D. “Basic Drilling Technology”. Petro Skill, Tulsa, Oklahoma. 2010.
- [12] I. A. Setiawan, “Pengaruh konsentrasi Accelerator dan Retarder pada Cementing terhadap Thickening Time”. FTEK. Yogyakarta: Universitas Proklamasi, 2015.
- [13] A. T. S. Arif, “Kajian laboratorium pengaruh penambahan konsentrasi Lignosulfonat, Halad 22a dan R-21LS Retarder semen kelas G, terhadap Thickening Time, Compressive Strength dan Rheology bubuk semen”. Universitas Trisakti. 2015.
- [14] T. P. A. Perdana dan R. Rubiandini, “Pengaruh penambahan Additive Accelerator dan Retarder terhadap Thickening Time dengan variasi temperatur dan konsentrasi”. Institut Teknologi Bandung. 2017.
- [15] L. Samura, K. A. Ainurruda, L. Zabidi, “Pengujian Compressive Strength dan Thickening Time pada semen pemboran kelas G dengan penambahan Additif Retader”, Universitas Trisakti, 2017.

# RANCANG BANGUN MESIN PENCACAH ES BATU DENGAN POSISI MATA PISAU DIAGONAL

Ir. Didit Sumardiyanto., MT<sup>1</sup>, Ir. Sri Endah Susilowati., M.Si<sup>2</sup>, Kukuh Seno Septyantoro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, <sup>2</sup>Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

<sup>3</sup>Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

[didit.sumardiyanto@yahoo.co.id](mailto:didit.sumardiyanto@yahoo.co.id)<sup>1</sup>, [sriendah.susilowati@yahoo.com](mailto:sriendah.susilowati@yahoo.com)<sup>2</sup>, [kukuhseno09@gmail.com](mailto:kukuhseno09@gmail.com)<sup>3</sup>

**Abstrak-** Fish is one of the fishery products which has a very high source of protein. Fish is a commodity that rots easily, so it requires extra careful handling in an effort to maintain its quality after being removed from fresh water and sea water. One way to preserve it is to store it in chopped ice. In connection with the need for chopped ice in large quantities, a block ice chopping machine with a diagonal blade position was made. The size of the ice cube chopper machine is 1700mm long, 450mm wide and 1200mm high. The machine uses a drive motor with a power of 1 hp. The production capacity of the machine is. In the first study, the force produced by the knife was 7.90 kg/minute

**Keywords:** Fish, ice cubes, chopping machine

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia selaku negara kepulauan mempunyai nyaris 2/3 luasannya berbentuk lautan. Besarnya luas lautan tersebut membawa banyak kemampuan produk perikanan untuk warga Indonesia, terutama warga yang terletak di wilayah pesisir dan memiliki mata pencaharian sebagai nelayan. Menurut data dari artikel Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) per tahun 2020 mencatat, ada 5,08 juta orang di Indonesia bekerja sebagai nelayan[1].

Tuntutan akan pasokan ikan sebagai salah satu sumber pangan terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Karakteristik ikan yang mudah dan cepat rusak membuatnya memerlukan perlakuan yang cepat dan hati-hati sejak saat ditangkap dari lingkungan air. Secara umum, ikan segar atau basah umumnya diolah untuk didistribusikan kepada masyarakat menggunakan es sebagai cara untuk menjaga kualitasnya. Produk-produk dari laut seperti ikan, udang, kerang, dan lainnya memiliki rentan tinggi terhadap proses pembusukan.

Guna meningkatkan efisiensi dan

produktifitas dalam sektor perikanan, diperlukan beragam peralatan dan mesin yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung pekerjaan manusia. Peralatan dan mesin tersebut bisa dianggap sebagai bentuk teknologi yang sesuai dengan keperluan, mampu mengubah sistem manual menjadi otomatis dengan berbagai jenis mekanisme.

Semakin tumbuh perkembangan jaman, adanya peluang untuk memproduksi sebuah mesin pencacah es batu menggunakan motor listrik sebagai penggeraknya agar kualitas dan bentuk es batu semakin lebih baik lagi untuk pengawetan ikan.

## 2. DASAR TEORI DAN KAJIAN LITERATUR

### A. Es Balok.

Es batu dalam bentuk balok adalah variasi es yang memiliki beragam dimensi pada umumnya digunakan untuk tujuan pengawetan bahan makanan seperti seafood (ikan, udang, cumi-cumi, dsb) dan minuman. Penggunaan es batu balik ini sebaiknya tidak dicampurkan langsung dengan makanan atau minuman, karena fungsinya lebih difokuskan pada pendinginan dan pengawetan bahan

makanan dan minuman secara ilmiah.

Untuk menjaga kesegaran ikan selama periode yang lebih lama dengan menghambat atau menghentikan aktivitas mikro organisme yang dapat menyebabkan pembusukan. Saat ikan diawetkan akan terjadi perubahan dalam karakteristik ikan segar, termasuk aroma, rasa, bentuk, dan kekosistenan dagingnya. Proses pengawetan ikan memiliki dua pendekatan yang berbeda, yaitu pengawetan tradisional dan pengawetan modern.

Oleh karena itu, produksi es balok menjadi pilihan yang populer bagi sejumlah pengusaha dan nelayan yang baru saja menyelesaikan proses penangkapan ikan. Dalam rangka menghasilkan es dengan mutu terbaik yang sesuai dengan keperluan, diciptakanlah mesin penghancur es balok.

Bentuk es dalam wujud balok ini umumnya dengan mudah dijumpai ketika mengunjungi berbagai pasar dan restoran. Hal ini dikarenakan keperluan akan es batu sangat tinggi di berbagai restoran, sehingga banyak yang memilih menggunakan es balok. Sebatang es balok bisa mengisi satu wadah yang digunakan untuk pengawetan ikan.



Gambar 1. Es Balok

#### B. Rancang Bangun Alat

Peralatan Pencacah Es merupakan sebuah jenis mesin yang didedikasikan untuk memproses penghancuran es dengan efisiensi. Mesin ini mampu melaksanakan tugasnya dengan kecepatan tinggi saat

menghancurkan es balok. Oleh karena itu, menggunakan mesin ini akan mempermudah dan mempercepat proses penghancuran es balok secara signifikan.

#### Jenis-jenis Pengawetan

Ikan merupakan bahan pangan yang mudah rusak, sehingga dibutuhkan cara untuk meningkatkan kesegaran ikan maupun memperpanjang masa simpan olahan berbahan baku ikan. Pengawetan dan pengolahan tidak hanya pada ikan berukuran besar (ikan ekonomis), akan tetapi ikan berukuran kecil juga bisa diolah menjadi produk lain [2].

Ada beberapa metode yang dapat dipergunakan untuk menjaga keawetan ikan makanan, baik melalui pendekatan modern maupun cara yang lebih sederhana. Cara-cara ini bervariasi dalam tingkat kesulitan dan metodenya, namun tujuan utama dari pengawetan makanan adalah memperlambat pertumbuhan mikroorganisme dalam makanan. Di bawah ini tercantum beberapa teknik dalam pengawetan:

##### 1. Pendinginan

Teknik ini dikenal sebagai salah satu metode paling umum dan sering digunakan oleh masyarakat baik di daerah pedesaan maupun perkotaan. Dasar dan prinsip dari metode pendinginan ini melibatkan menempatkan makanan dalam ruang atau wadah dengan suhu yang sangat rendah. Nelayan sering memanfaatkan wadah berisi es untuk menjaga keawetan ikan hasil tangkapan mereka. Es merupakan medium pendingin yang paling baik. Dengan memberikan es yang cukup pada ikan, akan dapat menurunkan suhu ikan sampai sekitar  $0^{\circ}\text{C}$ . Pada suhu tersebut kegiatan bakteri dan

enzim dapat dihambat (Aan Supriatna,2016).

## 2. Pengasapan

Metode pengasapan melibatkan meletakkan makanan dalam suatu wadah atau kotak dan kemudian mengenai asap dari bagian bawah. Walaupun teknik pengasapan ini tidak mampu menjaga makanan dalam keadaan awet untuk jangka waktu yang panjang, tetapi, biasanya perlu dipadukan dengan pendekatan pengasapan dan pengeringan untuk mencapai hasil yang optimal.

## 3. Pengasinan

Metode terakhir ini melibatkan penggunaan garam dapur, juga dikenal sebagai natrium klorida, untuk tujuan pengawetan makanan. Teknik ini dikenal dengan nama penggaraman. Garam dapur memiliki sifat yang mampu menghambat pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme pembusuk dalam makanan. Penggaraman adalah metode tradisional yang digunakan untuk pengawetan ikan. Tujuan dari pengawetan ikan adalah mengurangi kandungan air dalam tubuh ikan, mengurangi peluang pertumbuhan bakteri. Dalam upaya mencapai hasil pengawetan berkualitas, langkah-langkah tertentu perlu diikuti. Ini termasuk menjaga kebersihan bahan dan peralatan, memilih garam yang bersih, serta menggunakan ikan yang masih segar.

### *Mata Pisau*

Bagian sentral dari mesin pencacah es balok yang memegang peran krusial adalah mata pisau. Mata pisau berfungsi utama dalam proses pencacahan es, bertugas untuk menghancurkan sebagian dari es balok. Biasanya, pisau pemotong yang terbuat dari

material bukan stainless steel dapat mengalami oksidasi dengan cepat jika terkena air atau lembap dan dibiarkan dalam kondisi tersebut. Oleh karena itu, saat tidak digunakan, alat pemotong perlu disimpan dalam keadaan kering atau di area yang memiliki sirkulasi udara yang kering dan terlindungi dari paparan air hujan.



*Gambar 2. Mata Pisau*

### *Motor Listrik*

Motor listrik merupakan perangkat yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini diaplikasikan untuk menggerakkan komponen seperti impeller pompa, blower, kompresor, dan untuk proses pengangkatan bahan. Selain digunakan dalam konteks rumah tangga seperti mixer, bor listrik, dan kipas angin, motor listrik juga mendapatkan peran penting dalam sektor industri. Dalam industri, motor listrik terkadang dijuluki sebagai "kuda kerja" karena diperkirakan sekitar 70% konsumsi listrik industri disumbangkan oleh motor-motor tersebut[9].



*Gambar 3. Motor Listrik*

### *Transmisi*

Fungsi utama transmisi adalah mengalirkan pergerakan dari pisau ke motor listrik. Pada alat pencacah es batu dengan posisi mata pisau diagonal, sistem transmisi yang diterapkan melibatkan puli dan sabuk-V.

#### V-Belt

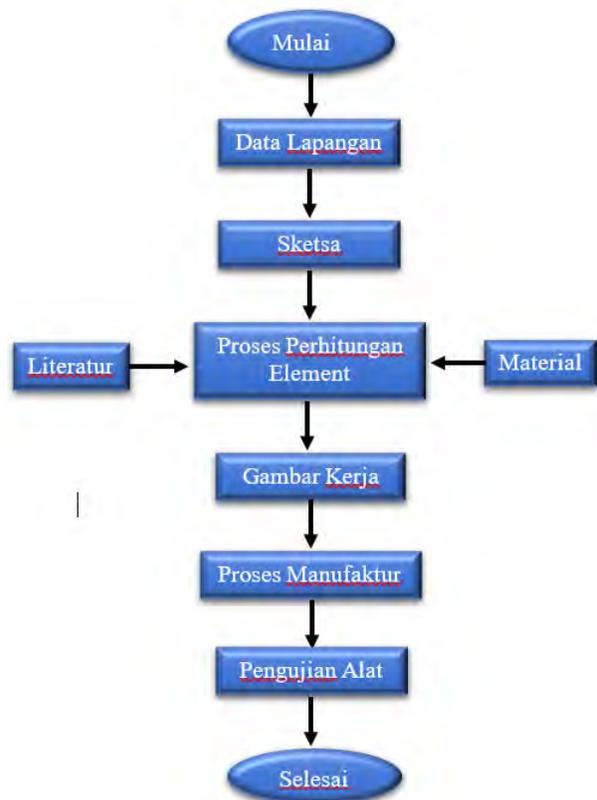
Sabuk-v merupakan penyempurnaan dari konsep sabuk datar, dengan desain yang dirangccang untuk menangani tegangan yang lebih besar. Kelebihan dari sabuk ini terletak pada kemampuannya dalam mengatasi gaya tarikan yang lebih besar, serta mampu menahan gesekan dengan lebih baik, sehingga resiko slip dapat diminimalisir [13]. Sabuk V sering digunakan baik dalam industri maupun pada kendaraan. Struktur bentuk V pada sabuk ini memungkinkan sabuk untk terjepit erat pada alur pulley, meningkatkan gaya gesekan, dan memungkinkan torsi yang lebih besar dapat ditransfer sebelum terjadi slip.



Gambar 4. Transmisi sabuk

## 4. METODOLOGI RANCANG BANGUN

### Alur Proses Perancangan



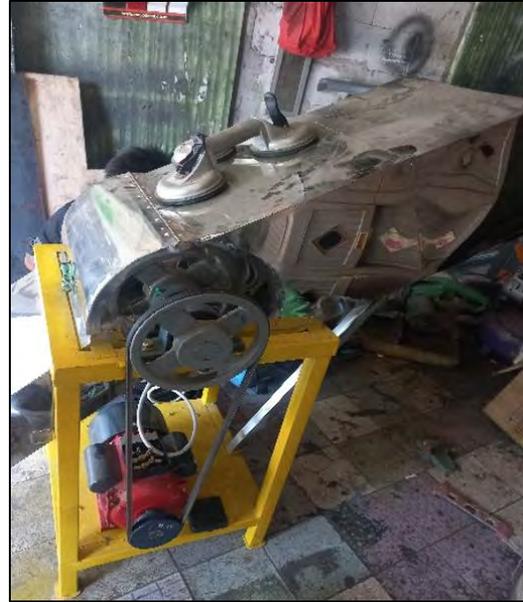
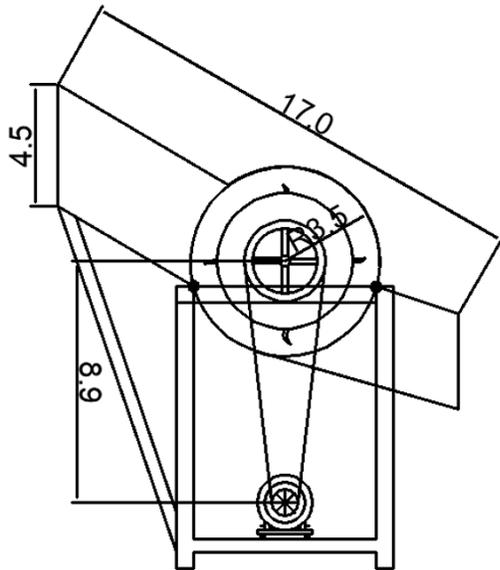
Gambar 5. Diagram alir rancangbangun

### Rancang Bangun

Dalam waktu Januari hingga Maret 2023, dilakukan studi analisis literatur. Pembuatan Mesin Pencacah Es Batu Dengan Posisi Mata Pisau Diagonal berlangsung di bengkel Beting Kebon Baru Jakarta Utara antara Maret hingga Juni 2023. Tahapannya mencakup perencanaan, fabrikasi, dan pengujian perangkat.

Alat Mesin Pencacah Es Batu sebuah alat untuk mencacah sebuah es batu dengan bertenaga listrik. Mesin pencacah es balok ini secara umum menggunakan motor listrik sebagai penggerak utamanya dan dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik.

**Sketsa Alat Pencacah Es Balok**



ITEM NO	PART NUMBER	QTY
1	Frame	1
2	Saluran keluar	1
3	Hopper	1
4	Shaft Roll Pisau	1
5	Pisau	12
6	UCP 210	2
7	Hex Bolt + Nut M 10	6 Set
8	Driven Pully	1
9	V Belt	1
10	Drive Pully	1
11	Motor Listrik	1
12	Hex Bolt + Nut M12	6 set
13	Penukup Hopper	1

Skala: 1 : 10      Digambar: Kukuh Seno Septyantoro  
 Satuan Ukuran: cm      Prodi: Teknik Mesin      Asembly: Mesin Penghancur Es  
 Tanggal: 30-07-2023      Diperiksa:

UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 JAKARTA      FAKULTAS TEKNIK      A4

Gambar .6. Sketsa alat pencacah es balok

Dari hasil pembahasan dari data-data yang diperoleh serta material di lapangan, maka diperoleh gambar kerja 3 dimensi untuk selanjutnya dilakukan fabrikasi.

**Proses Pabrikasi**

**Hasil Pengujian**

Pergerakan Mata Pisau	Ukuran Es Balok (cm)	Berat (kg)	Waktu (Detik)	Hasil (Kg/min)
Mundur 0,5	55x22x20	10	83	7,2
Maju 0,5	55x22x20	10	76	7,9

**SIMPULAN**

Dari perancangan dan penelitian yang telah dilakukan yaitu alat pencacah es batu menggunakan

pisau diagonal maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Membuat alat bantu pencacah es batu memerlukan pemilihan komponen-komponen yang perlu dihitung efisiensi bahan, kekuatan bahan, spesifikasi bahan dan pengaruh terhadap lingkungan serta kemudahan dalam memperolehnya.
2. Untuk perancangan alat pencacah es ini diperlukan perhitungan terhadap peralatannya, yaitu menghitung pulley, V-belt dan motor listrik.
3. Bentuk konstruksi alat ini sederhana dengan ukuran panjang 1700mm, lebar 450mm, dan tinggi 1200mm. Desain pencacah es ini terdiri dari bagian kerangka, poros, silinder pisau, dan motor listrik.
4. Dari data hasil pengujian didapatkan hasil cacahan es terendah yaitu 4,98 Kg/menit dan cacahan es tertinggi yaitu 7,90Kg/menit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Annissa Mutia, “5 Provinsi dengan Jumlah Nelayan Terbanyak di Indonesia pada 2020,” Aug. 04, 2022. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/08/04/> (accessed Mar. 02, 2023).
- [2] D. Koesoemawardani, “Teknologi Pengolahan Ikan.” Graha Ilmu, 2020.
- [3] Aan Supriatna, “Pendinginan Ikan Dengan Es,” Feb. 25, 2016.
- [4] Dede FyonalDI Frayoga, Sukirno Mus, and Tjipto Leksono, “Perbedaan Pengasapan Panas Dan Pengasapan Dingin Terhadap Mutu Katsuobushi Ikan Cakalang,” Perbedaan Pengasapan Panas Dan Pengasapan Dingin Terhadap Mutu Katsuobushi Ikan Cakalang, 2019.
- [5] Rusdi Jaya, “Teknologi Hasil Perikanan,” 2020.
- [6] Tatik Sri Subekti, “PENGERINGAN: Suatu Proses Pengawetan Komoditas,” 2018. Accessed: Mar. 23, 2023.
- [7] E Haryanto, “Teknik Penggaraman Ikan,” 2019.
- [8] D. Sumardiyanto and S. E. Susilowati, “Rancang Bangun Mesin Pembuat Es Puter Mekanik Untuk Home Industry di Wilayah Watulimo, Trenggalek Jawa Timur,” BERDIKARI, vol. 3, no. 2, 2020.
- [9] D. Sumardiyanto and S. Sianipar, “Rancang Bangun Mesin Pagar Kawat Ram Harmonika Berpenggerak Motor Listrik (0, 75hp, 1pk, 1440rpm,” Jurnal Kajian Teknik Mesin, vol. 8, no. 2, pp. 11–17, 2023.
- [10] D. R. Pattiapon, J. J. Rikumahu, M. Jamlaay, T. Elektro, and P. N. Ambon, “Penggunaan Motor Sinkron Tiga Fasa Tipe Salient Pole Sebagai Generator Sinkron,” vol. 9, no. 2, 2019.
- [11] Zainal Abidin, Tabah Priangkoso, and Darmanto, “115210-ID-pengujian-performance-motor-listrik-ac-3,” 2013.
- [12] POLBAN, “II-2 Gambar II.3 Proses Roll Bending.”
- [13] B. A. B. Ii and S, “Transmisi, ‘Pengaruh Perlakuan Panas Dan Penuaan,’” Perpust. UNS, pp, pp. 5–18, 1998.
- [14] E. Nugroho and H. Prasetyo, “Skripsi Rancang Bangun Mesin Perontok Padi Kapasitas 100 Kg/Jam Dengan Menggunakan Energi Surya,” 2021.
- [15] M. Sularso and K. Suga, “Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin,” PT Pradnya Paramita. Jakarta, 2004.
- [16] Kisah Erlangga Endika Arief, “Perhitungan Transmisi Dan Analisa Kekuatan Rangka Pada Mesin Hammer Mill,” 2014.
- [17] Farudin Arief, “Skripsi Rancang Bangun Mesin Pengiris Tempe Dengan Motor Penggerak 0,5 Hp Untuk Mendukung [Online]. Available: **Error! Hyperlink reference not valid.** 20suhunya%20tidak%20dapat%20dikontrol.

- Umkm,” 2022.
- [18] D. Sumardiyanto, A. Saidah, A. Wijayanti, S. E. Susilowati, and D. Kusuma, “Pembuatan Alat Press Untuk Sampah dan Kaleng Bekas Minuman untuk Masyarakat Pengepul Barang Bekas di Wilayah Desa Cipeucang, Cileungsi, Kabupaten Bogor,” BERDIKARI, vol. 5, no. 1, 2022.
- [19] Anjasmara, “Rancang Bangun Mesin Press Kaleng Menggunakan Sistem Pneumatic,” Feb. 2021.

# Analisis Engsel Pintu Box Belakang Truk Jenis Mitshubishi Canter 125 ps Menggunakan Autodesk Inventor

Muhammad Rayyan, Dani Mardiyana

Jurususan Teknik mesin, universitas Nusa Putra Jl. Raya cibolang kaler, kec. Cisaat, kabupaten Sukabumi, Jawa barat 43152

[dani.mardiyana@nusaputra.ac.id](mailto:dani.mardiyana@nusaputra.ac.id)

**Abstrak**— Engsel pintu box truk adalah komponen yang digunakan untuk menghubungkan pintu box truk dengan bodi truk itu sendiri. Engsel ini memungkinkan pintu untuk dibuka dan ditutup dengan mudah, serta memberikan kestabilan dan keamanan saat pintu ditutup. Penelitian ini dilakukan berdasarkan pendekatan ilmiah dengan beberapa tahapan proses analisa yang diantaranya meliputi identifikasi masalah, studi literatur penentuan parameter yang perlu dihitung dan dipertimbangkan dalam analisis hingga seperti dimensi, geometri, bahan, beban, dan syarat batas kemudian dilanjutkan pada pemodelan engsel pintu belakang box truk dengan menggunakan Autodesk Inventor, kemudian bahan yang digunakan dalam metode penelitian adalah stainless steel. Dengan demikian, kita dapat simpulkan bahwa engsel pintu belakang box truk Mitsubishi canter 125 PS yang terbuat dari stainless steel dan memiliki panjang 260mm dan tinggi 90 mm memiliki kekuatan yang cukup tinggi dengan menopang beban pada pintu box truk belakang dan didalam penggunaannya memakai 4 engsel. Analisis kekuatan design dan material ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan dan perbaikan, sehingga meningkatkan keamanan pada penggunaan pintu box truk. Pada pengujian stress analisis pada engsel pintu box belakang truk Mitsubishi canter 125 ps menggunakan uji simulasi pada Autodesk inventor, dapat kita simpulkan bahwa engsel pintu box tersebut memiliki kekuatan cukup untuk menahan beban pada pintu belakang box truk selama tidak ada perubahan material atau beban pada pintu box tersebut. Dalam pengujian simulasi beban pada pintu box truk adalah 100 Kg dan menghasilkan yang cukup memadai dengan kita bisa melihat pada safety pada nilai ul yang tidak melebihi dan tidak terdapat warna merah.

**Keywords** —Engsel pintu belakang box truk Mitshubishi canter 125 ps kekuatan materia, uji simulasi, autodesk inventor

**Abstract**— The truck box door hinge is a component used to connect the truck box door with the truck body itself. This hinge allows the door to be opened and closed easily, as well as providing stability and security when the door is closed. This research was carried out based on a scientific approach with several stages of the analysis process which included problem identification, literature study determining parameters that needed to be calculated and considered in the analysis until such dimensions, geometry, materials, loads, and boundary conditions then proceed to modeling the rear door hinges of the truck box using Autodesk Inventor, then the material used in the research method is stainless steel. Thus, we can conclude that the rear door hinge of the Mitsubishi canter truck box 125 PS which is made of stainless steel and has a length of 260 mm and a height of 90 mm has a high enough strength to support the load on the rear truck box door and in its use uses 4 hinges. This design and material strength analysis can contribute to development and improvement, thus increasing safety in the use of truck box doors. In stress analysis testing on the rear box door hinges of

**Mitsubishi canter 125 ps trucks using simulation tests on Autodesk inventors, we can conclude that the door hinges The box has sufficient strength to withstand the load on the back door of the truck box as long as there is no change in material or load on the door of the box. In the simulation test, the load on the door of the truck box is 100 kg and produces sufficient results, we can see that the safety at the ul value does not exceed and there is no red color.**

**Keywords — Rear door hinge for Mitsubishi canter 125 ps box truck, materia strength, simulation test, autodesk inventor**

## 1. Pendahuluan

Engsel pintu box truk adalah komponen yang digunakan untuk menghubungkan pintu box truk dengan bodi truk itu sendiri. Engsel ini memungkinkan pintu untuk dibuka dan ditutup dengan mudah, serta memberikan kestabilan dan keamanan saat pintu ditutup.

Biasanya, pintu box truk dilengkapi dengan dua engsel yang ditempatkan di bagian atas dan bawah pintu. Engsel ini terbuat dari bahan yang kuat dan tahan lama, seperti baja atau paduan logam lainnya. Mereka dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menahan beban pintu dan memastikan pintu tetap dalam posisi yang diinginkan saat dibuka atau ditutup.

Biasanya, pintu box truk menggunakan beberapa jumlah engsel untuk memberikan kestabilan dan dukungan yang cukup saat membuka dan menutup pintu. Jumlah engsel yang digunakan pada pintu box truk dapat bervariasi tergantung pada ukuran dan desain pintu, serta beban yang akan ditanggung oleh pintu tersebut.



Gambar 1 Engsel box pintu belakang pada truk

Untuk pintu box truk mitshubishi canter 125 ps dilengkapi dengan empat hingga enam engsel, tergantung pada ukuran dan kebutuhan pintu. Empat engsel sering kali digunakan pada pintu

yang lebih kecil atau pintu sisi tunggal, sementara pintu yang lebih besar atau pintu sisi ganda dapat menggunakan enam engsel pada gambar diatas.

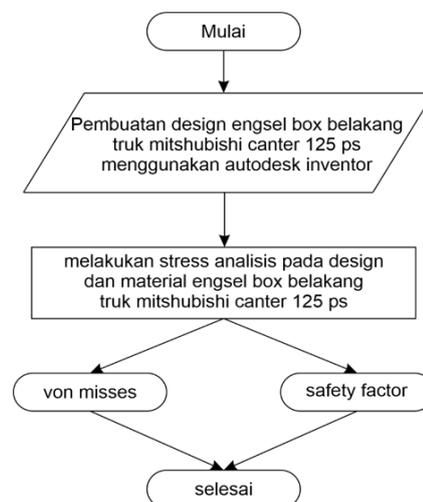
Kekuatan material dapat dikukur dengan tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh bahan tersebut. Lalu kita bisa mengetahui stress analisis dengan kita memasukan design dan juga materialnya.

Autodesk Inventor merupakan perangkat lunak yang menyediakan alat simulasi terbaik dan terintegrasi di industri. Perangkat ini digunakan untuk perhitungan stres, defleksi, dan simulasi gerakan, yang memungkinkan para ahli mesin untuk mengoptimalkan dan memvalidasi prototipe digital sebelum produk fisik dibuat. Simulasi dilakukan dengan mempertimbangkan batasan dan kondisi nyata di dunia nyata.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Alir penelitian

Tahapan metode penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar diagram alir.



Gambar 2 Diagram Alir

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan berdasarkan pendekatan ilmiah dengan beberapa tahapan proses analisa yang diantaranya meliputi identifikasi masalah, studi literatur penentuan parameter yang perlu dihitung dan dipertimbangkan dalam analisis hingga seperti dimensi, geometri, bahan, beban, dan syarat batas kemudian dilanjutkan pada pemodelan engsel pintu belakang box truk dengan menggunakan Autodesk Inventor, kemudian bahan yang digunakan dalam metode penelitian adalah stainless steel.

#### 3.1 Hasil Survey

##### 3.1.1 Material yang digunakan

Metode penelitian yang digunakan adalah simulasi dengan komputer, material yang digunakan adalah stainless steel dengan material properties yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Properties	Value
Density ( $\times 1,000 \text{ kg/m}^3$ )	8
Poisson's ratio	0.27-0.30
Elastic modulus (GPa)	193
Tensile strength (Mpa)	515
Yield strength (Mpa)	205
Elongation (%)	40
Reduction in area (%)	50
Hardness (HRB)	88
Thermal expansion ( $10^{-6}/^\circ\text{C}$ )	17.2
Thermal conductivity (W/m-K)	16.2

Gambar 3 Tabel material propertis

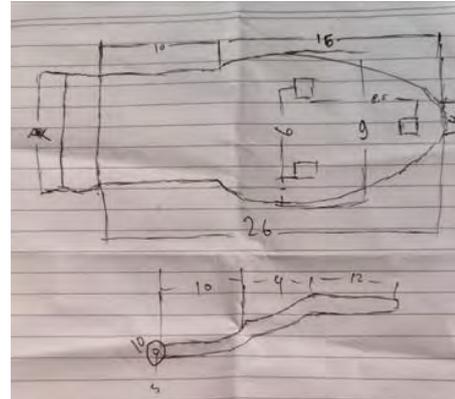


Gambar 4 Engsel box pintu belakang truk

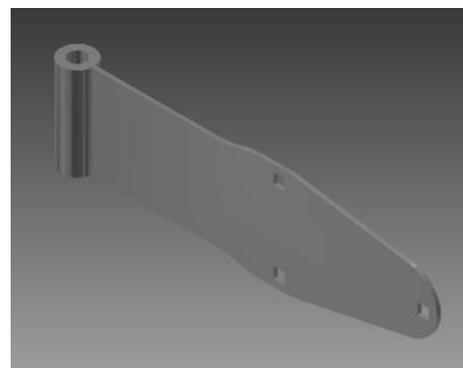
##### 3.1.2 Perhitungan beban dari luar

Berat dari pintu belakang box truk mitshubishi canter 125 ps 100 Kg

### 3.2 Pembuatan Design



Gambar 5 Ukuran box pintu belakang truk



Gambar 6 engsel box pintu belakang truk 3d

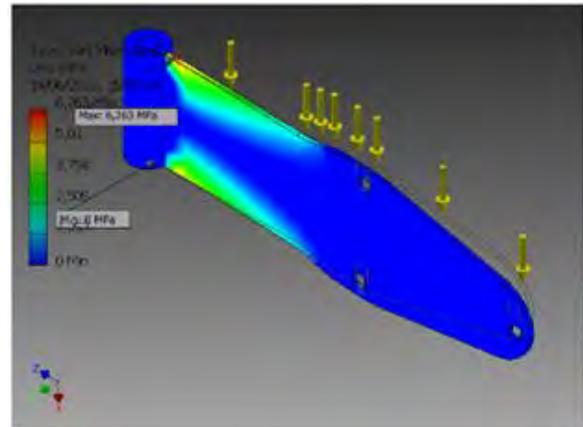
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari feature Generate Report yang disediakan, maka didapat rangkuman nilai hasil simulasi berupa tabel dan gambar berikut.

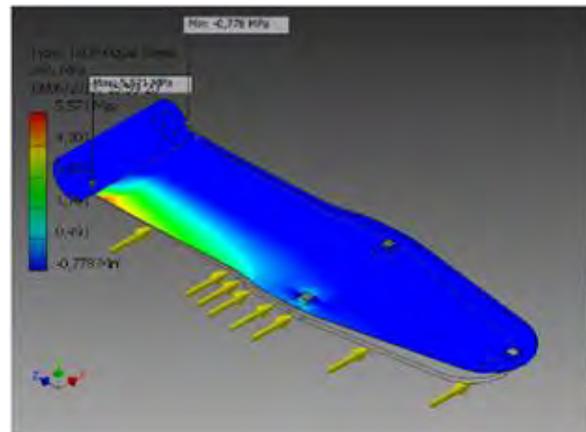
Name	Minimum	Maximum
Volume	77092,8 mm <sup>3</sup>	
Mass	0,616742 kg	
Von Mises Stress	0 MPa	6,26282 MPa
1st Principal Stress	-0,778363 MPa	5,57079 MPa
3rd Principal Stress	-5,7962 MPa	0,636063 MPa
Displacement	0 mm	0,0153357 mm
Safety Factor	15 ul	15 ul
Stress XX	-1,018 MPa	0,844589 MPa
Stress XY	-0,14712 MPa	0,132608 MPa
Stress XZ	-0,80656 MPa	0,350609 MPa
Stress YY	-1,37593 MPa	1,3039 MPa
Stress YZ	-0,0803339 MPa	0,0763812 MPa
Stress ZZ	-5,78822 MPa	5,57079 MPa
X Displacement	0 mm	0,0153348 mm
Y Displacement	-0,0000197303 mm	0,0000204737 mm
Z Displacement	-0,00269489 mm	0,00265585 mm
Equivalent Strain	0 ul	0,000028855 ul
1st Principal Strain	0 ul	0,0000310256 ul
3rd Principal Strain	-0,000031074 ul	0 ul
Strain XX	-0,0000105011 ul	0,00000971732 ul
Strain XY	-0,00000100889 ul	0,000000909372 ul
Strain XZ	-0,00000553106 ul	0,00000240434 ul
Strain YY	-0,0000139582 ul	0,0000139052 ul
Strain YZ	-0,000000550897 ul	0,000000523791 ul
Strain ZZ	-0,0000310193 ul	0,0000310201 ul
Contact Pressure	0 MPa	11,762 MPa
Contact Pressure X	-0,276754 MPa	2,28326 MPa
Contact Pressure Y	-7,14941 MPa	11,3596 MPa
Contact Pressure Z	-7,28692 MPa	7,12868 MPa

Gambar 7 Hasil uji simulasi

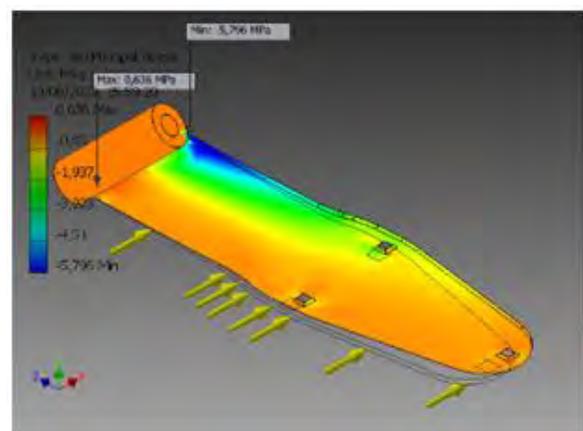
Ketika tegangan Von Mises mencapai nilai kritis yang disebut sebagai Yield Strength, sebuah material dianggap mulai mengalami deformasi permanen. Pada saat tersebut, Maximum Principal Stress mengindikasikan bagian tertentu yang mengalami tegangan paling tinggi, ditandai dengan warna merah. Sebaliknya, Minimum Principal Stress menunjukkan bagian yang mengalami tegangan paling rendah, dan ditandai dengan warna kuning yang menunjukkan keadaan yang lebih rileks. Untuk menentukan bagian yang aman saat diberikan gaya, Safety Factor menjadi parameter penting, di mana bagian yang berwarna Biru Tua menunjukkan tingkat keamanan yang paling tinggi.



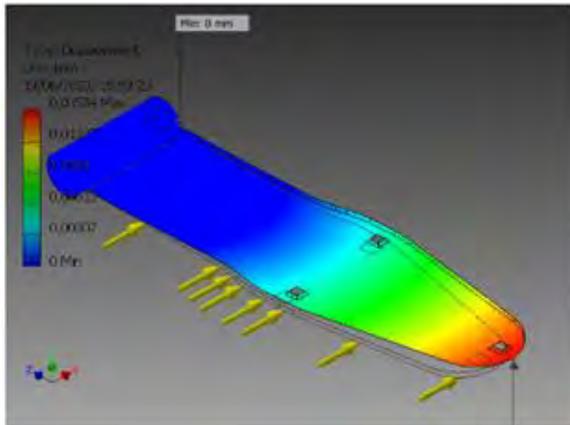
Gambar 8 Von Mises Stress



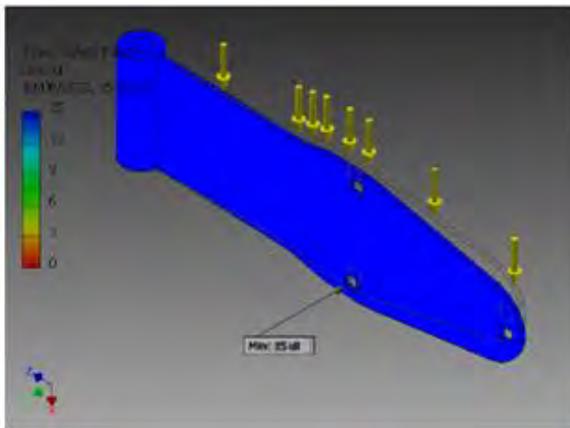
Gambar 9 1st Principal Stress



Gambar 10 3rd Principal Stress



Gambar 11 Displacement



Gambar 12 Safety Factor

## V. KESIMPULAN

Pada pengujian stress analisis pada engsel pintu box belakang truk Mitsubishi canter 125 ps menggunakan uji simulasi pada Autodesk inventor, dapat kita simpulkan bahwa engsel pintu box tersebut memiliki kekuatan cukup untuk menahan beban pada pintu belakang boxtruk selama tidak ada perubahan material atau beban pada pintu box tersebut. Dalam pengujian simulasi beban pada pintu box truk adalah 100 Kg dan menghasilkan yang cukup memadai dengan kita bisa melihat pada safety pada nilai ul yang tidak melebihi dan tidak terdapat warna merah.

Dengan demikian, kita dapat simpulkan bahwa engsel pintu belakang box truk Mitsubishi canter 125 PS yang terbuat dari stainless steel dan memiliki panjang 260mm dan tinggi 90 mm memiliki kekuatan yang cukup tinggi dengan

menopang beban pada pintu box truk belakang dan didalam penggunaanya memakai 4 engsel. Analisis kekuatan design dan material ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan dan perbaikan, sehingga meningkatkan keamanan pada penggunaan pintu box truk.

## VI. REFERENSI

1. Desain Food Truck Zangrandi Sebagai Sarana Pendukung Media Promosi Untuk Kawasan Food Truck Area di Surabaya, JURNAL SAINS DAN SENI ITS Vol. 7, No. 2 (2018)
2. Setyono. Bambang, Mrihrenaningtyas, Abdul Hamid. (2016). Perancangan Dan Analisis Kekuatan Frame Sepeda Hibrid "TRISONA" Menggunakan Autodesk Inventor. Jurnal Iptek, Vol 20 No. 2, ISSN : 1411-7010. Institut Teknologi Adhi Tama : Surabaya
3. Perancangan Boks Truk Pengangkut Buah-Buahan Jurnal Teknik Mesin, Vol. 18, No. 1, April 2021, 8–11

# Analisis Parameter Kimia Kinerja Koagulan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dalam Pengolahan Limbah Cair

Sinardi<sup>1\*</sup>, ST. Ica. HT<sup>2</sup>, A. Sry Iryani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Universitas Fajar, Makassar.

<sup>2</sup>Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Penyakit (BTKL PP) Kelas 1 Makassar

\*sinardi@unifa.ac.id

**Abstrak**— Limbah cair rumah tangga mengandung berbagai macam polutan, diantaranya bahan organik yang bisa menyebabkan pencemaran air dan pencemaran tanah. Salah satu metode pengolahan limbah cair rumah tangga yang efektif adalah dengan menggunakan koagulan yang berfungsi untuk menggumpalkan partikel-partikel tersuspensi dalam air. Partikel-partikel ini kemudian dapat diendapkan dan dibuang. Biji kelor merupakan salah satu bahan alami yang dapat digunakan sebagai koagulan. karena mengandung senyawa aktif yang memiliki sifat koagulan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis parameter kimia kinerja koagulan biji kelor dalam pengolahan limbah cair rumah tangga. Penelitian ini dilakukan di menggunakan limbah cair rumah tangga yang berasal dari rumah tangga di sekitar Jl. Banta Bantaeng Kelurahan Rappocini, Kota Makassar. Parameter kimia yang dianalisis adalah pH, BOD, dan COD. Metode yang digunakan adalah percobaan jar test dengan menganalisis perubahan parameter kimia sebelum dan setelah proses koagulasi. Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa koagulan biji kelor merupakan alternatif yang efektif dan ramah lingkungan untuk pengolahan limbah cair rumah tangga.

**Kata Kunci** — *Moringa oleifera*, Koagulan, Parameter Kimia, Limbah Cair.

**Abstract**— Pollutants found in household liquid waste include organic matter, which can pollute water and soil. In order to treat household liquid waste, coagulants that agglomerate particles suspended in water are used. It is possible to precipitate these particles for disposal after they have been precipitated. A natural coagulant can be obtained from moringa seeds. Because it contains active compounds that have coagulant properties. This study aims to analyze the chemical parameters of moringa seed coagulant performance in household liquid waste treatment. This research was conducted using household liquid waste originating from households around Jl. Banta Bantaeng, Rappocini Village, Makassar City. The chemical parameters analyzed are pH, BOD, and COD. The method used is a jar test experiment by analyzing changes in chemical parameters before and after the coagulation process. Based on the results of this study, it can be concluded that moringa seed coagulant is an effective and environmentally friendly alternative to household liquid waste treatment.

**Keywords** — *Moringa oleifera*, Coagulants, Chemical Parameters, Liquid Waste.

## I. PENDAHULUAN

Limbah cair rumah tangga adalah limbah yang dihasilkan dari kegiatan sehari-hari di rumah tangga, seperti air bekas mandi, air bekas cucian, dan air bekas memasak. Limbah ini mengandung bahan organik tinggi seperti *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) [1], [2]. Kandungan bahan organik yang tinggi menyebabkan eutrofikasi yaitu proses

pertumbuhan alga yang berlebihan di perairan. Alga ini dapat menyerap oksigen terlarut dalam air, sehingga menyebabkan kekurangan oksigen bagi biota air lainnya [3]. Bahan organik yang terkandung dalam limbah cair yang dibuang ke tanah dapat menyebabkan pencemaran tanah karena dapat terurai oleh mikroorganisme, sehingga menghasilkan senyawa-senyawa yang dapat meracuni tumbuhan dan hewan [1]. Bahan

organik yang terkandung dalam limbah cair juga dapat mengandung bakteri dan virus yang dapat menyebabkan penyakit bagi manusia [4].

Pengolahan limbah cair dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah metode koagulasi. Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel-partikel tersuspensi dalam air dengan penambahan bahan kimia. Bahan kimia yang digunakan dalam proses koagulasi disebut koagulan [5]. Biji kelor (*Moringa oleifera* L.) telah banyak diteliti sebagai koagulan alami untuk pengolahan limbah cair termasuk limbah cair rumah tangga [6][7][8]. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis parameter kimia terhadap kinerja koagulan biji kelor untuk menurunkan pH dan menyisihkan BOD dan COD.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian bersifat eksperimen skala laboratorium menggunakan limbah cair rumah tangga yang berasal dari rumah tangga di sekitar Jl. Banta Bantaeng Kelurahan Rappocini, Kota Makassar. Biji kelor yang digunakan dihaluskan dan berbentuk serbuk ukuran 80 mesh.



Gambar 1. Serbuk Biji Kelor

Alat yang di gunakan dalam penelitian ini: jar test; gelas beker; erlenmeyer; blender; ayakan; stirer, gelas ukur; pH meter; Inductively coupled plasma (ICP), Spektrofotometer UV-Vis; timbangan; pengaduk. Bahan yang digunakan: biji buah kelor dan limbah cair.

Variabel penelitian terdiri dari variabel tetap meliputi: waktu pengendapan; kecepatan pengadukan; dan waktu pengadukan. Variabel berubah meliputi: konsentrasi koagulan biji kelor: 1 gr, 5 gr, 10 gr, 15 gr, dan 25 gr.

### *Preparasi Sampel*

Disiapkan 2 liter air limbah kemudian di tambahkan serbuk buah kelor sebagai koagulan

dengan variasi berat yaitu 1 gr, 5 gr, 10 gr, 15 gr, dan 25 gr, lalu diaduk dengan kecepatan pengadukan 10 rpm dengan waktu pengadukan 20 menit dan di endapkan selama 8 jam dan 20 jam.



Gambar 2. Sampel Limbah Cair Rumah Tangga sebelum Pengolahan

Pengukuran pH (*Potensial of Hidrogen*) sampel dibaca menggunakan pengukur pH meter digital dan dilakukan untuk setiap sampel dan blanko. Setelah angka digital ditampilkan dalam kondisi stabil, nilai pH dibaca.

### *Analisis BOD*

Sampel dalam botol wingkler 300 ml, aerasi bila perlu, tambahkan larutan nutrisi, aerasi botol Wingcler yang telah diisi sebelumnya hingga penuh, kemudian tambahkan 1 ml masing – masing  $H_2O_2$  dan reagen  $MnSO_4$ , lalu homogenkan, diamkan, tambahkan 1 ml larutan  $H_2SO_4$ , homogenkan kembali, titrasi dengan larutan natrium  $Na_2S_2O_3$  tiosulfat hingga kuning pucat, tambahkan 3 tetes indikator kanji, titrasi dengan natrium tiosulfat sampai larutan bening dan di catat hasil titrasinya.

### *Analisis COD*

Analisis COD dilakukan dengan metode instrumental, yaitu sampel diambil dengan pipet, cairan pencernaan ditambahkan, larutan pereaksi asam sulfatsecukupnya ditambahkan ke dalam tabung reaksi atau ampul, tabung reaksi ditutup dan dikocok perlahan. sampai homogen, tabung reaksi direfluks, lalu dipanaskan 2 jam pada  $150^\circ C$ . Setelah 2 jam, dinginkan sampel hingga suhu kamar, biarkan suspensi mengendap dan pastikan area pengukuran benar-benar transparan terhadap nilai COD.

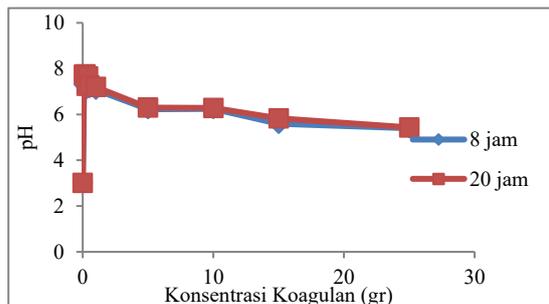
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel limbah cair yang diambil dalam satu waktu (*grab sample*) terlebih dahulu dilakukan pengujian awal berkaitan kualitas limbah cair. Berikut kualitas limbah cair yang digunakan terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter Kimia Limbah Cair Rumah Tangga

Parameter	Hasil	Standar Baku Mutu
pH	3,01	6 – 9
BOD	257,212 mg/L	30 mg/L
COD	494,64 mg/L	100 mg/L

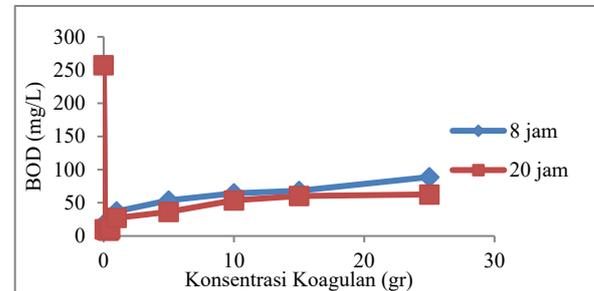
Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, parameter kimia limbah cair tidak memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Walikota Makassar Nomor 32 Tahun 2018 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik. Parameter pH di bawah baku mutu dan parameter BOD dan COD di atas baku mutu sehingga diperlukan pengolahan sebelum limbah cair di buang ke lingkungan.



Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Koagulan terhadap pH Limbah Cair

Gambar 3 menunjukkan pengaruh pH terhadap konsentrasi koagulan dan lama pengendapan. pH mengalami kenaikan dengan pada konsentrasi koagulan 1 gr yaitu 7,08 pada 8 jam pengendapan dan 7,20 pada 20 jam pengendapan. Hal ini terjadi karena tidak stabilnya ion karboksilat dan proton pada koagulan serta ion H<sup>+</sup> sehingga bisa terjadi ikatan kembali antar ion tersebut (reaksi balik) sehingga derajat keasaman (pH) naik. Pada konsentrasi 5 gr, 10 gr, 15 gr, dan 25 gr, pH mengalami penurunan. Hal ini karena semakin besar konsentrasi koagulan maka semakin banyak proses hidrolisis dalam air, dan semakin banyak

ion H<sup>+</sup> yang terionisasi dalam air, sehingga membuat nilai pH semakin rendah (asam) [9]. Selain itu penurunan pH juga disebabkan oleh asam amino yang terkandung pada biji kelor terionisasi, menghasilkan ion karboksilat dan proton [10].



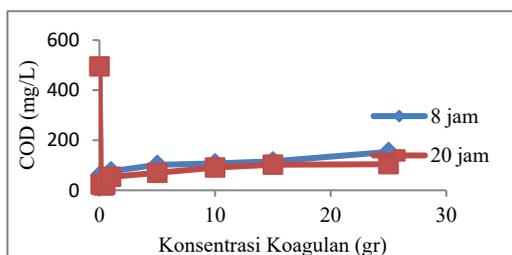
Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi Koagulan terhadap BOD Limbah Cair

Berdasarkan hasil pengamatan, penurunan konsentrasi BOD limbah cair optimum pada konsentrasi koagulan 15 gr dengan waktu pengendapan 8 jam yaitu sebesar 10,91 mg/L dan waktu pengendapan 20 jam sebesar 8,12 mg/L dengan persen penyisihan 95,7 % dan 96,8 %. Pengaruh konsentrasi koagulan biji kelor terhadap BOD limbah cair bersifat linier, yaitu semakin tinggi konsentrasi koagulan, maka semakin besar pula penurunan BOD. Hal ini disebabkan karena koagulan biji kelor berfungsi untuk menggumpalkan partikel-partikel tersuspensi dan bahan organik yang terlarut dalam limbah cair. Partikel-partikel yang menggumpal ini akan lebih mudah mengendap dan terpisah dari air, sehingga kandungan BOD dalam limbah cair akan berkurang. [11], [12].

Begitu pula dengan penambahan diatas 1 gram terjadi kenaikan nilai BOD. Kenaikan nilai BOD akan membawa dampak menurunnya kandungan oksigen terlarut dari limbah. Pada penelitian Rustiah (2018) efektifitas serbuk biji kelor pada masing masing variasi berat koagulan yang paling optimal menyerap terjadi pada 2,4 gram sedangkan pada penambahan koagulan dengan berat 3 gr kadar BOD kembali meningkat [11]. [12] Sedangkan pada penelitian Rofa at all (2019) titik optimum untuk menurunkan nilai BOD pada penambahan koagulan dosis 5 gr, menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis koagulan yang diberikan maka semakin besar penurunan kadar

BOD pada sampel. Dalam penelitian ini peningkatan nilai BOD pada air bersih dan air sumur masih dalam baku mutu air limbah Peraturan menteri lingkungan hidup dan kesehatan RI Nomor P.68/Menlhk/Kum.I/8/2016.

Penelitian ini memperlihatkan koagulan biji kelor sebagai koagulan dimana menggunakan variasi dosis untuk mengetahui nilai optimum terhadap nilai COD pada sampel dan pengukuran dilakukan dengan Spektrofotometer UV- vis. Pada air limbah dosis optimum untuk waktu pengendapan 8 jam dan 20 jam pada dosis 15 gr dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi Koagulan terhadap COD Limbah Cair

Pada Gambar 5 memperlihatkan bahwa penurunan optimum nilai COD dengan waktu pengendapan 8 jam dan 20 jam pada penambahan koagulan 15 gr dari 494 mg/L turun menjadi 25,38 mg/L dan 19,82 mg/L. Penambahan koagulan biji kelor pada proses koagulasi untuk menurunkan kadar COD menurun, hal ini disebabkan adanya kandungan detergen. Salah satu bahan deterjen terdiri dari zat adiktif atau zat aditif berupa pelunak yang mengandung senyawa natrium yang dapat menguras kandungan oksigen air. Dimana tingginya nilai COD dalam limbah dapat mengakibatkan tidak adanya kehidupan biota air. Pada penelitian Haslinah A (2020) menunjukkan bahwa Penyisihan COD terendah diperoleh pada konsentrasi 1000 mg/L dengan persentase penyisihan 47,3%, hal tersebut disebabkan konsentrasi koagulan yang diberikan tidak cukup untuk menetralkan partikel koloid penyebab kekeruhan yang terdispersi pada air limbah. Penyisihan optimum diperoleh pada konsentrasi 4000 mg/L dengan persentase penyisihan 86,4%. penurunan persentase COD dari kondisi optimum yaitu pada konsentrasi 5000 mg/L, penurunan

tersebut disebabkan karena pada konsentrasi tersebut sudah melebihi konsentrasi optimum yang mengakibatkan tidak terjadi lagi pengikatan partikel koloid yang ada pada air limbah yang berbeda muatan. Hal ini tentu saja mengakibatkan flok-flok yang telah terbentuk menjadi pecah kembali, yang membuat persentase COD pada air limbah kembali menurun.

Pengaruh konsentrasi koagulan biji kelor terhadap COD limbah cair rumah tangga juga bersifat linier, yaitu semakin tinggi konsentrasi koagulan, maka semakin besar pula penurunan COD. Hal ini disebabkan karena koagulan biji kelor berfungsi untuk menggumpalkan partikel-partikel tersuspensi dan bahan organik yang terlarut dalam limbah cair. Partikel-partikel yang menggumpal ini akan lebih mudah mengendap dan terpisah dari air, sehingga kandungan COD dalam limbah cair akan berkurang.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dosis optimum koagulan biji kelor untuk menurunkan COD limbah cair rumah tangga adalah berkisar antara 2-5 gram per liter limbah. Pada dosis ini, penurunan COD dapat mencapai 50-70%. Dosis koagulan yang terlalu rendah tidak akan efektif untuk menurunkan COD, sedangkan dosis koagulan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pengendapan yang berlebihan dan dapat menurunkan kualitas air hasil pengolahan. [13], [14].

#### IV. KESIMPULAN

Analisis parameter kimia kinerja koagulan biji kelor dalam pengolahan limbah cair rumah tangga memperlihatkan bahwa:

1. Koagulan biji kelor mampu menurunkan pH limbah cair rumah tangga pada konsentrasi koagulan 1 gr yaitu 7,08 pada 8 jam pengendapan dan 7,20 pada 20 jam pengendapan.
2. Penurunan BOD limbah cair rumah tangga optimum pada konsentrasi koagulan 15 gram dengan waktu pengendapan 8 jam yaitu sebesar 10.91 mg/L dan waktu pengendapan 20 jam sebesar 8,12 mg/L dengan persen penyisihan 95,7 % dan 96,8 %.
3. Penurunan COD limbah cair rumah tangga optimum pada konsentrasi 15 gr dari 494

mg/L turun menjadi 25,38 mg/L dan 19,82 dengan waktu pengendapan 8 jam dan 20 jam.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Setyawati, S. S. LA, and S. Andjar Sari, "Penerapan Penggunaan Serbuk Biji Kelor sebagai Koagulan pada Proses Koagulasi Flokulasi Limbah Cair Pabrik Tahu di Sentra Industri Tahu Kota Malang," *Ind. Inov. J. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 1, pp. 21–31, Dec. 2019, doi: 10.36040/industri.v8i1.669.
- [2] D. Lisa, E. Fikri, and R. Rojali, "Penggunaan Koagulan Kombinasi Bubuk Biji Moringa Oleifera Dan Bubuk Biji Tamarindus Indica Dalam Menurunkan Kadar COD Dan TSS Limbah Cair Tahu," *J. Kesehat. Lingkungan. Indones.*, vol. 21, no. 3, pp. 266–273, Oct. 2022, doi: 10.14710/jkli.21.3.266-273.
- [3] K. Helen, H. Hasyim, and Najmah, "Efektifitas Koagulan Ekstrak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) terhadap Daya Hidup Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) Pada Pengolahan Air Limbah Minyak Goreng Restoran Cepat Saji X di Palembang," *Ilmu Kesehat. Masy.*, vol. 3, no. 01, pp. 47–54, 2012.
- [4] A. Hak, Y. Kurniasih, and H. Hatimah, "Efektivitas Penggunaan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*, Lam) sebagai Koagulan untuk Menurunkan Kadar TDS dan TSS dalam Limbah Laundry," *Hydrog. J. Kependidikan Kim.*, vol. 6, no. 2, p. 100, Jan. 2019, doi: 10.33394/hjkk.v6i2.1604.
- [5] M. P. Sinaga and A. F. Simanullang, "Pengolahan Limbah Cair Industri Rumah Tangga dengan Adsorpsi dan Pretreatment Netralisasi dan Kualulasi di Sungai Pematang Siantar," *J. Ilmu Perikan. dan Kelaut.*, vol. 4, no. 3, pp. 126–137, 2022.
- [6] Firmansyah and Sumarni, "Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Alami dalam Pengolahan Limbah Cair," *J. Inov. Proses*, vol. 7, no. 1, pp. 26–32, 2022.
- [7] A. S. Agustina, S. Karneng, S. Chadijah, and W. O. Rustiah, "Penentuan Konsentrasi Optimum Koagulan Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*, Lamk) pada Air di Wilayah UIN Alauddin Makassar," *Scedule (Sciences Educ. Learn. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 97–101, 2022.
- [8] A. Zakaria *et al.*, "Penentuan Kondisi Optimum Koagulan Poli Alumunium Klorida Metode Jar Test Berdasarkan Penurunan Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) Air Limbah menggunakan Response Surface Method," *War. AKAB*, vol. 47, no. 1, pp. 28–32, Jul. 2023, doi: 10.55075/wa.v47i1.181.
- [9] Rusdi, T. B. P. Sidi, and R. Pratama, "Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Pengendapan Biji kelor Terhadap pH, Kekeruhan, dan Warna Air Waduk Krenceng," *J. Integr. proses*, vol. 5, no. 1, pp. 46–50, 2014, doi: <http://dx.doi.org/10.36055/jip.v5i1.34>.
- [10] Irmayana, E. P. Hadisantoso, and S. Isnaini, "Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil Kulit," *Istek*, vol. X, no. 2, pp. 52–67, 2017.
- [11] W. Rustiah and Y. Andriani, "Analisis Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*, Lamk) dalam Menurunkan Kadar COD dan BOD pada Air Limbah Jasa Laundry," *Indo. J. Chem. Res.*, vol. 5, no. 2, pp. 96–100, Jan. 2018, doi: 10.30598/ijcr.2018.5-wao.
- [12] A. Ro'fa, M. Savira, A. Putri, and N. L. Syakbanah, "Analisis Komparasi Penggunaan Biokoagulan dari Ekstrak Biji Kelor dan Biji Asam Jawa pada Limbah Cair Pabrik Tahu APL Nglebur Lamongan," *Tahun*, vol. 7, no. 1, pp. 8–19, 2023, doi: <https://doi.org/10.30736/7ijev.v7iss1.407>.
- [13] D. K. Wibawarto, Syafrudin, and W. D. Nugraha, "Studi Penurunan Turbidity, TSS, COD menggunakan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Nanobiokoagulan dalam Pengolahan Limbah Domestik (*Grey Water*)," p. 282, 2008.
- [14] A. Haslinah, "Ukuran Partikel dan Konsentrasi Koagulan Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) terhadap Penurunan Persentase COD dalam Limbah Cair Industri Tahu," *ILTEK J. Teknol.*, vol. 15, no. 01, pp. 50–53, Sep. 2020, doi: 10.47398/iltek.v15i01.510.

## Analisis Kinerja *Well Completion* Pada Pemboran *Workover* Sumur "DP" Lapangan Panas Bumi

Danu Putra Nugroho<sup>1</sup>, Fidyah Varayesi<sup>2</sup>

Universitas Tanri Abeng, Jl. Swadarma raya no 58

[danu.putra@student.tau.ac.id](mailto:danu.putra@student.tau.ac.id)

**Abstrak** — *Well Service Job* pada prinsipnya adalah kegiatan atau pekerjaan untuk merawat suatu sumur supaya dapat terus berproduksi sesuai dengan yang diinginkan. Untuk merawat sumur ini diperlukan alat yang dapat membantu untuk mempermudah setiap pekerjaan yang dilakukan. Setelah kegiatan *well service job* selesai ada kegiatan *well completion* merupakan pekerjaan yang dilakukan setelah operasi pemboran selesai dilakukan dan sebelum sumur diproduksi. Pekerjaan *well completion* dapat menggunakan rig yang sama dengan yang digunakan saat operasi pemboran dilakukan dan belum meninggalkan lokasi pemboran. *Well completion* dilakukan untuk mempersiapkan sumur berproduksi dengan cara pengurasan cadangan minyak bumi yang ada didalam sumur dengan radius tertentu.. Kegiatan pertama *well completion* adalah memasukan rangkaian PTS Log down rangkaian PTS dari permukaan sampai 1200 mMD dengan speed 20 – 30 m/min setelah itu Cabut sambil log up rangkaian PTS dari 1200 mMD sampai permukaan dengan speed 20 – 30 m/min, setelah itu kegiatan selanjutnya *well integrity* untuk Mengetahui kondisi cement behind casing 9-5/8", selanjutnya Tutup Master Valve dan Side Valve pada wellhead, serta stop pemompaan air ke annulus. Dilanjutkan laydown tubular DC 4-3/4" sebanyak 12 joint, DP 5" sebanyak 216 jts, DP 3-1/2" 30 joints, HWDP 5" sebanyak 18 joints , HWDP 3-1/2" sebanyak 18 joints dan setelah itu dinyatakan *well completion* telah dilakukan.

**Keywords** — Kompleksi Sumur, Workover, PTS Tools

**Abstract** — *Well Service Job* in principle is an activity or job to maintain a well so that it can continue to produce as desired. To maintain this well, tools are needed that can help make every job done easier. After the well service job activity is completed, there is a well completion activity, which is work carried out after the drilling operation is completed and before the well is produced. Well completion work can use the same rig that was used when the drilling operation was carried out and has not left the drilling location. Well completion is carried out to prepare the well for production by draining the petroleum reserves in the well within a certain radius. The first well completion activity on the "DP" well is inserting a PTS series. Log down the PTS series from the surface to 1200 mMD with a speed of 20 - 30 m /min after that, unplug while logging up the PTS series from 1200 mMD to the surface with a speed of 20 – 30 m/min, after that the next activity is well integrity to determine the condition of the cement behind casing 9-5/8", then close the Master Valve and Side Valve at the wellhead, and stop pumping water into the annulus. Continued laydown of tubular DC 4-3/4" with 12 joints, DP 5" with 216 million, DP 3-1/2" with 30 joints, HWDP 5" with 18 joints, HWDP 3-1/2" with 18 joints and after It was stated that well completion of the "DP" well had been carried out.

**Keywords** — *Well Completion*, Workover, PTS Tools

### I. PENDAHULUAN

Pada pemboran selesai biasanya akan dilakukan kegiatan perawatan sumur atau Well Service. Perawatan sumur atau Well Service adalah kegiatan yang bertugas menangani segala kegiatan yang

berhubungan dengan sumur. Kegiatan tersebut meliputi usaha agar sumur siap berproduksi (initial completion) maupun usaha perbaikan sumur akibat kerusakan saat berproduksi (Workover). Semua kegiatan yang dilakukan ini bertujuan untuk

mempertahankan serta meningkatkan laju produksi sumur. Workover biasanya melibatkan rig servis untuk memecahkan masalah di sumur dengan program yang diusulkan. Program workover adalah prosedur langkah demi langkah yang teratur untuk diikuti, untuk mencapai tujuan yang diperlukan dengan aman, dengan biaya minimum, dengan pengeluaran sumber daya minimum (Mansour et al., 2013).

Kegiatan Well completion dilakukan untuk mempersiapkan sumur berproduksi dengan cara pengurasan cadangan minyak bumi yang ada didalam sumur dengan radius tertentu. Berbagai metode evaluasi digunakan untuk menentukan jenis penyelesaian sumur, salah satu metode evaluasi formasi seperti drill stem test dilakukan untuk menentukan baik atau tidaknya suatu sumur dapat diselesaikan untuk diproduksi. Killing well proses menempatkan kolom fluida berat ke dalam lubang sumur untuk mencegah aliran fluida reservoir masuk ke dalam sumur. Salah satu metode mematikan sumur yang sering digunakan adalah bullhead method. Bullheading method merupakan salah satu metode pengendalian sumur yang dapat digunakan untuk mematikan sumur. Konsep bullheading adalah memompa fluida formasi kembali ke dalam formasi dengan

menggunakan kill weight fluid. Metode bullhead biasanya digunakan ketika sirkulasi normal tidak memungkinkan (Suranta et al., 2021).

Pada saat Workover tahun 2020 sumur “DP” telah dilakukan pekerjaan pemancingan ikan yang tertinggal namun belum berhasil mengangkat keseluruhan ikan yang berada di dalam sumur (hanya berhasil mengangkat slickline sepanjang 212 meter) , dimana akhirnya sisa ikan berupa slickline sepanjang 568 meter dan alat logging PTS maupun fishing tool hanya bisa didorong hingga kedalaman 1851 mMD (berdasarkan data jajak bit terakhir).

Pada penulisan tugas akhir akan ditinjau dan dianalisa permasalahan yang terjadi pada sumur “DP” yaitu mengambil sisa peralatan yang tertinggal didalam sumur, mengerjakan workover ulang dan mengerjakan well completion agar produksi sumur ”DP” menjadi lebih baik.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Data Sumur

Data Sumur DP ini memiliki beberapa data yang diperoleh, diantaranya sumur ini bertujuan untuk sumur produksi dengan tipe

sumur directional. Sumur ini memiliki kedalaman 2418.6 mMD dengan titik belok

(Kick Of Point) pada kedalaman 198.6 mMD.

Berdasarkan hasil workover terakhir pada tanggal 3 September – 23 Oktober 2020 telah dilakukan pekerjaan workover untuk mengatasi kebocoran casing dengan cara melakukan squeeze job dan remedial casing menggunakan casing 9 5/8” dimana :

1. Shoe casing Remedial 9 5/8” di 1185 mMD
2. Top Liner 10 3/4” di 1315 mMD
3. Terdapat gap antara casing shoe remedial 9 5/8” dan top liner 10 3/4” sepanjang 130 meter

Setelah dilakukan workover dilakukan penjajakan sumur dan ditemukan adanya pendangkalan sumur seperti terlihat pada tabel dibawah ini :

Tanggal	Pekerjaan	Kondisi Sumur	Kedalaman maks (mMD)	Ukuran Alat (inch)
18 Oktober 2020	Reaming	Injeksi	1755.02	8 ½
21 Oktober 2020	Fishing	Injeksi	1844.82	5 1/2
5 November 2020	PTS	Shut in	1828	2
10 November 2020	PT	Shut in	1660	1 ¼
30 November 2020	PT	Shut in	1222	1 ¼
5 Januari 2020	PT	Shut in	1222	1 ¼
2 Februari 2021	PTS	Shut in	1196	2
8 April 2021	PT	Shut in	1222	1 ¼
18 Juni 2021	PTS	Shut in	1194	2
22 Desember 2021	PT	Shut in	1232	1 ¼

Tabel 1. History Pemngeboran Sumur DP

Tujuan dilakukannya *workover* pada sumur DP adalah :

- *Clean out obstacle* berupa semen block kedalaman 1228 mMD.
- Memancing fish berupa sisa slickline ( $\pm 568$  meter) dan alat logging yang masih tertinggal di kedalaman 1851 mMD (jajak terakhir hasil *workover* 2020).
- Mendorong fish sampai dibawah feed zone jika fishing job tidak berhasil

Sebelum melakukan pengerjaan *well completion* pada sumur DP, ada beberapa tahapan yang harus dikerjakan yaitu *quenching sumur, fishing job, inflatable packer* dan melakukan *logging RCBL*.

#### B. Prosedur *Well Completion*

Pada sumur DP ini terdapat beberapa prosedur yang dilakukan untuk proses *well completion*. Prosedurnya adalah sebagai berikut:

1. Persiapan PTS *Dummy Logging*.
2. M/U 5" DP, M/U *Safety Valve*, M/U *Lubricator*+ BOP 3-1/8"
3. M/U & *Run In Hole* (RIH) rangkaian PTS dan Injeksi *annulus* 700 gpm

4. Pekerjaan GPT (*Gross Permeability Test*)
5. Cabut rangkaian PTS dan M/U & RIH new PTS
6. Lanjutkan pekerjaan GPT (*Gross Permeability Test*)
7. Stop pemompaan dan lanjut pekerjaan *Fall Of Test* (FOT)
8. Cabut rangkaian PTS dan persiapan rangkaian DHV
9. Tutup *Master Valve* dan *Side Valve* pada *wellhead*, serta stop pemompaan air ke *annulus*
10. Lanjut L/D *Tubular*.

#### III. PEMBAHASAN

Setelah proses fishing job pada sumur DP dilakukan langkah selanjutnya ada *well completion* untuk memperbaiki atau mengetahui keadaan sumur setelah melakukan fishing job.

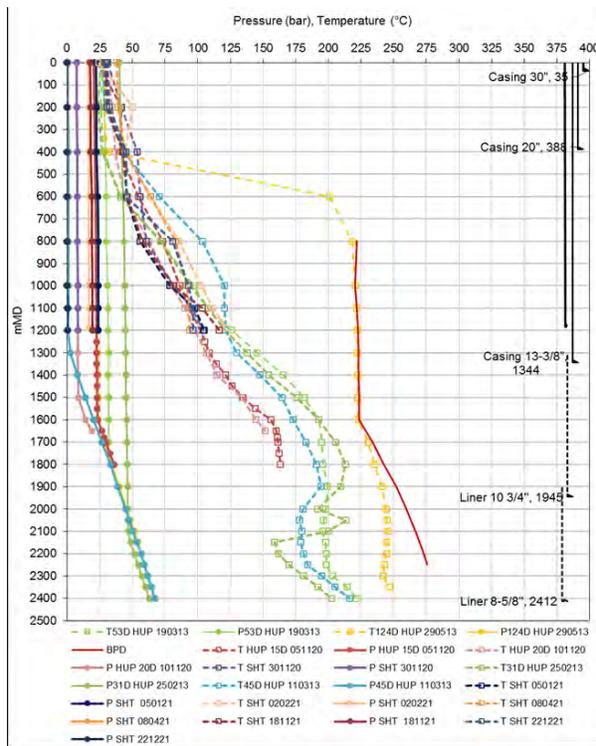
##### A. PT Dummy Logging

Langkah pertama dalam pengerjaan *well completion* pada sumur DP adalah melakukan PT dummy logging (*Pressure Temperature*). Persiapan rangkaian PT dummy logging masuk DP 5", M/U *safety valve*, M/U *lubricator* dan M/U dan *run in hole dummy tools* sampai 2400 mMD. Lalu selanjutnya POOH *dummy tools* dari kedalaman 2400 mMD sampai permukaan

sambil melakukan pemompaan ke annulus sebesar 700 gpm.



Gambar 1. Rangkaian PT Dummy Logging.



Gambar 2. Data Hasil PT Logging

B. Melakukan PTS (Pressure Temperature Spinner) Logging Tools

Persiapan rangkaian PTS , M/U dan *run in hole* PTS tools sambil memompakan ke annulus 700 gpm. Selanjutnya RIH PTS dari kedalaman 1135 mMD menuju kedalaman 2394 mMD dengan kecepatan 25m/min, *log down* PTS tools dari 1135 mMD sampai 2394 mMD dengan kecepatan 35 m/min, lalu *log up* PTS tools dari 2394 mMD ke 1150 mMD dengan kecepatan 35/min. Lakukan *stationary* selama 5 menit di titik kedalaman : 2050, 2070, 2090, 2100, 2150, 2250, 2300, 2350 mMD.



Gambar 2. Rangkaian PTS (Pressure Temperature Spinner).

C. Melakukan Pekerjaan Well Integrity

Setelah rangkaian PTS masuk, posisikan rangkaian PTS di kedalaman 2382 mmD, lalu lakukan pekerjaan GPT (gross permeability test) :

Tabel 2. Hasil dari GPT

Durasi (mnt)	FR Ann (GPM)	WHP (Bar)
120	1000	-0.6
120	800	-0.6
120	600	-0.6
120	600	-0.6
600	300	-0.5
180	1000	-0.4

Setelah itu POOH PTS tools dari kedalaman 2382 mMD sampai permukaan. Ganti PTS tools dengan yang baru, RIH PTS yang baru sambil pemompaan ke annulus sebesar 700 gpm. Berhenti pemompaan dan lanjut pekerjaan FOT (*Fall Of Test*) .

Tabel 3. Hasil dari FOT.

Time (Hrs)	WHP (Bar)	WHP (psi)
17.00	1.7	25
18.00	33	25
19.00	33	500
20.00	34	500
21.00	34	500
22.00	34	500
23.00	34	500
24.00	34	500
01.00	34	500
02.00	34	500
03.00	34	500

04.00	34	500
05.00	34	500
06.00	34	500
07.00	34	500
08.00	34	500
09.00	34	500

#### D. Melepas Rangkaian PTS Ke Permukaan

*Pull Out Of Hole* rangkaian PTS dari kedalaman 2382 mMD sampai ke permukaan, sebelum sampai ke permukaan lakukan *stationary* di kedalaman 1276 sampai 1283 selama 30 menit. Setelah di cek adanya kendala pada pekerjaan DHV tools dikarenakan bottom kamera tertutup dengan kotoran pasir dari sumur, jadi diputuskan tidak melakukan running DHV tools.

#### E. Melakukan Killing Well

Karena belum bisa menutup *master valve* dikarenakan masih ada DP 1 jts, maka akan dilakukan killing well terlebih dahulu dengan tekanan kepala sumur (TKS) 34 bar / 500 psi.

Tabel 4. Tabel Hasil Dari Killing Well

Durasi (mnt)	Flowrate (Gpm)	WHP (Bar)
120	26	34 -> 31
60	110	31 -> 27
60	300	27 -> 0

Tekanan kepala sumur sudah mencapai 0 bar, maka selanjutnya buka HCR dan tidak ada aliran. Buka pipe ram dan L/D single joint DP 5” sambil laydown stand up tubular, DP 3-1/2” sebanyak 3 jts, DC 6-11/2” joint.

#### F. Penyelesaian Akhir Proses Well Completion

Setelah semua proses selesai maka tahap akhir adalah menutup *master valve* dan *side valve* pada *wellhead* serta berhenti melakukan pemompaan air ke annulus. Dilanjutkan dengan laydown tubular DC 4-3/4” sebanyak 12 joint, DP 5” sebanyak 216 jts, DP 3-1/2” 30 joints, HWDP 5” sebanyak 18 joints, HWDP 3-1/2” sebanyak 18 joints. Sumur DP dinyatakan selesai operasi dan siap di produksi.



Gambar 3. Proses Penutupan Master Valve dan Side Valve pada Wellhead.

Pengukuran PT logging Sumur DP dilakukan dengan hasil sebagai berikut:

- Penjajakan sumur menggunakan sinker bar 1 ¼” duduk di 1232 mMD
- Temp maksimum 96.5 deg.C dikedalaman 1200 mMD
- Tekanan maksimum 0.2 barg dikedalaman 1200 mMD
- Belum terlihat adanya Water level pada kedalaman 1200 mMD

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Doniko, M. taufik Toha, dan Abuamat. 2014. EVALUASI TEKNIS DAN EKONOMIS WELL COMPLETION UNTUK UKURAN TUBING PADA SUMUR MINYAK X-26 DI PT. PERTAMINA EP ASSET 2 PENDOPO FIELD. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
- [2] Suranta, Rizky, & Akhmad. (2021). Evaluasi Killing Well Dengan Menggunakan Bullhead Method Pada Sumur GM-01. SNTEM, 161-168.
- [3] Mansour, H., Ahmad, M., Ahmed H., 2013. “Potential Using Of OEE In Evaluating The Operational Performance Of

#### IV. KESIMPULAN

Danu Putra Nugroho<sup>1</sup>, Fidya Varayesi<sup>2</sup>

Workover Activites”. American Journal Of  
Engineering Research, Vol. 3

# Analisis Kinerja Mesin Penyangrai Biji Kopi Dengan Menggunakan Pemanas Listrik (Heater) Tipe U

Abdul Nasser Arifin<sup>1</sup>, Cornelius Uten Patintingan<sup>1</sup>, Rian Pratomo<sup>2</sup>, Taufik Hidayat<sup>2</sup>, Asiyanthi Tabran Lando<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Staf Akademik Jurusan Teknik Manufaktur Industri Agro, Politeknik ATI Makassar and Jalan Sunu nomor 220, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. 90211, <sup>2</sup>Jurusan Teknik Manufaktur Industri Agro, Politeknik ATI, Makassar and Jalan Sunu nomor 220, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. 90211

<sup>3</sup>Staf Akademik Departement Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin and Jalan Poros Malino Km. 6, Bontomarannu. Gowa, Sulawesi Selatan. 92171  
abdulnasser@atim.ac.id

**Abstrak**— Kopi merupakan salah satu komoditas pertanian penting di Indonesia. Perkebunan kopi di Indonesia telah menjadi bagian integral dari ekonomi negara dan sumber pendapatan bagi petani di berbagai daerah. Salah satu daerah penghasil kopi di Indonesia yaitu Kab.Enrekang Provinsi Sulawesi selatan. Kopi yang terdapat di Kab. Enrekang yaitu kopi arabika, merupakan salah satu produk unggulan yang perlu dikembangkan dan menjadi tumpuan masyarakat sekitar untuk meningkatkan perekonomian. Pengolahan kopi pasca panen adalah serangkaian proses yang terjadi setelah buah kopi dipanen. Tujuannya adalah untuk mengolah buah kopi menjadi biji kopi yang siap untuk roasting. Roasting adalah proses memanggang biji kopi untuk mematangkan biji kopi, mengembangkan rasa, aroma, dan warnanya. Berdasarkan suhu roasting (penyangraian) dibedakan menjadi 4 yaitu: Suhu Pra-Panggang (Preheat), Panggang Ringan (ligh roast), Panggang Sedang (Medium Roast), dan Panggang Gelap (Dark Roast). Dalam sebuah mesin roasting pemanasan adalah komponen kunci dalam proses roasting kopi. Bent heaters type U adalah jenis elemen pemanas yang dapat digunakan dalam mesin roasting kopi. beberapa keuntungan penggunaan Bent heaters type U dalam penelitian ini, seperti: Bent heaters type U dapat menghasilkan panas dengan cepat dan efisien, dapat mencapai suhu yang diperlukan dengan cepat, memungkinkan proses roasting berlangsung secara efisien, selain itu desain Bent heaters type U memungkinkan distribusi panas yang merata di sekitar elemen. Untuk memperoleh hasil yang efisien digunakan sebuah mikro kontroler yang dihubungkan dengan sebuah thermostat, blower dan layer monitor untuk mengetahui level suhu yang digunakan dalam proses pemanasan. Pada pengujian waktu dan penurunan massa kopi yang diasumsikan sebagai penurunan kadar air digunakan sebagai parameter, sedangkan waktu 8 menit, 10 menit dan 15 menit digunakan sebagai waktu pengujian untuk suhu pengujian terdiri atas 180, 210 dan 230 sesuai suhu kisaran untuk proses roasting. Dari hasil pengujian yang dilakukan diperoleh laju aliran panas rata dihasilkan berkisar 2 °C /min, sedangkan tingkat penurunan massa yang diasumsikan sebagai penurunan kadar ari terendah diperoleh 208,8 gram pada suhu 180 , 8 menit dan tertinggi diperoleh 696,6 gram pada suhu 230, 15 menit.

**Keywords** — Kopi, roasting kopi, Bent heaters type U, kadar air

## I. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas pertanian penting di Indonesia. Negeri ini adalah salah satu produsen kopi terbesar di dunia dan memiliki sejarah panjang dalam budidaya dan produksi kopi. Perkebunan kopi di Indonesia telah menjadi bagian integral dari ekonomi negara dan sumber pendapatan bagi petani di berbagai daerah

[1]. Salah satu daerah penghasil kopi di Indonesia yaitu Kab.Enrekang Provinsi Sulawesi selatan. Kopi yang terdapat di Kab. Enrekang yaitu kopi arabika, merupakan salah satu produk unggulan yang perlu dikembangkan dan menjadi tumpuan masyarakat sekitar untuk meningkatkan perekonomian. Pemerintah Kabupaten Enrekang Sulawesi Selatan, patut berbangga karena kopi

arabika hasil alam di daerahnya bisa menembus pasar internasional sejak beberapa tahun terakhir..

Pengolahan kopi pasca panen adalah unsur penting dalam menentukan mutu dan kualitas industry kopi setelah buah kopi dipanen [2]. Tujuannya adalah untuk mengolah buah kopi menjadi biji kopi yang siap untuk roasting. Roasting adalah proses memanggang biji kopi untuk mematangkan biji kopi, mengembangkan rasa, aroma, dan warnanya. Adapun langkah-langkah dalam proses roasting kopi terdiri atas: 1. Pemanasan mesin roster sampai suhu yang sesuai dengan tingkat kadar air yang dibutuhkan, 2. Pemanasan awal (Drying Phase) untuk mengurangi kadar air biji kopi, sampai biji kopi dianggap kering (Kadar air  $\pm 11\%$ ). 3. Pemanasan lanjut (Maillard Reaction), Proses ini memicu reaksi kimia yang disebut Maillard reaction di mana gula dan asam amino dalam biji kopi berinteraksi. Reaksi ini menghasilkan berbagai senyawa yang memberikan rasa, aroma, dan warna karakteristik pada kopi. yang selanjutnya suhu ditingkatkan sesuai dengan suhu roasting yang dibutuhkan. 4. Perkembangan Akhir (Development Phase): Pada tahap ini, biji kopi mengalami perubahan penting dalam profil rasa dan aroma [3]. Suhu roaster tetap tinggi dan biji kopi mengalami karamelisasi, di mana gula-gula dalam biji kopi menjadi cair dan membentuk lapisan luar yang khas. Roaster kemudian dihentikan pada saat yang tepat untuk menghasilkan tingkat roast yang diinginkan.

Berdasarkan suhu roasting (penyangraian) dibedakan menjadi 4 yaitu: Suhu Pra-Panggang (Preheat), Sebelum memasukkan biji kopi ke dalam roaster, perlu ada suhu awal yang stabil. Suhu preheat ini bervariasi antara  $180^{\circ}\text{C}$  hingga  $220^{\circ}\text{C}$  ( $356^{\circ}\text{F}$  hingga  $428^{\circ}\text{F}$ ) dalam waktu kurang dari 8 menit tergantung pada peralatan roasting dan jenis biji kopi yang digunakan. Panggang Ringan (light roast) Pada tahap awal light roast, suhu bisa berkisar antara  $180^{\circ}\text{C}$  hingga  $205^{\circ}\text{C}$  ( $356^{\circ}\text{F}$  hingga  $401^{\circ}\text{F}$ ) dalam waktu 8 sampai dengan 10 menit. Suhu ini membantu menjaga ciri rasa asam yang khas pada kopi panggang ringan. Panggang Sedang (Medium Roast) Suhu untuk medium roast biasanya berada dalam rentang  $210^{\circ}\text{C}$  hingga  $220^{\circ}\text{C}$  ( $410^{\circ}\text{F}$  hingga  $428^{\circ}\text{F}$ ) dalam

waktu 10 sampai 12 menit. Ini membantu biji kopi mencapai tingkat panggang yang lebih seimbang. Dan Panggang Gelap (Dark Roast) Pada panggang gelap, suhu lebih tinggi, berkisar antara  $225^{\circ}\text{C}$  hingga  $230^{\circ}\text{C}$  ( $437^{\circ}\text{F}$  hingga  $446^{\circ}\text{F}$ ) dalam waktu 12 sampai 15 menit. Suhu yang lebih tinggi membantu menghasilkan kopi dengan karakteristik panggang yang kuat dan rasa yang lebih pekat. [4].

Penyangraian sangat menentukan warna dan cita rasa aroma dari hasil kopi yang akan di konsumsi, perubahan warna biji dapat di jadikan dasar untuk klasifikasi sederhana. Pada proses penyangraian, kopi juga akan mengalami perubahan warna yaitu berturut-turut dari hijau atau coklat muda menjadi coklat kayu manis, kemudian menjadi hitam dengan permukaan berminyak. Adapun untuk kadar air dari beberapa penelitian dengan menggunakan 4 kg biji kopi kadar air tertinggi yang diperoleh adalah  $3,32\%$  pada suhu  $170^{\circ}\text{C}$ , kadar air terendah adalah  $0,16\%$  pada suhu  $200^{\circ}\text{C}$  dengan kadar air awal sebelum penyangraian adalah  $14,45\%$  dengan biji ukuran kopi rata-rata 18 mm dan 16 mm. Berdasarkan SNI 2983-2014, standar kadar air kopi sangrai maksimalnya adalah  $4\%$ . Hal ini menunjukkan bahwa kadar air kopi pada suhu  $170^{\circ}\text{C}$  sudah memenuhi standar SNI. Lamanya waktu penyangraian juga mempengaruhi penurunan kadar air, semakin lama waktu penyangraian maka semakin berkurang kadar air biji kopi dan di awal penyangraian kadar air biji kopi turun lebih cepat kemudian akan berlangsung lebih lambat pada akhir penyangraian [5].

Berdasarkan data – data diatas, proses roasting memiliki peran yang sangat penting didalam menentukan kualitas dan mutu kopi. Selanjutnya selain metode, proses roasting juga dipengaruhi oleh kapasitas dan mutu mesin roster kopi. Pada sebuah mesin roasting ini parameter waktu dan temperature (kestabilan suhu) adalah dua parameter yang sangat menentukan kualitas dari suatu mesin roasting kopi.

Pemanasan adalah komponen kunci dalam proses roasting kopi. Bent U type heaters adalah jenis elemen pemanas yang dapat digunakan dalam mesin roasting kopi. Elemen pemanas ini memiliki bentuk seperti huruf "U" dan biasanya terbuat dari logam tahan karat atau bahan yang tahan panas tinggi lainnya. Beberapa keuntungan penggunaan bent U type heaters dalam penelitian ini dengan mempertimbangkan beberapa keuntungan penggunaan heater jenis ini, seperti: Bent U type heaters dapat menghasilkan panas dengan cepat dan efisien. Mereka dapat mencapai suhu yang diperlukan dengan cepat, memungkinkan proses roasting berlangsung secara efisien, selain itu desain bent heater U type memungkinkan distribusi panas yang merata di sekitar elemen [5]. Ini penting dalam proses roasting kopi karena biji kopi perlu dipanaskan secara merata untuk menghasilkan cita rasa yang konsisten. Selanjutnya Bent U type heaters dapat dikendalikan dengan presisi, memungkinkan pengaturan suhu yang akurat selama proses roasting. Hal ini disebangkan pengendalian suhu yang baik penting untuk mencapai profil roasting yang diinginkan.

Inovasi teknologi tepat guna roasting kopi selama ini telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Pembuatan TTG alat roasting kopi tipe silinder dengan memakai heater tipe U ini diharapkan dapat mempermudah proses penyangraian dan dapat mencapai suhu maksimal penyangraian sehingga dapat mempersingkat waktu penyangraian. Hal ini berdampak pada peningkatan kapasitas dan efisiensi produktifitas para produsen kopi khususnya di Kabupaten Enrekang.l.

Dalam penelitian mesin roasting kopi yang menggunakan sistem pemanas dengan heater tipe U ini difokuskan pada masalah kinerja mesin dengan menggunakan dua parameter alat uji utama yaitu: laju aliran panas suhu dan penurunan kadar air selama proses roasting kopi berlangsung. Dari sini diperoleh perbandingan suhu pemanasan dengan waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu yang direncanakan serta diperoleh laju penurunan kadar air setiap menit yang terjadi pada kopi untuk masing – masing suhu roasting yang diujikan. Untuk itu pada mesin roasting kopi yang

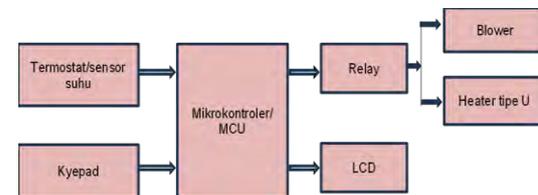
dibuat ini diharapkan dapat memudahkan pengendalian suhu digunakan sistim control suhu otomatis dengan menggunakan mikrokontroler



Gambar 1. bent heater U-type [6]

## II. METODE PENELITIAN

Proses desain gambar dilakukan dengan menggunakan software Autodesk inventor 2020, sedangkan proses pengerjaan sampai ke perakitan alat dilaksanakan di workshop pengelasan Politeknik ATI Makassar. Ada pun alat dan bahan yang digunakan terdiri atas: Bahan: Biji Kopi, Bantalan, Motor Listrik 1/2HP, Plat Stainless Steel 1,5 mm, Kabel Relay, Elektroda las



2mm, Elektroda stainless, Mata Gerinda, Bearing Ø luar=22mm, Pully dan V-Belt type 38A, Reducer 1:50, GearØ12cm & Ø19 cm dan Rantai, Termokopel, Mikrokontroler, Sensor Timer, Panel Heater, Engsel, Baut, Mur. Alat: 2 buah panel heater tipe U, motor listrik, thermostat, reduser 1:50, Mesin Las, Spidol, Mesin Gerinda, Mesin Bor, Mesin Bending, Mistar Baja, Meter, Palu, computer dan software Inventor 2020, mistar siku.

Proses pemanasan yang digunakan adalah sistim perpindahan panas dengan cara konduksi dimana panas yang hasilkan dari panel heater tipe U dengan spesifikasi pemanas yang digunakan adalah: Tipe: Immersion Heater Model U, berat: 500 gram, diameter pipa 11 mm, panjang pipa 40 cm, Tegangan 220 Volt, Daya listrik: 1000 watt dengan kemampuan daya pemanasan maksimum sebesar 2000 °C, yang dipasang pada 2 sisi (kanan – kiri) tabung/silinder roasting disalurkan ke tabung roasting dengan perantara plat tabung setebal 1 mm yang terbuat dari Stainless Steel 304 seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini:



Gambar 2. Proses perpindahan panas

Pengukuran waktu suhu pemanasan dimulai sejak mesin dinyalakan dengan kecepatan putaran pengadukan 15,4 rpm pada suhu ruang sampai ke Suhu Pra-Panggang (Preheat) berkisar 180 °C -

220°C, dengan mengsetting suhu (Keypad) pada panel temperature yang disesuaikan dengan target roasting yang diinginkan. Untuk mengatur dan menjaga kestabilan suhu / temperature roasting digunakan thermostat, dan sensor suhu K type thermocouple sensor max6675 yang merupakan module sensor suhu yang probenya mampu mengukur rentang suhu antar (0 – 400) °C yang dihubungkan dengan sebuah microcontroller. Adapun diagram sistim control temperature pada mesin roasting ini dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini:

Proses pengujian hasil dilakukan dengan cara menguji dua parameter yang digunakan disesuaikan dengan standar parameter waktu dan suhu pada setiap proses roasting kopi pada penelitian ini yaitu kestabilan temperature pada waktu dan beban yang konstan dan bervariasi pada beban pemanasan 1 kg kopi. Adapun variasi waktu yang akan digunakan yaitu: 8 menit, 10 menit, 12 menit dan 15 menit, sedangkan untuk variasi temperature yang akan digunakan 180°C, 210°C, dan 230°C. Adapun jumlah data yang diambil pada masing – masing pengujian dilakukan sebanyak 10 kali.

. Gambar 3 Diagram sistim control suhu

Untuk biji kopi yang digunakan dipilih biji kopi standar yang siap roasting dengan kadar air 12, Adapun pengukuran kadar air dari hasil penelitian ini dilakukan dengan pengukuran persentasi penurunan massa kopi sebelum dan setelah proses perostingan, karena kami berasumsi bahwa pengaruh berat kopi sangat ditentukan oleh besarnya kandungan air yang terkandung didalam biji kopi tersebut. Dalam penelitian ini, persentasi penurunan massa kopi yang akan digunakan adalah kurang lebih 90%.

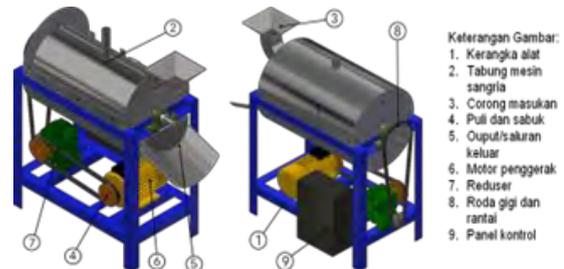
Tabel 1. Data parameter suhu dan waktu yang digunakan sebagai acuan kinerja mesin roasting kopi dalam penelitian

Data	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Kadar air kopi (%)
Suhu Pra roasting	Suhu kamar	-	12 - 14
Suhu Pra-Panggang (Preheat),	180 - 220	8	4 - 3
Suhu panggang Ringan (ligh roast)	180 - 205	8 - 10	2 - 1
Suhu panggang Sedang (Medium Roast)	210 - 220	10 - 12	0,5 – 0,3
Suhu panggang Gelap (Dark Roast)	225 - 230	12 - 15	0,16

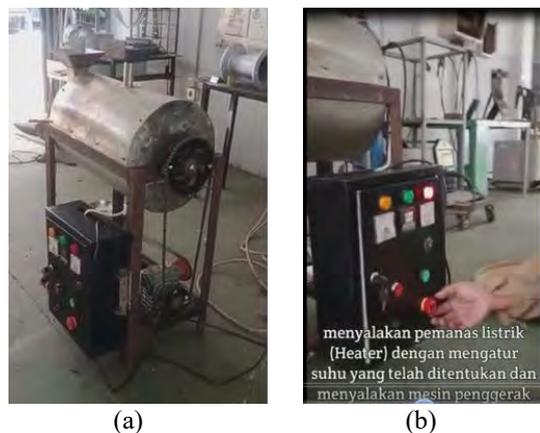
Sumber: [7]

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan ini untuk mengamati dan menganalisa kinerja mesin roasting kopi dengan menggunakan heater tipe U, dua parameter uji yang digunakan yaitu parameter waktu untuk kestabilan suhu selama proses roasting sesuai dengan standar yang telah diperoleh sebelumnya.



Gambar 2. Desain gambar mesin roasting kopi yang digunakan



Gambar 3. Tampak mesin setelah perakitan (a) Tampak mesin secara keseluruhan, (b) proses input waktu dan suhu pemanasan

A. Pengujian waktu

Pengujian waktu ini diperlukan untuk melihat waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu 180°C, 210°C, dan 230°C tanpa pembebanan pemanasan/prarosting, dari pengukuran ini akan diperoleh laju pemanasan yang bekerja pada mesin. Adapun hasil yang diperoleh pada

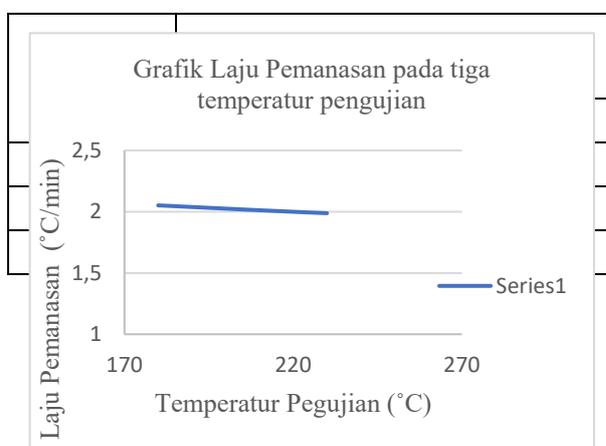
Tabel 2. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 180°C tanpa pembebanan

Pengujian	T <sub>s</sub> (°C)	Waktu (menit)	180 - T <sub>s</sub> (°C)	Laju pemanasan (°C/min)
1.	27,4	75	152,6	2,03
2.	26,6	77	153,4	1,99
3.	27,3	75	152,7	2,04
4.	30,3	70	149,7	2,14
5.	29,7	73	150,3	2,06

pengujian 180°C, dapat dilihat pada table 2. Dan untuk hasil pengujian untuk suhu 210 dan 230 dapat dilihat pada table 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian untuk pengukuran laju pemanasan

Temperatur Pegujian (°C)	Rata – rata Laju Pemanasan (°C/min)
180	2,052
210	2,012
230	1,988



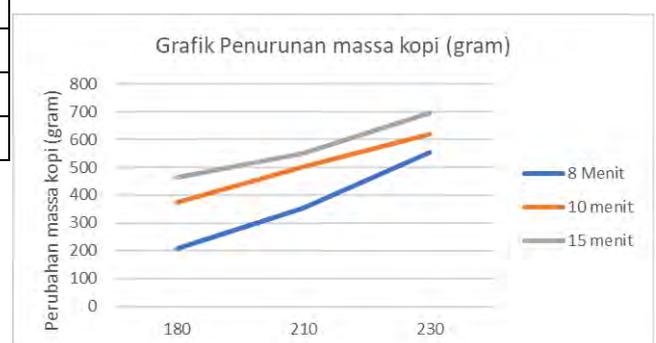
Gambar 4. Garafik hasil pegujian laju pemanasan pada masing – masing suhu

Dari pengujian diperoleh hasil bahwa laju aliran panas yang dihasilkan untuk mencapai temperature pengujian dengan menggunakan Bent heaters type U rata – rata berkisar antara 2 °C/min hasil ini secara umum dapat dilihat pada garfik Gambar 2 diatas. Pada grafik terlihat bahwa laju perpindahan terbesar diperoleh 2,05 °C/min pada suhu 180 °C dan terendah 1,98 °C/min pada suhu 230 °C, dengan nilai tersebut laju aliran panas dapat disimpulkan cenderung stabil, Adapun perbedaan yang terjadi dapat disebabkan oleh tidak adanya lapisan isolator panas pada tabung roasting untuk menghindari pengatuh temperature luar tabung roasting.

B. Pengujian Kadar Air

Pengujian Kadar air dilakukan dengan mengasumsikan persentasi penurunan kadar air ekivalen dengan persentasi penurunan massa kopi yang diakibatkan proses roasting. Pada pengujian ini kadar air kopi yang digunakan adalah 12% dengan massa kopi 1000 gram, serta suhu masing – masing, 180°C, 210°C, 230°C dengan waktu 8 menit, 10 menit dan 15 menit. Pada tiap – tiap pengujian. Dari pengujian ini dapat diperoleh beberapa data, seperti: laju penurunan massa kopi permenit, persentasi penurunan massa kopi dan asumsi kadar air kopi. Adapun hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada table 5 dibawah ini.

Tabel 5. nilai rata – rata perubahan massa kopi pada temperature pengujian yang berbeda

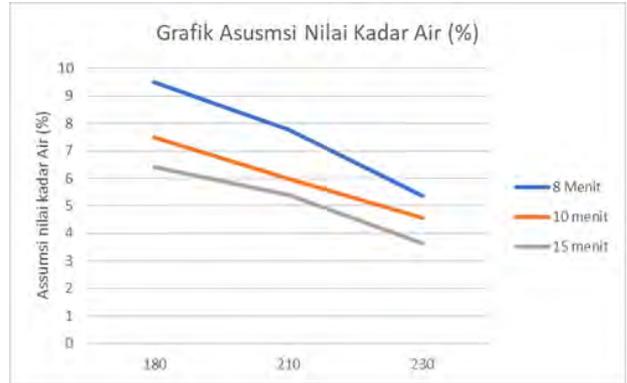


Gambar 5. Garfik penurunan massa kopi pada suhu dan waktu pegujian yang berbeda – beda

Dari grafik gambar 5 di atas terlihat bahwa penurunan massa kopi terbesar yaitu 696,6 gram terjadi pada suhu pemanasan 230 °C dengan waktu 15 menit sedangkan terendah yaitu 208,8 gram terjadi pada suhu 180 °C dengan waktu 8 menit.

Gambar 6. Rata – rata nilai laju penurunan massa kopi pada suhu pengujian yang berbeda

Tabel 8. Asumsi nilai rata-rata kadar air kopi pada suhu dan waktu pengujian yang berbeda



Hal ini dipengaruhi oleh tingginya suhu pemanasan dan besaran waktu yang digunakan selama proses pemanasan.

Pada gambar 7 diperlihatkan grafik asumsi penurunan nilai kadar air yang terkandung dalam kopi setelah proses roasting dilakukan, hal ini terjadi seiring bertambahnya suhu dan waktu pemanasan yang dilakukan. Dari hasil ini membuktikan bahwa makin besar suhu dan waktu pemanasan maka makin kecil nilai persentasi kadar air yang dihasilkan pada setiap proses roasting kopi. Hasil Analisa ini dapat dilihat pada suhu pemanasan 180 °C dan waktu pemanasan 8 menit menghasilkan nilai kadar air terbesar kadar airnya yakni 9,49% sedangkan untuk pemanasan suhu 230°C dan waktu pemanasan 15 menit menghasilkan kadar air sebesar 3,64%.

Suhu Pengujian (°C)	Asumsi Nilai Kadar Air (%)		
	8 Menit	10 menit	15 menit
180	9,49	7,50	6,42
210	7,77	5,97	5,39
230	5,35	4,57	3,64

Gambar 7. Asumsi nilai kadar air kopi pada suhu pengujian dan waktu yang berbeda

Tabel 6. Rata – rata laju penurunan massa kopi setiap menit untuk pada masing – masing suhu pengujian

Pada gambar 7 diperlihatkan grafik asumsi penurunan nilai kadar air yang terkandung dalam kopi setelah proses roasting dilakukan, hal ini terjadi seiring bertambahnya suhu dan waktu pemanasan yang dilakukan. Dari hasil ini membuktikan bahwa makin besar suhu dan waktu pemanasan maka makin kecil nilai persentasi kadar air yang dihasilkan pada setiap proses roasting kopi. Hasil Analisa ini dapat dilihat pada



Suhu pengujian (°C)	Laju penurunan massa (gram/min)		
	8 Menit	10 menit	15 menit
180	26,10	46,80	58,05
210	44,05	62,73	68,80
230	69,20	77,32	87,07

suhu pemanasan 180 °C dan waktu pemanasan 8 menit menghasilkan nilai kadar air terbesar kadar airnya yakni 9,49% sedangkan untuk pemanasan suhu 230°C dan waktu pemanasan 15 menit menghasilkan kadar air sebesar 3,64%.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian kinerja mesin roasting kopi dengan menggunakan pemanas bent heater U-type dengan menggunakan variasi suhu 180 °C, 210 °C dan 230 °C dengan variasi waktu roasting 8 menit, 10 menit dan 15 menit, diperoleh kesimpulan bahwa, penggunaan pemanas tipe U dapat diaplikasikan pada mesin roasting kopi, pemanfaatan mikrokontroler yang digunakan untuk menjaga kestabilan suhu dapat bekerja dengan baik dengan mengasalkan laju pemanasan yang cenderung stabil pada 2 °C /menit. Asumsi nilai kadar air yang diperoleh dari penurunan massa kopi setelah proses roasting yakni sebesar 3,64% (230 °C, 15 menit, hal ini memenuhi standar pemanasan pada tahapan Suhu Pra-Panggang (Preheat), . Adapun untuk asumsi kadar air belum mencapai standar kadar air yang dibutuhkan, hal ini bisa disebabkan oleh belum adanya isolator panas pada tabung roasting yang dibuat sehingga kualitas panas yang ada pada tabung tidak merata.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. d. P. Statistik, Indikator Ekonomi Oktober 2022, Jakarta: BPS RI/ BPS – Statistics Indonesia, 2022.
- [2] "Digitani IPB," 26 Juli 2023. [Online]. Available: <https://digitani.ipb.ac.id/peran-pascapanen-dalam-menentukan-kualitas-kopi-yang-nikmat/>.
- [3] Raosan, "Raosan," 28 Mei 2023. [Online]. Available: <https://raosan.id/proses-roasting/>.
- [4] A. Afriliana, Teknologi pengolahan kopi terkini, Yogyakarta: Deepublish, Yogyakarta, 2018.
- [5] A. M. K. Fikri, T. Prihandono and L. Nuraini, "Pengaruh Suhu Dan Lama Waktu Penyangraian Terhadap Massa Jenis Biji Kopi Robusta Menggunakan Mesin Roasting Tipe Hot Air," *Jurnal Pembelajaran Fisika*, vol. 10, no. 1, pp. 29-35, 2021.
- [6] I. Maulana, "Rancang Bangun Mesin Roasting Kopi dengan Kontrol Temperatur dan Waktu," Bandung, 2022.
- [7] U. T. P. Ltd, "U Type Heaters, Size: Diameter 6-8 Mm, 230-415V," 17 10 2023. [Online]. Available: <https://www.indiamart.com/proddetail/u-type-heaters-4863483488.html>.
- [8] Y. Raharjo, "Mengenal Level Roasting Kopi, Apa Bedanya Light, Medium dan Dark Roast ?," 18 Oktober 2023. [Online]. Available: <https://kopipetani.com/mengenal-level-roasting-kopi-apa-bedanya-light-medium-dan-dark-roast/>.

# PERBANDINGAN HASIL PERFORMA *BIT* PDC UKURAN 8-1/2” PADA SUMUR EJ 11, EB 10, EB 11, DAN EB 12 PADA LAPANGAN “FA” CEKUNGAN ARJUNA DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SPECIFIC ENERGY* DAN *COST PER FOOT*

Fandy Ardiansyah<sup>1</sup>, Fidy Varayesi<sup>2</sup>

Teknik Perminyakan, Tanri Abeng University

Corresponding author: fandy@student.tau.ac.id fidya.varayesi@tau.ac.id

## ABSTRAK

Pemilihan *bit* yaitu menjadi suatu hal yang penting dalam melakukan operasi pemboran agar dapat diharapkan memberikan laju penembusan yang baik serta mendapatkan hasil yang optimum dan ekonomis. Pada penelitian ini dilakukan dengan menganalisis kepada keempat sumur yaitu EJ 11, EB 10, EB 11, dan EB 12 dengan menggunakan jenis PDC *bit*. Dengan bertujuan mengetahui di sumur mana yang memiliki energi rendah dan nilai ekonomis

Data yang dapat digunakan pada penelitian ini yaitu data rig, dan data pemboran dari keempat sumur dengan menggunakan jenis PDC *bit* dan memiliki ukuran diameter 8-1/2” pada lapangan “FA”. Pada data tersebut dilakukan analisis perhitungan dengan menggunakan dua metode yaitu metode *specific energy* dan metode *cost per foot*, supaya dapat menentukan nilai energi dan nilai ekonomian.

Nilai *specific energy* terkecil terdapat pada sumur EJ 11 run kedua kemudian nilai *specific energy* paling kecil yaitu 6,285 lb-in/in<sup>3</sup>. Untuk nilai *specific energy* terbesar terdapat pada sumur EB 11 run pertama yaitu 25,340. Untuk harga *cost per foot* yang paling rendah terdapat pada sumur EB 10 run kedua yaitu 115.48 \$/foot. Untuk nilai *cost per foot* paling tinggi terdapat pada sumur EJ 11 run kedua dengan memiliki nilai 293.07 \$/foot. Analisis dilakukan supaya mengetahui dimana letak sumur yang memiliki nilai paling kecil dari *specific energy* supaya sumur tersebut dapat dikatakan memiliki nilai energi yang rendah dan untuk menentukan letak sumur yang memiliki harga yang ekonomis.

**Kata kunci :** *cost per foot, specific energy, PDC bit*

## ABSTRACT

*Bit selection is an important thing in drilling operations so that it can be expected to provide a good penetration rate and obtain optimum and economical results. This research was conducted by analyzing the four wells namely EJ 11, EB 10, EB 11, and EB 12 using the PDC bit type. With the aim of knowing which wells have low energy and economic value*

*The data that can be used in this research are rig data and drilling data from the four wells using the PDC bit type and having a diameter of 8-1/2" in the "FA" field. The data is analyzed using two methods, namely the specific energy method and the cost per foot method, in order to determine the energy value and economic value.*

*The smallest specific energy value is found in the second EJ 11 run well then the smallest specific energy value is 6.285 lb-in/in<sup>3</sup>. The largest specific energy value is found in the first 11 run EB well, namely 25,340. The lowest cost per foot is found in the second EB 10 run well, which*

is 115.48 \$/foot. The highest cost per foot value is found in the second EJ 11 run well with a value of 293.07 \$/foot. The analysis is carried out in order to find out where the location of the well has the smallest value of specific energy so that the well can be said to have a low energy value and to determine the location of the well that has an economical price.

*Keywords* : Bit Performance, Specific Energy, Cost Per Foot, PDC bit

## I. PENDAHULUAN

Pengeboran minyak dan gas masih sangat diminati di banyak wilayah hingga di seluruh dunia. *Rotary drilling* adalah teknik yang paling umum untuk melakukan pengeboran minyak dan gas dan sejak penemuan *rotary drilling*, dua jenis mata bor dapat digunakan: *bit roller-cone* dan *polycrystalline diamond compact* (PDC). *Roller cone bit* atau *tricone bit* memiliki tiga *cone* yang berputar dengan masing-masing berputar pada porosnya sendiri selama pengeboran berlangsung, sedangkan *bit* PDC adalah *bit* pemotong tetap tanpa bagian yang bergerak. Pengeboran terjadi karena adanya kompresi dan rotasi dari rangkaian bor (Abbas, 2018).

Sub-cekungan Arjuna terletak pada Cekungan Jawa Barat Utara merupakan salah satu cekungan yang dikenal sangat prospektif dan potensial di Indonesia, cekungan tersebut memiliki cadangan hidrokarbon berdasarkan hasil pengeboran yang telah sukses dilakukan.

### **PDC Bit**

Menurut Rubiandini (2010), Pahat PDC (*polycrystalline diamond compact*) adalah pahat atau mata bor yang menggunakan *polycrystalline diamond compact* dalam pemotongnya berfungsi sebagai memotong dan mengikis batu dalam gerakan penggilingan secara terus menerus. Pada bagian pemotongnya terbuat dari cakram berlian sintetis dengan ketebalan sekitar 1/8 inci dan berdiameter sekitar 1/2 sampai 1 inci. Secara umum, *bit* PDC cocok pada lapisan keras seperti lapisan pasir dan karbonat. Umumnya cocok untuk *bit* dengan elemen pemotong berlian. Hal ini karena disebabkan kerasnya formasi, semakin sedikit pemotongan dan semakin mudah untuk membersihkan *bit*. Karena intan lebih keras daripada formasi batuan, permukaan potongan intan tidak cepat aus seperti pecahan batuan.

### ***Specific Energy***

Menyederhanakan dari persamaan *specific energy* sehingga torsi tidak lagi disertakan. Torsi dalam persamaan *specific energy* diganti dengan perkiraan bahwa torsi berbanding lurus dengan berat *bit* dan diameter *bit*. Rabia dkk. (1986) dan Farrelly dan Rabia (1987) untuk menerapkan formula *specific energy* yang dimodifikasi pada pengeboran lapangan aktual sebagai berikut:

$$SE = \frac{W.N}{d.PR} \quad 1$$

Dimana :

SE = *Specific Energy* (lb.in/in<sup>3</sup>)

W = *Weight On Bit* (lb)

d = *Diameter Bit* (in)

N = *Rotary Speed* (rpm)

PR = *Penetration Rate* (ft/hr)

### ***Cost Per Foot***

(Abbas, 2019) Selama bertahun-tahun, berbagai metode telah diperkenalkan untuk program pemilihan bit yang optimal berdasarkan data terukur pada bagian offset sumur. Namun, metode ini dirancang dan diimplementasikan berdasarkan asumsi yang membatasi penerapannya. Cara untuk memilih mata bor adalah *cost per foot* (CPF)

dari interval yang dibor. Metode ini adalah fungsi dari biaya *bit* di mana biaya operasi yang dapat ditetapkan. CPF (\$/ft) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$CPF = \frac{C_{bit} + C_{rig}(t_b + t_c + t_r)}{F} \quad 2$$

Dimana :

CPF = *Cost Per Foot*

C<sub>bit</sub> = Harga *bit* (\$)

C<sub>rig</sub> = Harga rig per jam (\$/hr)

t<sub>b</sub> = Waktu *bit* berjalan (hr)

t<sub>c</sub> = Waktu penyambungan (hr)

t<sub>r</sub> = Waktu perputaran *bit* berlangsung (hr)

F = *Footage* (ft)

*Cost per foot* secara langsung dapat mempengaruhi ekonomi pengeboran, tetapi tidak dapat bergantung pada parameter pengeboran yang aktual. Oleh karena itu, kriteria ini digunakan bersama dengan metode lain yang dapat memperhitungkan parameter lain terkait dengan pemilihan bit. Selain itu, konsep CPF tidak dapat digunakan untuk program pengeboran berarah dan horizontal. CPF dapat digunakan untuk menganalisis data pengeboran yang telah

dilakukan (dari sumur offset) dan memantau aliran bit hingga saat ini (Abbas, 2019).

### **Rate of Penetration**

*Rate of penetration* (ROP) berfungsi sebagai variabel pemboran untuk membuka jalan untuk merumuskan masalah optimasi sebagai maksimalisasi ROP, minimalisasi total waktu dan cost per foot yang dibor. Untuk itu, akurasi dari model ROP menjadi sangat penting (Barbosa dkk, 2019).

Untuk mendapatkan biaya yang murah dan waktu penyelesaian yang cepat maka harus dilakukan suatu perencanaan laju penembusan atau *rate of penetration* (ROP) agar didapatkan hasil yang optimum. Untuk merencanakan ROP yang optimal, faktor-faktor seperti mekanika batuan, kondisi bawah permukaan, fluida pengeboran, hidrolika pengeboran, mekanika rangkaian bor, model penghancuran batuan, jenis mata bor, mekanika penghancuran batuan *bit*, dan kondisi operasi mata bor (WOB & RPM)

$$ROP = \frac{C_f W^k N^r}{a^p} \quad 3$$

Dimana;

ROP = laju pemboran, ft/jam (*Rate of Penetration*)

$C_f$  = konstanta *drillability* formasi

$k$  = eksponen yang menghubungkan pengaruh WOB (*Weight on Bit*) pada

ROPN = putaran meja putar, RPM (*Rotation per Minute*)

$r$  = eksponen yang mempengaruhi pengaruh ROP = efek kehausan gigi mata bor terhadap ROP.

Dari persamaan diatas, ROP dipengaruhi langsung oleh kemampuan *bit* dan keausan gigi *bit*.

## **II. METODE**

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Cost Per Foot* dan metode *Specific Energy*. Penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan formasi dari keempat sumur yaitu EJ 11, EB 10, EB 11 dan EB 12 pada Lapangan FA Cekungan Arjuna dengan menggunakan *bit* jenis PDC *bit* serta memiliki diameter 6-1/2 inch.

Data *drilling activity report* dapat membantu dalam melakukan perhitungan untuk metode *specific energy* dan metode *cost per foot* supaya dapat melakukan perbandingan keempat sumur yang telah dilakukan penelitiannya.

**A. Analisis Kandungan Batuan dan Nilai Sensitifitas ROP Terhadap Nilai *Specific Energy* Yang Telah Didapatkan**

Analisis kandungan batuan dan nilai sensitifitas ROP terhadap nilai *specific energy* yang didapatkan. Kandungan batuan yang sudah ada pada keempat sumur dianalisis kemudian nilai sensitifitas ROP nya terhadap nilai *specific energy* yang telah didapatkan. Pada keempat sumur memiliki ukuran bit yang sama lalu akan di analisis kandungan batuan apa saja yang terdapat pada keempat sumur dan sensitifitas dari nilai ROP nya terhadap nilai *specific energy* dengan melihat perbedaan nilai ROP pada setiap *running* tersebut.

**B. Analisis Kandungan Batuan dan Nilai Sensitifitas ROP Terhadap Nilai *Specific Energy* Sumur EJ 11**

Dapat dianalisis performa *bit* PDC pada sumur EJ 11 yang baik adalah *specific energy* yang memiliki harga yang rendah, karena dengan harga yang rendah tersebut maka performa *bit* PDC saat melakukan pengeboran pada sumur EJ 11 baik. Pada grafik

dibawah, grafik berwarna biru adalah *running* pertama dan kedua. Saat *running* pertama dan kedua dengan menggunakan diameter 8-1/2" *bit* PDC pada saat *running* kedua menggunakan jenis *bit* dan diameter yang sama pada saat *running* pertama. *Running* pertama menunjukkan bahwa nilai *specific energy* yang besar dengan nilai 6.330 lb-in/in<sup>3</sup> hal ini dikarenakan ROP nya lebih rendah berbeda pada saat *running* kedua yaitu sebesar 111.50 ft/hrs, karena pada *running* pertama memiliki kandungan batuan 60% *claystone* dan 40% *sandstone*. hasil pada *running* kedua menunjukkan nilai *specific energy* yang kecil dengan nilai 6.285 lb-in/in<sup>3</sup> hal ini dikarenakan ROP nya lebih besar dari *running* pertama yaitu sebesar 112.30 t/hrs, karena pada *running* kedua memiliki kandungan batuan 90% *claystone* dan 10% *sandstone*. bahwa kandungan batuan pada setiap kedalaman dapat mempengaruhi nilai ROP dan nilai dari SE yang didapatkan.

**C. Analisis Kandungan Batuan dan Nilai Sensitifitas ROP Terhadap Nilai *Specific Energy* Sumur EB 11**

Dapat dianalisis performa *bit* PDC pada sumur EB 11 yang baik adalah *specific energy* yang memiliki harga yang rendah, karena dengan harga yang rendah tersebut maka performa *bit* PDC saat melakukan pengeboran pada sumur EB 11 baik. Pada grafik dibawah, grafik berwarna biru adalah *running* pertama dan kedua. Saat *running* pertama dan kedua dengan menggunakan diameter 8-1/2” *bit* PDC pada saat *running* kedua menggunakan jenis *bit* dan diameter yang sama pada saat *running* ketiga. *Running* ketiga menunjukkan bahwa nilai *specific energy* yang besar dengan nilai 25.339 lb-in/in<sup>3</sup> hal ini dikarenakan ROP nya lebih rendah berbeda pada saat *running* kedua yaitu sebesar 65 ft/hrs, karena pada *running* ketiga memiliki kandungan batuan 80% *claystone*, 10% *sandstone*, dan 10% *limestone*. hasil pada *running* keempat menunjukkan nilai *specific energy* yang kecil dengan nilai 17.922 lb-in/in<sup>3</sup> hal ini dikarenakan ROP nya lebih besar dari *running* pertama yaitu sebesar 91.90

ft/hrs, karena pada *running* keempat memiliki kandungan batuan 40% *claystone*, 50% *sandstone*, dan 10% *limestone*. bahwa kandungan batuan pada setiap kedalaman dapat mempengaruhi nilai ROP dan nilai dari SE yang didapatkan.

**D. Analisis Kandungan Batuan dan Nilai Sensitifitas ROP Terhadap Nilai *Specific Energy* Sumur EB 12**

Dapat dianalisis performa *bit* PDC pada sumur EB 12 yang baik adalah *specific energy* yang memiliki harga yang rendah, karena dengan harga yang rendah tersebut maka performa *bit* PDC saat melakukan pengeboran pada sumur EB 12 baik. Pada grafik dibawah, grafik berwarna biru adalah *running* kelima. Saat *running* kelima dengan menggunakan diameter 8-1/2” *bit* PDC. *Running* kelima menunjukkan bahwa nilai *specific energy* dengan nilai 17.322 lb-in/in<sup>3</sup> hal ini dikarenakan nilai ROP nya sebesar 65.20 ft/hrs, karena pada *running* kelima memiliki kandungan batuan 40% *claystone*, 40% *sandstone*, dan 20% *limestone*. bahwa kandungan batuan pada setiap kedalaman dapat mempengaruhi nilai

ROP dan nilai dari SE yang didapatkan.

#### **E. Analisis Kandungan Batuan dan Nilai Sensitifitas ROP Terhadap Nilai *Specific Energy* Sumur EB 10**

Dapat dianalisis performa *bit* PDC pada sumur EB 10 yang baik adalah *specific energy* yang memiliki harga yang rendah, karena dengan harga yang rendah tersebut maka performa *bit* PDC saat melakukan pengeboran pada sumur EB 10 baik. Pada grafik dibawah, grafik berwarna biru adalah *running* keenam dan ketujuh. Saat *running* keenam dan ketujuh dengan menggunakan diameter 8-1/2" *bit* PDC pada saat *running* ketujuh menggunakan jenis *bit* dan diameter yang sama pada saat *running* keenam. *Running* keenam menunjukkan bahwa nilai *specific energy* yang besar dengan nilai 14.590 lb-in/in<sup>3</sup> hal ini dikarenakan ROP nya lebih rendah berbeda pada saat *running* ketujuh yaitu sebesar 80.63 ft/hrs, karena pada *running* keenam memiliki kandungan batuan 60% *claystone*, 10% *sandstone*, dan 30% *limestone*. hasil pada *running* ketujuh menunjukkan nilai *specific energy*

yang kecil dengan nilai 10.363 lb-in/in<sup>3</sup> hal ini dikarenakan ROP nya lebih besar dari *running* pertama yaitu sebesar 170.28 ft/hrs, karena pada *running* ketujuh memiliki kandungan batuan 30% *claystone*, 40% *sandstone*, dan 30% *limestone*. bahwa kandungan batuan pada setiap kedalaman dapat mempengaruhi nilai ROP dan nilai dari SE yang didapatkan.

#### **F. Analisis Perbandingan Interval Kedalaman Dan Waktu Yang Telah Didapatkan dari Nilai *Specific Energy* Dan Harga *Cost Per Foot***

Yaitu suatu kegiatan operasi pemboran, salah satu dari faktor yang sangat penting adalah dari interval kedalaman. Hal itu dapat diharapkan dalam suatu kegiatan pemboran tercapai nilai interval kedalaman yang dalam dan panjang. Semakin singkat waktu kegiatan pemboran yang diharapkan, maka, kegiatan operasi pemboran tersebut akan semakin baik, karena dapat memungkinkan besar dari biayanya akan lebih murah. Akan tetapi jika interval kedalamannya dalam dan

panjang maka tidak selalu bersangkutan dengan biaya yang murah. Dibawah ini adalah tabel dari hasil analisis perbandingan antara interval kedalaman dan waktu terhadap energi yang dapat dihasilkan serta biaya yang dapat dikeluarkan selama operasi pemboran. Dapat kita lihat kesimpulannya dari proses pengeboran mengenai performa *bit* yang ada pada keempat sumur. Kesimpulan tabel diatas dapat kita perbandingkan dengan nilai interval kedalaman hingga waktu terhadap nilai *specific energy* dan harga *cost per foot* hanya dengan melihat semua parameter dari perhitungan yang dapat mempengaruhi nilai SE dan harga CPF yaitu seperti interval kedalaman yang dapat ditembus, laju penembusan (ROP), serta waktu dari pengerjaannya.

#### **G. Analisis Perbandingan Interval Kedalaman Dan Waktu Yang Telah Didapatkan dari Nilai *Specific Energy* Dan Harga *Cost Per Foot* EJ 11**

Menunjukkan *running* pertama dan kedua dengan menggunakan *bit* berdiameter 8-1/2", dapat dianalisa

performa pada *bit* PDC pada saat *running* pertama hingga kedua pada sumur EJ 11 ini mendapatkan nilai *specific energy* yang baik karena memiliki harga yang rendah, karena dengan harga yang rendah menandakan bahwa performa *bit* PDC pada *running* pertama dan kedua saat melakukan operasi pengeboran pada sumur EJ 11 ini baik. Pada grafik dibawah, grafik berwarna biru yaitu adalah harga dari *cost per foot* yang menunjukkan adanya kenaikan pada *run bit* yang kedua dari *run bit* pertama memiliki harga sebesar 138,97 \$/foot menjadi 293.07 \$/foot pada *run bit* yang kedua, hal ini dikarenakan *run bit* pertama memiliki waktu 12 jam dibandingkan dengan *run bit* kedua 16.5 jam, maka dapat diketahui bahwa pada saat *run* pertama terdapat interval kedalaman yang cukup dalam yaitu 715 *feet* berbeda dengan *run* kedua memiliki interval kedalaman yang tidak terlalu dalam yaitu 451 *feet*.

#### **H. Analisis Perbandingan Interval Kedalaman Dan Waktu Yang Telah Didapatkan dari Nilai *Specific Energy* Dan Harga *Cost Per Foot* EB 11**

Menunjukkan *running* ketiga dan keempat dengan menggunakan *bit* berdiameter 8-1/2", dapat dianalisa performa pada *bit* PDC pada saat *running* ketiga hingga keempat pada sumur EB 11 ini mendapatkan nilai *specific energy* yang baik karena memiliki harga yang rendah, karena dengan harga yang rendah menandakan bahwa performa *bit* PDC pada *running* pertama dan kedua saat melakukan operasi pengeboran pada sumur EB 11 ini baik. Pada grafik dibawah, grafik berwarna biru yaitu adalah harga dari *cost per foot* yang menunjukkan adanya kenaikan pada *run bit* yang keempat dari *run bit* ketiga memiliki harga sebesar 154.29 *\$/foot* menjadi 140.15 *\$/foot* pada *run bit* yang keempat, hal ini dikarenakan *run bit* ketiga memiliki waktu 12 jam dibandingkan dengan *run bit* keempat 14 jam, maka dapat diketahui bahwa pada saat *run* ketiga terdapat interval kedalaman yang cukup dalam yaitu 644 *feet* berbeda dengan *run* keempat

memiliki interval kedalaman yang tidak terlalu dalam yaitu 813 *feet*.

#### **I. Analisis Perbandingan Interval Kedalaman Dan Waktu Yang Telah Didapatkan dari Nilai *Specific Energy* Dan Harga *Cost Per Foot* EB 12**

Menunjukkan *running* kelima dengan menggunakan *bit* berdiameter 8-1/2", dapat dianalisa performa pada *bit* PDC pada saat *running* kelima pada sumur EB 12 ini mendapatkan nilai *specific energy* yang baik karena memiliki harga yang rendah, karena dengan harga yang rendah menandakan bahwa performa *bit* PDC pada *running* kelima saat melakukan operasi pengeboran pada sumur EB 12 ini baik. Pada grafik dibawah, grafik berwarna biru yaitu adalah harga dari *cost per foot* yang menunjukkan *run bit* pertama memiliki harga sebesar 221.11 *\$/foot*, hal ini dikarenakan *run bit* kelima memiliki waktu 29 jam. Maka dapat diketahui bahwa pada saat *run* kelima terdapat interval kedalaman yang cukup dalam yaitu 1,010 *feet*.

#### J. Analisis Perbandingan Interval Kedalaman Dan Waktu Yang Telah Didapatkan dari Nilai *Specific Energy* Dan Harga *Cost Per Foot* EB 10

Menunjukkan *running* keenam dan ketujuh dengan menggunakan *bit* berdiameter 8-1/2", dapat dianalisa performa pada *bit* PDC pada saat *running* keenam hingga ketujuh pada sumur EB 10 ini mendapatkan nilai *specific energy* yang baik karena memiliki harga yang rendah, karena dengan harga yang rendah menandakan bahwa performa *bit* PDC pada *running* keenam dan ketujuh saat melakukan operasi pengeboran pada sumur EB 10 ini baik. Pada grafik dibawah, grafik berwarna biru yaitu adalah harga dari *cost per foot* yang menunjukkan adanya kenaikan pada *run bit* yang ketujuh dari *run bit* keenam memiliki harga sebesar 166,10 \$/foot menjadi 115.48 \$/foot pada *run bit* yang ketujuh, hal ini dikarenakan *run bit* keenam memiliki waktu 4 jam dibandingkan dengan *run bit* ketujuh 9 jam, maka dapat diketahui bahwa pada saat *run* keenam terdapat interval kedalaman yang cukup dalam

yaitu 247 *feet* berbeda dengan *run* ketujuh memiliki interval kedalaman yang tidak terlalu dalam yaitu 671 *feet*.

#### IV KESIMPULAN

1. *Run bit* ketiga memiliki nilai *specific energy* tertinggi sebesar 25,339 lb – in/in<sup>3</sup> karena memiliki WOB dan RPM yang besar. *Run bit* kedua memiliki nilai *specific energy* terendah sebesar 6.285 lb – in/in<sup>3</sup> karena memiliki nilai 50 RPM dan 6000 lb/ft untuk WOB nya (*weight on bit*) dengan nilai ROP (*rate of penetration*) 112.30 ft/hrs. Harga *cost per foot* tertinggi terdapat pada *run bit* kedua sebesar 293.07 \$/jam karena interval kedalaman yang ditembus sebesar 451 *feet* dan waktu pemboran sebesar 16.5 jam. Harga *cost per foot* terendah terdapat pada *run bit* ketujuh sebesar 115.48 \$/jam karena interval kedalaman yang ditembus sebesar 671 *feet* dengan waktu pemboran sebesar 9 jam.
2. Nilai ROP sangat berpengaruh kepada nilai *specific energy* yang didapatkan, hal ini dapat dibuktikan dengan melalui analisis yang telah

dilakukan pada penelitian ini. Pada saat melakukan *run bit* dari yang pertama hingga yang ketujuh dengan keempat sumur menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai ROP, maka semakin kecil nilai *specific energy* yang didapatkan.

3. Waktu pemboran berpengaruh pada harga *cost per foot*, semakin lama waktu yang dibutuhkan maka semakin tinggi *cost per foot* yang didapatkan. Interval kedalaman juga berpengaruh pada waktu pemboran, semakin dalam interval yang ditembus maka semakin lama waktu yang dibutuhkan, nilai *specific energy* nya akan semakin meningkat, dan ROP nya akan semakin kecil. Nilai ROP yang besar belum tentu dilakukan dengan biaya yang murah, karena bergantung pada kedalaman interval yang ditembus selama pemboran.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] Abbas, A. K., Assi, A. H., Abbas, H., Almubarak, H., & Al Saba, M. (2019, November). Drill bit selection optimization based on rate of penetration: application of

artificial neural networks and genetic algorithms. In Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference. OnePetro.

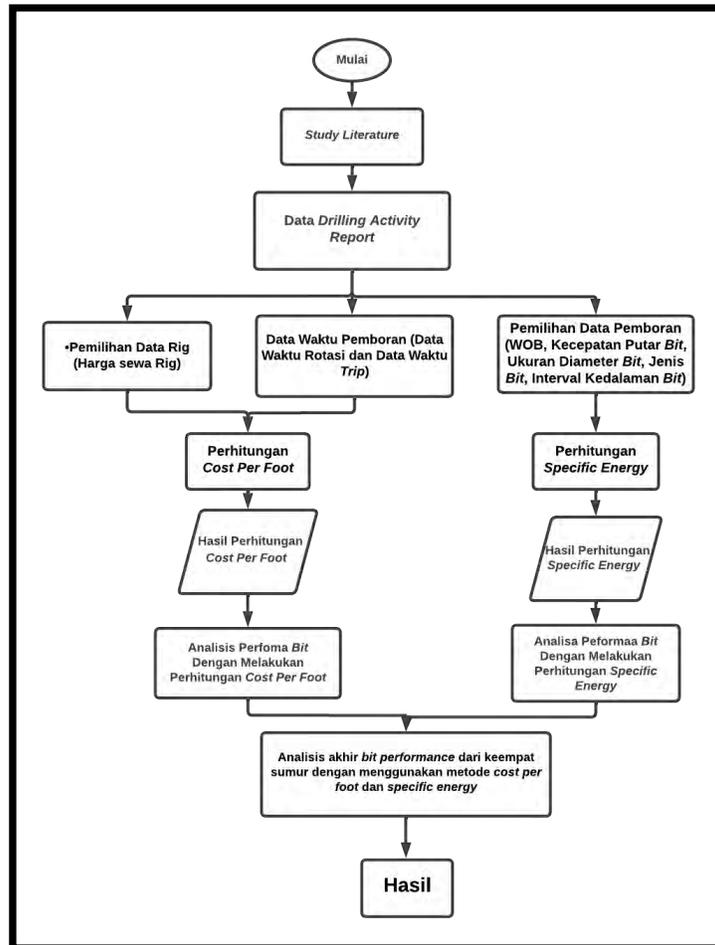
[2] Abbas, R. K. (2018). A review on the wear of oil drill bits (conventional and the state of the art approaches for wear reduction and quantification). *Engineering Failure Analysis*, 90, 554-584.

[3] Barbosa, L. F. F., Nascimento, A., Mathias, M. H., & de Carvalho Jr, J. A. (2019). Machine learning methods applied to drilling rate of penetration prediction and optimization-A review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 183, 106332.

[4] Farrelly, M., & Rabia, H. (1987). *Bit performance and selection: a novel approach*. In SPE/IADC drilling conference. OnePetro.

[5] Rubiandini, R., (2009). *Teknik Pemboran 2*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

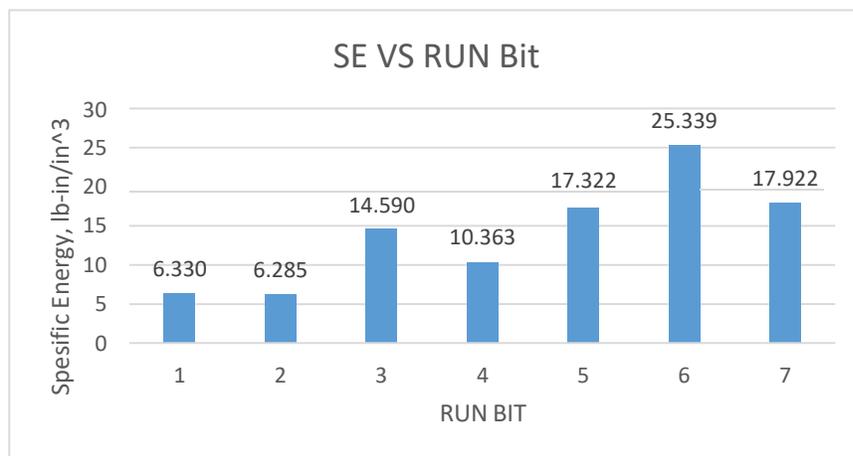
[6] Rubiandini, R., (2009). *Teknik Pemboran 1*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

**Tabel 1.** Hasil Analisis Nilai *Specific Energy* dari Keempat Sumur

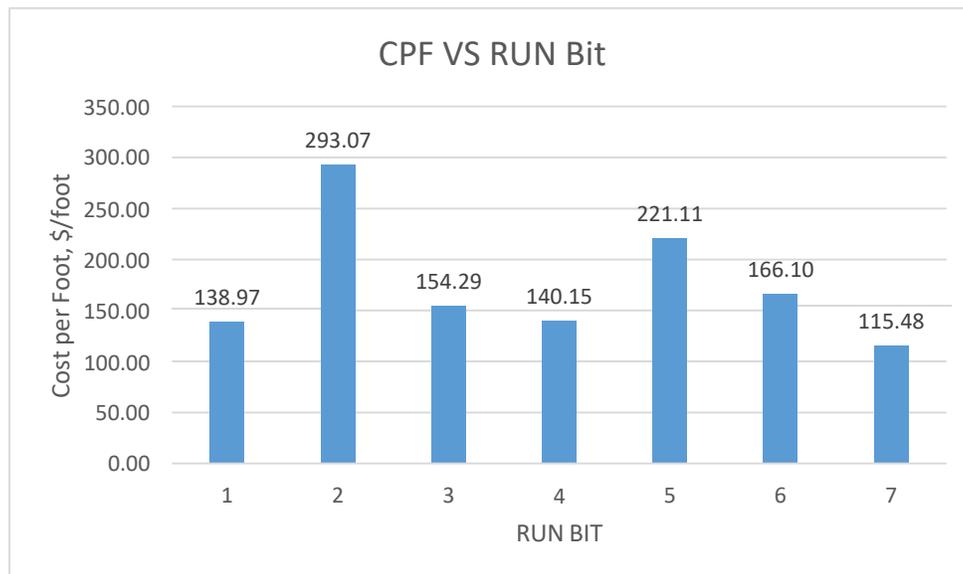
<i>Run</i>	<i>Depth</i> (ft)	Interval kedalaman	D (inch)	<i>Weight On bit</i> (1000 lb/ft) Min	<i>Weight On bit</i> (1000 lb/ft) Max	N (rpm) Min	N (rpm) Max	ROP	SE
Sumur EJ 11									
1	2936-3651	715	8.5	2	6	50	50	111.50	6.330
2	3651-4072	451	8.5	2	6	50	60	112.30	6.285
Sumur EB 11									
3	5014-5658	644	8.5	3	7	100	170	65	25.339
4	5658-6471	813	8.5	3	7	100	170	91.90	17.922
Sumur EB 12									
5	3898-4908	1,010	8.5	4	8	60	70	65.20	17.322
Sumur EB 10									
6	3706-3953	247	8.5	5	10	50	80	80.63	14.590
7	3953-4624	671	8.5	5	10	75	80	170.28	10.363



**Gambar 2.** Grafik *Specific Energy* vs *Run bit* pada sumur EJ11,EB11,EB12, EB10

**Tabel 2.** Hasil Analisa Harga *Cost Per Foot* Pada Keempat Sumur

<i>RUN</i>	<i>Depth</i> (ft)	Interval kedalaman	D (inch)	Total jam	<i>Cost bit</i> Us\$	<i>Cost rig</i> US \$	CPF US \$
Sumur EJ 11							
1	2936-3651	715	8.5	12	7291.66	11861	138.97
2	3651-4072	451	8.5	16.5	7291.66	11861	293.07
Sumur EB 11							
3	5014-5658	644	8.5	12	7291.66	11861	154.29
4	5658-6471	813	8.5	14	7291.66	11861	140.15
Sumur EB 12							
5	3898-4908	1,010	8.5	29	7291.66	11861	221.11
Sumur EB 10							
6	3706-3953	247	8.5	4	7291.66	11861	166.10
7	3953-4624	671	8.5	9	7291.66	11861	115.48



**Gambar 3.** Grafik *Cost Per Foot* vs *Run bit* pada sumur EJ11, EB11, EB12, EB10

# ANALISIS KINERJA SIMPANG TAK BERSINYAL DENGAN METODE PKJI 2023 DAN SOFTWARE VISSIM (STUDI KASUS : AREA PERTIGAAN JL. ARIA PUTRA, CIPUTAT)

Yasin Ar Rafi<sup>1</sup>, Filki Suri Widyatami<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Teknologi, Universitas Tanri Abeng  
Jl. Swadarma Raya No.58, Ulujami, Pesanggrahan, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia

[yasin@student.tau.ac.id](mailto:yasin@student.tau.ac.id)<sup>1</sup>, [filki.widyatami@tau.ac.id](mailto:filki.widyatami@tau.ac.id)<sup>2</sup>,

**Abstrak**— Simpang tak bersinyal sering menjadi titik kemacetan di perkotaan karena jumlah kendaraan yang terus meningkat. Salah satu contoh simpang yang mengalami masalah ini adalah pertigaan Jl. Aria Putra, Ciputat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang tersebut menggunakan dua metode, yaitu perhitungan manual berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dan simulasi menggunakan software VISSIM Student. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data volume kendaraan langsung di lapangan. Data tersebut kemudian dihitung menggunakan metode PKJI 2023 untuk mengetahui kapasitas simpang, tingkat kemacetan, dan waktu tunggu kendaraan. Selain itu, data yang sama dimasukkan ke dalam software VISSIM untuk melihat gambaran pergerakan kendaraan secara lebih detail. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kemacetan di simpang ini sudah melebihi batas yang disarankan. Perhitungan manual dan simulasi menghasilkan data yang berbeda, Dengan demikian, metode PKJI 2023 memberikan hasil berbasis perhitungan manual yang mengikuti standar perencanaan jalan, sedangkan VISSIM menyajikan simulasi kondisi eksisting secara dinamis berdasarkan data yang dimasukkan.

**Keywords** —Simpang tak bersinyal, PKJI 2023, VISSIM, kemacetan, kapasitas jalan.  
simpang.

## I. PENDAHULUAN

Dampak kemacetan terhadap masyarakat mencakup stres, rasa kesal, dan kelelahan yang dialami pengendara. Selain itu, kemacetan juga mempengaruhi psikologis penduduk di sekitar wilayah tersebut. Dari sisi ekonomi, kemacetan menyebabkan hilangnya waktu pengendara dan meningkatnya biaya, seperti bahan bakar yang lebih banyak dan hilangnya pendapatan akibat terlambat bekerja (Wicaksono, 2017).

Kemacetan lalu lintas yang terjadi Area Jl. Aria Putra, Ciputat, Kota Tangerang Selatan (6°18'39.78"S 106°43'20.20"E) juga menjadi perhatian. Persimpangan ini termasuk dalam klasifikasi jalan arteri sekunder dan memiliki banyak persimpangan yang mengakibatkan terjadinya hambatan di setiap persimpangan diakibatkan oleh besarnya tundaan pada tiap

Simpang tak bersinyal memainkan peran penting dalam pengelolaan lalu lintas di banyak wilayah perkotaan dan pinggiran kota. Meski sering ditemui pada daerah dengan volume kendaraan yang tidak terlalu tinggi, pertumbuhan populasi dan jumlah kendaraan telah meningkatkan beban pada simpang-simpang ini. Masalah kemacetan, tundaan, dan derajat kejenuhan yang semakin tinggi menjadi tantangan tersendiri dalam pengelolaan simpang tak bersinyal.

Salah satu cara untuk menganalisis kinerja simpang tak bersinyal adalah dengan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Raya (PKJI 2023), yang menawarkan pendekatan manual dalam menghitung kapasitas, tundaan, dan derajat kejenuhan. Metode ini telah banyak digunakan di Indonesia karena kesederhanaannya dalam perhitungan

dan penerapannya pada berbagai jenis simpang.

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 adalah pedoman yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga pada tahun 1997, digunakan untuk perancangan dan evaluasi jalan serta persimpangan. Setelah digunakan selama sekitar 26 tahun, Direktorat Jenderal Bina Marga memperbarui MKJI 1997 dengan menerbitkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 melalui Surat Edaran nomor 21 Tahun 2023. Nomor 9/PRT/M/2023. (BINA MARGA KEMENTERIAN PUPR).

VISSIM merupakan perangkat lunak simulasi mikroskopik yang mampu memberikan visualisasi interaktif mengenai kondisi lalu lintas di simpang tak bersinyal. Dengan menggunakan VISSIM, kita dapat memodelkan interaksi antar kendaraan dalam skenario yang lebih realistis, baik untuk kondisi eksisting maupun scenario perbaikan. Hal ini memberikan fleksibilitas dan keakuratan lebih tinggi dalam menganalisis kinerja simpang.

Rumusan masalah pada penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan terkait kinerja simpang tak bersinyal di Jl. Aria Putra, Ciputat. Permasalahan utama yang diangkat adalah bagaimana kinerja simpang tersebut jika dianalisis menggunakan dua pendekatan yang berbeda, yaitu metode perhitungan manual berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023) dan simulasi dengan software VISSIM. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui perbandingan hasil kinerja dari kedua metode tersebut untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif terkait efektivitas dan efisiensi pengelolaan lalu lintas di area Jl. Aria Putra, Kec. Ciputat Kota Tangerang Selatan.

## II. METODE PENELITIAN

Bedasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023) di sebutkan bahwa, Perhitungan kapasitas dibedakan untuk 2 (dua) tujuan, yaitu pertama untuk analisis operasional suatu simpang, dan kedua untuk analisis desain simpang. Sasaran utama dari analisis operasional suatu simpang dengan kondisi geometri, lalu lintas, dan lingkungan yang ada pada saat dianalisis atau yang akan datang, adalah menilai Kapasitas, Derajat Kejenuhan, dan Tundaan yang diperkirakan akan terjadi di jalan tersebut. Berikut adalah serangkaian langkah-langkah dalam penelitian:

### A. Pengumpulan Data

Dalam rangka permodelan simpang APILL pada software VISSIM, dibutuhkan input data

supaya simulasi yang terjadi nantinya serupa dengan kondisi di lapangan. Data-data yang dibutuhkan adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari survei lapangan dan Data sekunder di dapatkan dari instansi terkait. Data Primer yang dibutuhkan data geomaterik simpang, hambatan samping, kondisi geometri jalan, lingkungan simpang, kecepatan kendaraan, *driving behavior*. Untuk data sekunder yang diperlukan adalah peta jaringan jalan.

### B. Analisis Data

Dalam alam PKJI 2023, disebutkan bahwa metode analisis kapasitas dan kinerja simpang tidak bersinyal dengan tahapan-tahapan berikut :

#### 1. Data Masukan Lalu Lintas

Data arus lalu lintas rencana digunakan sebagai dasar untuk menetapkan lebar jalur lalu lintas atau jumlah lajur lalu lintas, berupa arus lalu lintas jam perencanaan (qJP) yang ditetapkan dari LHRT. LHRT adalah volume lalu lintas rata-rata tahunan, dapat diperoleh dari perhitungan lalu lintas atau prediksi, dinyatakan dalam SMP/hari

#### 2. Perhitungan Kapasitas Simpang

Kapasitas Simpang, C, dihitung untuk total arus yang masuk dari seluruh lengan Simpang dan didefinisikan sebagai perkalian antara kapasitas dasar (C0) dengan faktor-faktor koreksi yang memperhitungkan perbedaan kondisi lingkungan terhadap kondisi idealnya. Persamaan 1 adalah persamaan untuk menghitung kapasitas Simpang.

$$C = C0 \times FLP \times FM \times FUK \times FHS \times FBKi \times FBKa \times FRmi \dots\dots\dots (1)$$

#### Keterangan:

C adalah kapasitas Simpang, dalam SMP/jam.  
C0 adalah kapasitas dasar Simpang, dalam SMP/jam.

FLP adalah faktor koreksi lebar rata-rata pendekat.

FM adalah faktor koreksi tipe median.

FUK adalah faktor koreksi ukuran kota.

FHS adalah faktor koreksi hambatan samping.

FBKi adalah faktor koreksi rasio arus belok kiri.

FBKa adalah faktor koreksi rasio arus belok kanan.

FRmi adalah faktor koreksi rasio arus dari jalan minor.

#### 3. Perhitungan Derajat Kejenuhan

$$D_j = \frac{q}{c} \dots\dots\dots (2)$$

#### Keterangan:

DJ adalah derajat kejenuhan.

C adalah kapasitas simpang, dalam SMP/jam.  
q adalah semua arus lalu lintas kendaraan

bermotor dari semua lengan simpang yang bermotor dari semua lengan simpang yang masuk ke dalam simpang dengan satuan SMP/jam.

4. Perhitungan Tundaan

Tundaan (T) terjadi karena 2 (dua) hal, yaitu tundaan lalu lintas (TLL) dan tundaan geometri (TG). TLL adalah tundaan yang disebabkan oleh interaksi antara kendaraan dalam arus lalu lintas. Bedakan TLL dari seluruh simpang, dari jalan mayor saja atau jalan minor saja. TG adalah tundaan yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan yang terganggu saat kendaraan-kendaraan membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti. T dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$T = TLL + TG$$

.....  
(3)

5. Perhitungan menggunakan simulasi vissim  
Berikut adalah langkah-langkah permodelan menggunakan PTV Vissim:

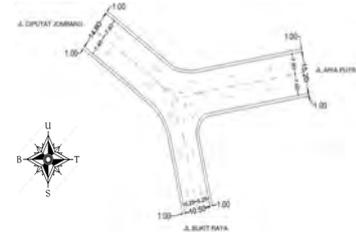
- a. Persiapan Data: Kumpulkan data yang diperlukan, seperti data geometri jalan, informasi lalu lintas, parameter kendaraan, dan control lalu lintas.
- b. Pembuatan Jaringan Jalan: Buat jaringan jalan yang mencakup jalan, simpang, dan jalur kendaraan dengan menggunakan editor jaringan Vissim. Tentukan geometri jalan, jumlah lajur, peraturan lalu lintas, dan lokasi kontrol lalu lintas.
- c. Penentuan Tipe Kendaraan: Tetapkan tipe kendaraan yang akan digunakan dalam model. PTV Vissim menyediakan berbagai jenis kendaraan yang dapat dipilih, termasuk kendaraan penumpang, kendaraan berat, sepeda, dan lainnya.
- d. Konfigurasi Atribut Kendaraan: Atur atribut kendaraan seperti kecepatan maksimum, waktu tunda, kepribadian pengemudi, atau pola pergerakan spesifik.
- e. Penjadwalan Rute Kendaraan: Tentukan rute yang akan diikuti oleh kendaraan dalam jaringan jalan. PTV Vissim dapat menggunakan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Geometrik Pertigaan

Data kondisi geometrik pada Pertigaan Aria Putra Pamulang didapatkan dari hasil survei

secara langsung di lapangan dengan menggunakan alat ukur serta pengamatan. Pada pertigaan tersebut terdapat empat lengan yaitu lengan Timur adalah Jl. Aria Putra, lengan Selatan adalah Jl. Bukit Raya dan lengan Barat adalah Jl. Ciputat Jombang. Berikut ini adalah Kondisi geometrik jika dibagi menjadi per lajur :



Gambar 1 Kondisi Geometrik

- a. Lebar ruas Jl. Aria Putra (Timur) : 15,2 m
- b. Lebar ruas Jl. Bukit Raya (Selatan) : 10,5 m
- c. Lebar ruas Jl. Ciputat-Jombang (Barat) : 14,8 m

B. Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas didapatkan setelah melakukan survei secara langsung di lapangan dengan cara melakukan pencacahan lalu lintas pada Pertigaan Jl Aria Putra. Berikut adalah data yang didapat setelah melakukan pencacahan lalu lintas.



Gambar 2 Grafik Volume Jam Puncak

a. Volume Jam Puncak

Berdasarkan hasil survei secara langsung pada Pertigaan Jl Aria Putra yang dilaksanakan pada hari Selasa, 13 Agustus 2024 pada jam 06.00 – 09.00, 16.30 – 20.00, dapat dilihat pada grafik berikut ini. Berdasarkan Gambar Grafik volume kendaraan pada saat jam puncak dapat diketahui bahwa volume jam puncak terdapat pada jam 17.31 – 19.01 WIB dengan total volume kendaraan sebanyak 7.354 kend/ jam.

**C. Perhitungan Menggunakan PKJI 2023**

Data masukan yang diperlukan dalam analisis kinerja simpang tak bersinyal kondisi eksisting untuk data arus lalu lintas kendaraan dalam dua waktu penelitian berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, yaitu data geometrik, data lalu lintas, dan data lingkungan.

Data geometrik dan data lingkungan sudah dijelaskan sebelumnya yang merupakan data primer dalam penelitian ini. Data lalu lintas dalam analisis dijelaskan dalam formulir S-I pada Lampiran yang berisikan beberapa perhitungan seperti arus total jalan mayor dan minor, arus total tiap pergerakan, arus total simpang, rasio belok, rasio jalan minor, serta rasio kendaraan tak bermotor.

Komposisi lalu lintas (%)										
Faktor SMP =		MP=		KS=		SM=		Faktor K=		q <sub>KB</sub>
EMIP=		EMIP=		EMIP=		EMIP=		q <sub>KB</sub> Total		q <sub>KB</sub>
Arus Lalu Lintas:		Kend. m	SMP/ja m	Kend. m	SMP/ja m	Kend. m	SMP/ja m	Kend. m	SMP/ja m	RB
JI Ciputat Jombang	q Bk	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
	q Lr	316	316	20	36	4358	872	4094	1223,6	0,49
	q Bka	321	321	15	21	4540	906	4866	1254	0,51
	q Total	637	637	35	61	8888	1778	9566	2477,6	1,00
JI Aris Putra Timur	q Bk	316	316	10	18	4490	898	4816	1232	0,51
	q Lr	321	321	2	4	4292	858	4015	1183	0,49
	q Bka	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
	q Total	637	637	12	22	8782	1756	9431	2415	1,00
Total jalan minor, q <sub>mi</sub>		1274	1274	47	85	17670	3534	18991	4892,6	2
JI Bukit Raya Selatan	q Bk	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
	q Lr	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
	q Bka	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
	q Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
JI Bukit Raya Selatan	q Bk	239	239	13	23	4247	849	4499	1111,8	0,53
	q Lr	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
	q Bka	283	283	9	16	3501	700	3793	999,4	0,47
	q Total	522	522	22	40	7748	1550	8292	2111,2	1,00
Total jalan mayor, q <sub>ma</sub>		522	522	22	40	7748	1550	8292	2111,2	1
Total dari jalan minor dan jalan mayor	q Bk	555	555	23	41	8737	1747	9315	2343,8	0,33
	q Lr	637	637	22	40	8650	1730	9399	2406,6	0,34
	q Bka	604	604	24	43	8031	1606	8659	2253,4	0,32
	q Total	1796	1796	69	124	25418	5084	27183	7003,8	1,00

Tabel 1 Formulir S-I

Langkah kedua adalah menentukan nilai kapasitas berdasarkan persamaan yang telah ditetapkan dalam PKJI 2023. Perhitungan ini terdapat dalam formulir S-II, digunakan untuk melakukan analisis lebar rata-rata pendekat dan penetapan tipe simpang, menghitung kapasitas simpang, serta menghitung dan menganalisa kinerja lalu lintas simpang. Formulir S-2 pada berikut ini.

SIMPANG		Tanggal	15 Agustus 2024	Ditangani Oleh:	Yeti Ar Raft						
MENGHITUNG KAPASITAS MENETAPKAN KINERJA		Kota	Pamulang-Banten	Provinsi	Banten						
		Jalan Mayor	JI Aris Putra-Ciputat Raya	Lingkungan Simpang	1						
		Jalan Minor	JI Bukit Raya	Hambatan Sampung	0,05						
		Periode	Agustus	Uraian kota (jua)	0,222						
<b>1. Lebar pendekat dan tipe simpang</b>											
Pilihan	Jumlah Langan	Langan Pendekat, m									
	Simpang	Jalan Minor			Jalan Mayor						
		LA	LC	LAC	LB	LD	LED				
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
1	3	3,25	3,25	3,25	7,4	7,4	7,4	6,325	1	2	3,25
<b>2. Menghitung kapasitas</b> : C = C <sub>0</sub> × F <sub>U</sub> × F <sub>EM</sub> × F <sub>FK</sub> × F <sub>H</sub> × F <sub>BS</sub> × F <sub>BKa</sub> × F <sub>FRmi</sub>											
Pilihan	Kapasitas dasar C <sub>0</sub>	Lebar rata-rata pendekat	Medan jalan	Ukuran kota	Hambatan sampung	Belok kiri	Belok kanan	Rasio minor/Total	Kapasitas C		
	SMP/jam	FUP	FM	FUK	FHS	FBKi	FBKa	FRmi	SMP/jam		
	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]		
1	2700	12,107	1	0,88	0,85	1,378/0,1519	0,6064	0,95941	8746	1330	
<b>3. Menetapkan kinerja lalu lintas: DJ, T, dan Pa</b>											
Pilihan	Arus lalu lintas total q <sub>TOT</sub>	Derajat kejenuhan	Tundasan lalu lintas simpang	Tundasan lalu lintas jalan mayor	Tundasan geometrik simpang	Tundasan simpang	Peluang antrian	Sasaran			
	SMP/jam	DJ	TLL	TLL <sub>ma</sub>	TLL <sub>mi</sub>	TG	T = TLL + TG	Pa			
	[21]	[22]	[23]	[24]	[25]	[26]	[27]	[28]	[29]		
1	637	2,79	-87,6		4	-2,79	4,1237	11,6423			

Tabel 2 Formulir S-2

Untuk penilaian kinerja lalu lintas operasional, gunakan nilai DJ sebagai ukuran utamanya. Jika nilai DJ > 2.79, maka simpang tersebut tidak layak sesuai dengan pedoman PKJI 2023. Nilai DJ yang melebihi ambang batas ini menunjukkan bahwa kapasitas simpang tidak mampu menampung volume lalu lintas yang ada, sehingga terjadi ketidakseimbangan antara arus kendaraan yang masuk dan kapasitas pelayanan simpang.

Kondisi ini menyebabkan peningkatan signifikan dalam panjang antrian kendaraan, waktu tundaan yang lebih lama, dan potensi terjadinya kemacetan yang berkepanjangan. Selain itu, tingginya nilai DJ mencerminkan tingkat pelayanan simpang yang rendah, di mana pengendara mengalami penurunan kenyamanan, efisiensi perjalanan, dan peningkatan risiko terjadinya konflik lalu lintas. Berdasarkan hasil perhitungan manual ini, dapat disimpulkan bahwa simpang tersebut memerlukan evaluasi lebih lanjut untuk mengatasi permasalahan kapasitas dan meningkatkan kinerja simpang sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam PKJI 2023.

Jika nilai DJ ≥ 2.79, Untuk penilaian kinerja lalu lintas rencana simpang, DJ digunakan juga sebagai ukuran. DJ pada akhir usia pelayanan simpang dipertahankan agar tidak melampaui nilai 2.79. Nilai T dan Pa tergantung dari nilai DJ. Nilai T dapat digunakan untuk analisis biaya-manfaat akibat

kehilangan nilai waktu. Nilai Pa dapat digunakan untuk mengevaluasi rencana geometri terkait dengan panjang lajur khusus untuk lajur membelok agar antrian yang terbentuk tidak menghalangi arus lalu lintas pada lajur utama dan ketersediaan ruang untuk menampung kendaraan yang antri sehingga tidak menutupi pergerakan kendaraan pada simpang yang berdekatan.

**a. Kapasitas Simpang Tak Bersinyal**

Untuk mengetahui kapasitas simpang tiga Jalan Aria Putra, Jl. Bukit Raya dan Jl. Ciputat Jombang, diperlukan beberapa faktor penyesuaian berdasarkan keadaan dari geometri dan arus lalu lintas.

1. Kapasitas Dasar (Co)

Nilai Co tergantung dari tipe simpang dan penetapannya harus berdasarkan data geometri simpang eksisting. Tipe simpang ditetapkan berdasarkan jumlah lengan simpang dan jumlah lajur pada jalan mayor dan minor dengan kode tiga angka.

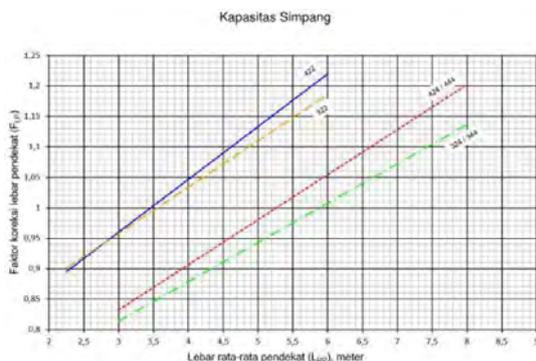
Simpang tiga Jalan Aria Putra, Jl. Bukit Raya dan Jl. Ciputat Jombang merupakan simpang tak bersinyal dengan 3 lengan, dengan 2 lajur mayor dan 2 lajur minor. Sehingga kapasitas dasar (Co) simpang tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tipe Simpang	Co, SMP/jam
322	2700
324	3200
344	3200
422	2900
424	3400

Tabel 3 Kapasitas Dasar Menurut Tipe Simpang

2. Faktor Koreksi Lebar Pendekat Rata-Rata

Jl. Ciputat Jombang memiliki tiga pendekat yang berasal dari dua pendekat jalan mayor dan satu pendekat jalan minor. Data lebar pada masing-masing pendekat dapat dilihat dalam tabel berikut.



Gambar 3 Grafik Faktor Koreksi Lebar Pendekat (FLP)

FLP dapat dihitung menggunakan grafik Faktor Koreksi Lebar Pendekat (FLP). Hasil dari FLP yang sesuai dengan tipe simpang dan besar

LRP menggunakan grafik dapat dilihat pada Gambar 2.3

Pada Gambar 3.1 diatas menunjukkan bahwa sumbu X adalah nilai rata-rata pendekat (LRP) dan sumbu Y menunjukkan faktor koreksi lebar pendekat (FLP) yang didapat setelah menarik garis lurus antara nilai LRP dan jenis simpang eksisting. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa simpang eksisting bertipe simpang 322, maka nilai LRP dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut.

$$F_{LP} = 0,73 + 0,0760 L_{RP}$$

$$F_{LP} = 0,73 + 0,0760 \times 5,22$$

$$F_{LP} = 1,13$$

Hasil nilai FLP dengan menggunakan grafik dan rumus diperoleh nilai sebesar 1,13.

3. Faktor Koreksi Median Pada Jalan Mayor

Untuk memperoleh nilai FM dapat dilihat dalam Tabel 5 dengan mempertimbangkan tipe ukuran median. Dalam hal ini simpang tiga Jl Aria Putra, Jl. Bukit Raya dan Jl. Ciputat Jombang merupakan jalan dua lajur tanpa median untuk itu diperoleh nilai faktor koreksi FM adalah 1,00

Pendekat	Lebar Pendekat (m)
Jalan Aria Putra (LA)	7.40
Jl. Bukit Raya (LB)	7.40
Jl. Ciputat Jombang (Lc)	5.25
Lebar Rata-Rata Pendekat (LRP)	6.325

Tabel 4 Data Lebar Pendekat Simpang

4. Faktor Koreksi Ukuran Kota (FUK)

Indikator yang digunakan untuk mencari nilai faktor koreksi ukuran kota adalah ukuran kota berdasarkan jumlah penduduk.

Menurut BPS Kota Tangerang Selatan tercatat bahwa pada tahun 2023 jumlah penduduk Ciputat sebanyak 208.722 jiwa. Untuk nilai FUK dapat dilihat sebagai berikut.

Ukuran Kota	Populasi Penduduk, Juta Jiwa	FUK
Sangat Kecil	< 0,1	0.82
Kecil	0,1 – 0,5	0.88
Sedang	0,5 – 1,0	0.94
Besar	1,0 – 3,0	1.00
Sangat Besar	>3,0	1.05

Tabel 6 Faktor Koreksi Ukuran Kota

Dari Tabel diatas didapat nilai faktor koreksi ukuran kota (FUK) pada persimpangan Jl Aria Putra, Jl. Bukit Raya dan Jl. Ciputat Jombang adalah 0.82

5. Faktor Koreksi Hambatan Samping

Kawasan di sekitar simpang eksisting merupakan kawasan komersial dengan kelas hambatan samping sedang dan nilai RKTb sesuai dengan formulir S-I pada Tabel 2.3 adalah

0,00. Untuk memperoleh nilai FHS dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tipe lingkungan jalan	Hambatan samping	F <sub>HS</sub> untuk nilai R <sub>KTB</sub>					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
	Rendah	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,71
Permukiman	Tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72
	Sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	Rendah	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74
Akses terbatas	Tinggi/Sedang/Rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

Tabel 7 Faktor Koreksi Hambatan Samping (FHS)

Dilihat dari tabel diatas maka faktor koreksi hambatan samping didapat nilai sebesar 0,85.

6. Faktor Koreksi Arus Belok Kiri (F<sub>BKi</sub>), Belok Kanan (F<sub>BKa</sub>), dan Jalan Lurus (F<sub>Lrs</sub>)

Untuk mengetahui nilai faktor koreksi arus belok kiri (FBKi), belok kanan (FBKa) dan Jalan lurus (FLrs), hal-hal yang perlu diketahui komposisi lalu lintas pada simpang tersebut sebagaimana tersaji dalam formulir S- I pada Tabel 2.3 akan dijabarkan dalam Tabel 8 sebagai berikut

No	Variabel	Nilai
1	Rasio Belok Kiri (R <sub>BKi</sub> )	0,33
2	Rasio Belok Kanan (R <sub>BKa</sub> )	0,32
3	Rasio Jalan Lurus (R <sub>Lrs</sub> )	0,34

Tabel 8 Nilai RBKi, RBKa, RLrs

Untuk nilai FBka, karena simpang eksisting merupakan simpang tiga, maka dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut.

$$F_{BKa} = 1,09 - 0,922 R_{BKa}$$

$$F_{BKa} = 1,09 - 0,922 \times 0,32$$

$$F_{BKa} = 0,793$$

Untuk nilai FRmi, karena simpang eksisting merupakan simpang dengan tipe 322 dan nilai R<sub>Mi</sub> = 0,24, maka dapat dihitung menggunakan persamaan yang tersaji dalam Tabel 2.16

$$F_{Rmi} = 1,19 \times R_{mi}^2 - 1,19 \times R_{mi} + 1,19$$

$$F_{Rmi} = 1,19 \times 0,33^2 - 1,19 \times 0,34 + 1,19$$

$$F_{Rmi} = 0,13 - 0,39 + 1,19$$

$$F_{Rmi} = 0,939$$

7. Kapasitas (C)

Kapasitas (C) dapat dihitung persamaan sebagai berikut dengan nilai kapasitas dasar 2700 SMP/jam.

$$C = C_0 \times FUP \times FM \times FUK \times FHS \times FBKi \times FBKa \times FLrs$$

$$C = 2700 \times 1,21 \times 1 \times 0,88 \times 0,85 \times 1,37 \times 0,79 \times 0,93$$

$$C = 2513 \text{ SMP/jam}$$

## D. Rekayasa Lalu Lintas Simpang Menggunakan VISSIM Simpang

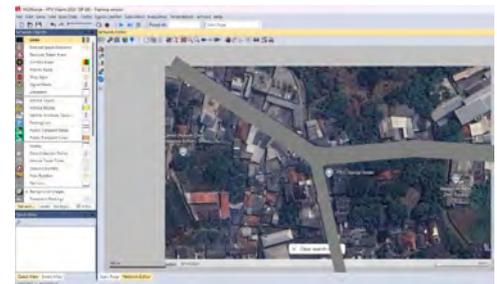
Pemodelan VISSIM yaitu sebuah peniruan atau gambaran dari sebuah objek dan tata guna lahan pada kondisi eksisting yang dibuat menggunakan alat bantu atau software VISSIM. Berikut ini adalah cara penggunaan software VISSIM untuk analisis kinerja simpang tak bersinyal sebagai berikut :

### a. Input Data

Input data merupakan langkah awal dalam proses pemodelan. Data-data tersebut berupa peta geometri jalan yang dapat diambil dari Google Maps atau Google Earth, volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, dan driving behavior. Berikut adalah penjabaran langkahlangkah dalam penginputan data awal pemodelan simpang.

#### 1. Background

Background digunakan sebagai peta yang dapat menggambarkan geometri sebuah jalan dan kondisi lingkungan. Background simpang Jl Aria Putra, Jl. Bukit Raya dan Jl. Ciputat Jombang dapat dilihat pada Gambar berikut

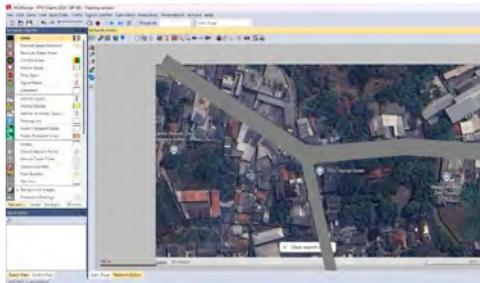


Gambar 4 Background Pemodelan Pada Software VISSIM

Atur skala sesuai dengan skala pada peta yang diambil dari Google Earth, dalam peta tersebut menggunakan skala 50 m. Selain itu atur juga untuk traffic regulations yang sesuai di Indonesia yaitu dengan aturan left-hand-traffic (pejalan kaki berada di sebelah kiri).

#### 2. Jaringan Jalan (link dan connectors jalan)

Link digunakan untuk membuat geometri jalan dan connectors digunakan untuk menghubungkan link. Sehingga jalan yang dibuat dapat menggambarkan bagaimana kondisi eksisting. Tampilan link dan connectors dapat dilihat pada gambar 5 – 6



Gambar 5 Background Pemodelan Pada Software VISSIM

Count	No	Name	Category	Model/D3D/Distr	Color/Distr1	OccupDistr	Capacity
1	100	Car	Car	10: Car	1: Default	1: Single Occupancy	5
2	190	LGV	Car	19: LGV	1: Default	1: Single Occupancy	2
3	200	HGV	HGV	20: HGV	1: Default	1: Single Occupancy	2
4	300	Bus	Bus	30: Bus	1: Default	3: Single Occupancy	110
5	400	Tram	Tram	40: Tram	1: Default	1: Single Occupancy	215
6	510	Man	Pedestrian	100: Man	101: Short Man		0
7	520	Woman	Pedestrian	200: Woman	201: Short Woman		0
8	610	Man	Bike	61: Bike Man	101: Short Man		0
9	620	Woman	Bike	62: Bike Woman	201: Short Woman		0
10	630	KTb	Pedestrian	700: KTb	1: Default	3: Single Occupancy	9999
11	640	KB	Bike	600: KB	1: Default	1: Single Occupancy	9999
12	650	MP	Car	500: MP	1: Default	1: Single Occupancy	9999
13	660	KS	Bus	400: KS	1: Default	1: Single Occupancy	9999

Gambar 6 Link And Connector

### 3. Desired Speed

*Desired speed* digunakan untuk mengatur kecepatan pada setiap kendaraan. Sebelum memasukkan data *speed*, ada beberapa langkah yang harus dilakukan yaitu dengan merekap semua sampel kecepatan yang telah didapatkan saat pengamatan di lapangan. Rekapitulasi data kecepatan pada masing-masing kendaraan dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Kelas	Kecepatan		Frekuensi	Frekuensi Relatif	Frekuensi Komulatif	Frekuensi Komulatif Relatif	Nilai Tengah Kelas
	Min	Max					
1	30	33	4	0,2	4	0,2	32,5
2	36	41	10	0,5	14	0,7	38,5
3	42	47	2	0,1	16	0,8	44,5
4	48	53	2	0,1	18	0,9	50,5
5	54	59	1	0,05	19	0,95	56,5
6	60	65	1	0,05	20	1	62,5
Jumlah			20	1			

Tabel 9 Rekapitulasi Kecepatan SM (Sepeda Motor)

Kelas	Kecepatan		Frekuensi	Frekuensi Relatif	Frekuensi Komulatif	Frekuensi Komulatif Relatif	Nilai Tengah Kelas
	Min	Max					
1	22	24	2	0,4	2	0,4	23
2	25	27	1	0,2	3	0,6	26
3	28	30	2	0,4	5	1	29
Jumlah			5	1			

Tabel 10 Rekapitulasi Kecepatan MP (Mobil Penumpang)

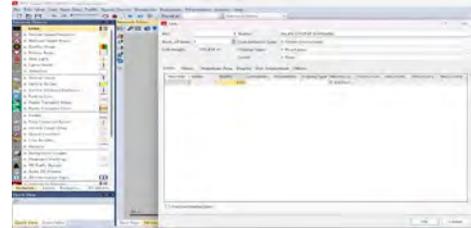
Kelas	Kecepatan		Frekuensi	Frekuensi Relatif	Frekuensi Komulatif	Frekuensi Komulatif Relatif	Nilai Tengah Kelas
	Min	Max					
1	35	36	1	0,1	1	0,1	35,5
2	37	38	2	0,2	3	0,3	37,5
3	39	40	4	0,4	7	0,7	39,5
4	41	42	2	0,2	9	0,9	41,5
5	43	44	1	0,1	10	1	43,5
Jumlah			10	1			

Tabel 11 Rekapitulasi Kecepatan MP (Mobil Penumpang)

Setelah mendapatkan nilai frekuensi komulatif relatif, maka input nilai tersebut ke software VISSIM.

### 4. Vehicle Type, Vehicle Classes, dan Vehicle Composition.

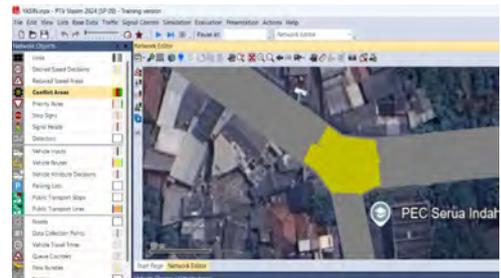
Vehicle types digunakan untuk menggabungkan kendaraan dengan karakteristik mengemudi yang dapat dilihat pada Gambar berikut ini:



Gambar 7 List Vehicle Types

### 5. Conflict Area

*Conflict area* digunakan untuk mengontrol kendaraan agar tidak saling berkonflik. Pemodelan pada Gambar terdapat area yang berwarna kuning yang berarti area tersebut merupakan area terjadinya



Gambar 8. Konflik area pada Pertigaan Jl Aria Putra

### 6. Vehicle Routes

Vehicle routes digunakan untuk membuat rute perjalanan yang akan dilalui kendaraan pada software VISSIM. Setelah membuat rute perjalanan, kemudian masukkan volume arus lalu lintas yang melewati jalan tersebut. notasi garis (ungu) untuk datangnya kendaraan dari arah lajur kiri pada 1 ruas jalan, dan notasi garis (biru) untuk akhir dari tujuan datangnya kendaraan keluar dari simpang



Gambar 9. Vehicle Routes pada pertigaan JL aria putra

### 7. Priority Rules

Priority rules digunakan untuk mengatur titik di mana kendaraan mulai menunggu sehingga kendaraan dapat lolos pada saat kendaraan dari arus lain kosong atau sudah melewati daerah yang telah di desain.

### 8. Vehicle Input

Vehicle input digunakan untuk memasukkan volume arus lalu lintas pada keadaan eksisting sehingga dapat menggambarkan besarnya volume lalu lintas pada jam puncak yang terjadi pada kondisi eksisting.

### 9. Reduced Speed Areas

Pengurangan kecepatan atau reduced speed areas merupakan salah satu parameter kalibrasi yang berusaha menyerupai kenyataan pengemudi dalam berkendara di jalan.

### 10. Vehicle Composition / Relative Flows.

Pengaturan jenis dan jumlah kendaraan yang digunakan dalam simulasi lalu lintas menggunakan perangkat lunak PTV Vissim.



Count	No	Name	Link	Volume(0-MAX)	VehComp(0-MAX)
1	1	Barat	5: Jl Jombang	3000.0	1: JL Jombang
2	2	Timur	3: Jl Aria Putra	2410.0	2: JL Aria
3	3	Selatan	4: Jl Bukit Raya	2762.0	3: Jl Bukit Raya

Gambar 10 Vehicle Composition / Relative Flows Pada Pemodelan Software VISSIM

### 11. Perilaku Pengendara (Driving Behavior)

Driving behavior adalah perilaku pengemudi yang merupakan sifat individu yang terjadi di lapangan karena adanya interaksi akibat faktor kecepatan, jarak kendaraan, penurunan kecepatan, serta aturan lalu lintas yang ada.



Gambar 11 Driving Behavior Pada Pemodelan Software VISSIM

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan PKJI 2023 dan software PTV VISSIM (Student Version), dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisa kinerja persimpangan Jl Aria Putra, Jl. Bukit Raya dan Jl. Ciputat Jombang pada kondisi eksisting menggunakan metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 menunjukkan bahwa simpang tersebut tidak layak yang dapat dilihat dari nilai derajat kejenuhan (DJ) sebesar -2.79, kapasitas (C) sebesar 2513 SMP/jam, tundaan simpang (T) sebesar 6.76 det/SMP Untuk tingkat pelayanan simpang pada kondisi eksisting dengan merujuk dari hasil tundaan simpang maka dapat dikategorikan sebagai tingkat pelayanan (LOS) F.
2. Hasil Analisa kinerja persimpangan Jl Aria Putra, Jl. Bukit Raya dan Jl. Ciputat Jombang pada kondisi eksisting menggunakan metode simulasi Vissim student version menunjukan bahwa persimpangan juga sangat tidak layak, dilihat dari nilai hasil running simulation yang di dapatkan, Berdasarkan hasil Running dapat disimpulkan bahwa Pertigaan Jl Aria Putra pada kondisi eksisting memiliki nilai tundaan (VehDelay) rata-rata sebesar 15.40 det/SMP, Qlen (Max) panjang antrian sebesar 62.32 m dan tingkat pelayanan persimpangan (LOS) paling tinggi berupa C (buruk).
3. Hasil perhitungan manual dengan metode PKJI 2023 lebih menggambarkan kondisi lalu lintas sebenarnya di lapangan. Sementara itu, simulasi VISSIM lebih fleksibel karena dapat digunakan untuk mencoba berbagai skenario perubahan lalu lintas. Dengan kata lain, metode manual memberikan gambaran nyata dari kondisi yang ada, Sementara itu, simulasi VISSIM memberikan representasi visual dari kondisi eksisting simpang, memungkinkan analisis yang lebih rinci terkait pola pergerakan kendaraan dan interaksi antar arus lalu lintas. Dengan demikian, metode PKJI 2023 memberikan hasil berbasis perhitungan manual yang mengikuti standar perencanaan jalan, sedangkan VISSIM menyajikan simulasi kondisi eksisting secara dinamis berdasarkan data yang dimasukkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Artoka, Tam Saka. (2016) . Simulasi Koordinasi Rambu Lalu Lintas Terhadap Volume Kendaraan Saat Waktu Puncak Lalu Lintas Di Persimpangan Menggunakan Software Vissim (Studi Kasus: Jl. Jamin Ginting–Jl. Pattimura–Jl. Mongonsidi). Diss. Universitas Sumatera Utara.
- [2]. Aryandi, Rama Dwi, And Ahmad Munawar. (2014) . "Penggunaan Software Vissim Untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta)." The 17th Fstpt International Symposium. Vol. 2. No. 1.
- [3]. Dwi. (2019) . "Rekayasa Lalu Lintas Dan Keselamatan Jalan."
- [4]. Fauzy. (2017) . Muhammad Arief. Permodelan Simpang Tak Bersinyal Menjadi Simpang Bersinyal Menggunakan Software Vissim (Studi Kasus: Persimpangan Jalan Kebon Agung, Jalan Gajah Mada Dan Jalan Purbaya Pasar Cebongan, Sleman, Yogyakarta. Diss. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- [5]. Lis Ayu Widari, T.M Ridwan, Burhanuddin, Emi Maulani, Irfan (2023) . Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Menggunakan Software PTV Vissim Dengan Metode PKJI 2014 Pada Simpang Tiga Pancing, Kabupaten Deli Serdang.
- [6]. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2023 "Departemen Pekerjaan Umum, Indonesia."
- [7]. Risdiyanto, Risdiyanto. (2018). Rekayasa Dan Manajemen Lalu Lintas, Teori Dan Aplikasi.
- [8]. Romadhona, P. J.; Ikhsan, Tsaqil Nur; Prasetyo, Dika. (2019) . Aplikasi Permodelan Lalu Lintas: Ptv Vissim 9.0.
- [9]. Subarto, A. T. D., Et Al. (2015) . "Manajemen Angkutan Umum Transportasi Jalan Di Indonesia