

E-ISSN : 2807-5579

P-ISSN : 2807-5889

# **BOUWPLANK**

**Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Lingkungan**

---

**VOLUME 04 NOMOR 02, OKTOBER 2024**

---

**Published by:**

**Department of Civil Engineering**

---

**Faculty of Engineering,**

**University of Widyagama Malang, Indonesia**

---

**BOUWPLANK**

**Jl. Borobudur No. 35 Malang 65128**

**Telp. 0341-492282, 411291 Faks. 0341-496919**

**Email: sipil@widyagama.ac.id**

# BOUWPLANK

## Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Lingkungan

VOLUME 04, NOMOR 02, OKTOBER 2024

### DEWAN REDAKSI

**Penanggung Jawab** : Dekan Fakultas Teknik  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

**Tim Editor** :

**Editor in Chief**

***Ir. Abdul Halim, M.T.***, (SINTA ID: 6660008, Scopus ID: 57225097679), Indonesia  
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Widyagama Malang,  
Indonesia

**Managing Editor**

***Candra Aditya, S.T., M.T.***, (SINTA ID: 5977179, Scopus ID: 57223180604), Indonesia  
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Widyagama Malang,  
Indonesia

***Dr. Rosyid Kholilur Rohman, S.T., M.T.***, (SINTA ID: 5974833, Scopus ID: 55560780400),  
Indonesia

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Merdeka Madiun,  
Indonesia

***Ir. Riman, M.T.***, (SINTA ID: 5998828), Indonesia

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Widyagama Malang,  
Indonesia

***Ir. Mohammad Cakrawala, M.T.***, (SINTA ID: 6666868), Indonesia

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Widyagama Malang,  
Indonesia

***Anis Purwaningsih, S.T., MT.***, Indonesia

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Widyagama Malang,  
Indonesia

**Tim Reviewer** :

***Dr. Ir. B. Sri Umniati, M.T.***, (SINTA ID: 5977842, Scopus ID: 57196039961), Indonesia

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, State University of Malang, Indonesia

***Assoc. Prof. Dr. Ir. Bambang Sabariman, S.T., M.T.*** (SINTA ID: 5992523, Scopus ID:  
57194648984), Indonesia

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Surabaya,  
Surabaya, Indonesia

***Assoc. Prof. Dr. Nawir Rasidi, S.T., M.T.***, (SINTA ID: 6013639, Scopus ID: 57215038530),  
Indonesia

Department of Construction Engineering Management D-4, Politeknik Negeri Malang,  
Indonesia

***Assoc. Prof. Dr. Machsus, S.T., M.T.*** (SINTA ID: 6066387, Scopus ID: 57170645100),  
Indonesia

Department of Civil Infrastructure Engineering, Faculty of Vocations, Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember, Indonesia

**Dr. Rosyid Kholilur Rohman, S.T., M.T.**, (SINTA ID: 5974833, Scopus ID: 55560780400),  
Indonesia

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Merdeka Madiun,  
Indonesia

**Dr. Eng. Ir. Ming Narto Wijaya, S.T., M.T., M.Sc.**, (SINTA ID: 5992772, Scopus ID:  
56465853100), Indonesia

Department of Civil Engineering Undergraduate, Faculty of Engineering, Universitas  
Brawijaya, Indonesia

**Assoc. Prof. Dr. Ir. Aji Suraji, M.Sc.**, (SINTA ID: 5986966, Scopus ID: 57225085090), Indonesia  
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Widyagama Malang,  
Indonesia

**Prof. Dr. Agus Tugas Sudjianto, S.T., M.T.**, (SINTA ID: 5986025, Scopus ID: 57225188093),  
Indonesia

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Widyagama Malang,  
Indonesia

**Dr. Dafid Irawan, S.T., M.T.**, (SINTA ID: 6684776, Scopus ID: 57212384743), Indonesia  
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Widyagama Malang,  
Indonesia

**Candra Aditya, S.T., M.T.**, (SINTA ID: 5977179, Scopus ID: 57223180604), Indonesia  
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Widyagama Malang,  
Indonesia

# **BOUWPLANK**

## **Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Lingkungan**

**VOLUME 04, NOMOR 02, OKTOBER 2024**

### **PENGANTAR REDAKSI**

BOUWPLANK Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Lingkungan Volume 04 Nomor 02, OKTOBER 2024 ini terdiri atas 6 makalah ilmiah yang semuanya telah ditelaah oleh penelaah ahli. Redaktur mengucapkan terima kasih kepada para penulis dan semoga kerja kerasnya akan bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan kehidupan manusia. Partisipasi para ilmuwan khususnya dalam bidang teknik sipil dan lingkungan sangat diharapkan untuk memperkaya khasanah Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Lingkungan, BOUWPLANK.

REDAKSI

# BOUWPLANK

## Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Lingkungan

VOLUME 04, NOMOR 02, OKTOBER 2024

### DAFTAR ISI

Dewan Redaksi .....	i
Pengantar dari Redaksi .....	iii
Daftar Isi .....	iv
ANALISIS KINERJA LALU LINTAS PADA PERTIGAAN JL. AHMAD YANI UTARA DENGAN JL. RADEN INTAN DI KOTA MALANG	
<i>Muh Dinul Ardiansyah, Aji Suraji, M. Cakrawala</i> .....	1-9
ANALISIS KEGELINCIRAN BIDANG TANAH LONGSOR BERDASARKAN SIFAT KELISTRIKAN BUMI DENGAN APLIKASI METODE GEOLISTRIK	
<i>Wayan Setiawan, Agus Tugas Sudjianto, Abdul Halim</i> .....	10-16
ANALISIS EVALUASI KONDISI JARINGAN IRIGASI SALURAN PRIMER MENGANTO KABUPATEN JOMBANG	
<i>Deni Prasetyo, Riman, Abdul Halim</i> .....	17-25
KAJIAN KUAT TEKAN DAN MODULUS ELATISITAS PADA BETON DENGAN TAMBAHAN ZAT ADMIXTURE SIKa	
<i>Ishak Nanda Siregar, Abdul Halim, M. Cakrawala</i> .....	26-35
ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN PONDASI BORE PILE DAN SPUN TERHADAP METODE PELAKSANAAN DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA PADA PEMBANGUNAN JEMBATAN TOL (Studi Kasus Pada Jembatan Tol Pandaan-Malang STA. 0+225 Akses Interchange Lawang)	
<i>Munzaini, Agus Tugas Sudjianto, Candra Aditya, Dafid Irawan</i> .....	36-45
TINJAUAN OPTIMALISASI WAKTU DAN BIAYA PADA PROYEK KONSTRUKSI PEMBANGUNAN SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM (SPAM) PAMANUKAN	
<i>Muhammad Chandra Ridho Alief, Dafid Irawan, Muhammad Cakrawala</i> .....	46-52

## **ANALISIS KINERJA LALU LINTAS PADA PERTIGAAN JL. AHMAD YANI UTARA DENGAN JL. RADEN INTAN DI KOTA MALANG**

**Muh Dinul Ardiansyah<sup>1\*</sup>, Aji Suraji<sup>2</sup>, M. Cakrawala<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>PUPR, Nusa Tenggara Barat

<sup>2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

\*Korespondensi Email: [muhdinuraldiansyah@gmail.com](mailto:muhdinuraldiansyah@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Kota Malang merupakan salah satu pusat pendidikan, aktivitas ekonomi serta jumlah penduduk yang terus mengalami peningkatan sehingga segala macam aktivitas di luar rumah yang dilakukan masyarakat pasti menggunakan jalan raya sebagai sarana utamanya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja lalu lintas pada pertigaan Jl. Ahmad Yani Utara dengan Jl. Raden Intan di Kota Malang. Penelitian ini menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Data primer pada penelitian ini ialah survei kondisi geometrik lalu lintas di Jl. Ahmad Yani Utara dan Jl. Raden Intan. Data sekunder biasanya diperoleh dari instansi pemerintahan maupun swasta yang berupa hasil survei, sensus, foto udara, wawancara dan lain sebagainya. Hasil analisis yang dilakukan peneliti menunjukkan bahwa kinerja persimpangan pada pertigaan lalu lintas pendekatan barat yaitu Jl. Ahmad Yani Utara didapat panjang antrian 88 m dengan tundaan rata-rata 45209,33 detik/smp, dengan tingkat pelayanan F. Untuk pendekatan timur didapat panjang antrian 136 m dengan tundaan rata-rata 24091,34 detik/smp, dengan tingkat pelayanan F. Total kapasitas (C) untuk simpang Jl. Ahmad Yani Utara dengan Jl. Raden Intan ialah 1911,13 smp/jam.

**Kata kunci :** Kota Malang, Jl. Ahmad Yani Utara, Jl. Raden Intan, Jalan Raya, Persimpangan, Pertigaan, dan Kinerja Lalu Lintas.

### **ABSTRACT**

*Malang City is one of the centers of education, economic activity and the population continues to increase so that all kinds of activities outside the home carried out by residents must use the highway as the main means. This study aims to analyze traffic performance at the intersection of Jl. Ahmad Yani Utara with Jl. Raden Intan in Malang City. This research uses the Indonesian Road Capacity Manual (MKJI). Primary data in this study is a survey of traffic geometric conditions on Jl. Ahmad Yani Utara and Jl. Raden Intan. Secondary data is usually obtained from government and private agencies in the form of survey results, census, aerial photographs, interviews and so on. The results of the analysis conducted by the researcher show that the performance of the intersection at the traffic junction of the west approach, namely Jl. Ahmad Yani Utara, obtained a queue length of 88 m with an average delay of 45209.33 seconds /smp, with level of service F. For the east approach, a queue length of 136 m is obtained with an average delay of 24091.34 seconds /smp, with level of service F. The total capacity (C) for the intersection of Jl. Ahmad Yani Utara with Jl. Raden Intan is 1911.13 smp / hour.*

**Keywords :** *Malang City, Jl. Ahmad Yani Utara, Jl. Raden Intan, Highways, Intersections, T-Junctions, and Traffic Performance.*

## 1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk mengakibatkan tingkat mobilisasi dan kebutuhan transportasi meningkat sehingga ketersediaan prasarana perhubungan yang baik bagi arus transportasi menjadi sebuah keharusan yang harus terpenuhi [1], [2]. Selain itu, Kota Malang merupakan salah satu kota pendidikan ada di negara Indonesia, maka dari itu aktivitas ekonomi dan jumlah penduduk kota pun mengalami kenaikan, sehingga kemacetan lalu lintas tidak dapat dihindarkan [3]. Salah satu titik kemacetan yang sering terjadi yaitu di pertigaan Jl. Jend. Ahmad Yani Utara yang menghubungkan dengan Jl. Raden Intan yang digunakan untuk keluar masuk di Kota Malang. Peneliti tertarik untuk menganalisis kinerja lalu lintas pada pertigaan Jl. Jend. Ahmad Yani dengan Jl. Raden Intan. Adapun permasalahan yang akan diteliti yaitu: bagaimana kondisi geometrik simpang di pertigaan Jl. Ahmad Yani Utara dengan Jl. Raden Intan di Kota Malang, serta bagaimana kinerja ruas jalan dan simpang pada pertigaan Jl. Ahmad Yani Utara dengan Jl. Raden Intan di Kota Malang. Sehingga dapat juga diketahui bahwa tujuan dari penelitian ini yaitu berupa mendeskripsikan kondisi geometrik simpang pada pertigaan Jl. Ahmad Yani Utara dengan Jl. Raden Intan di Kota Malang dan mendeskripsikan kondisi geometrik simpang pada pertigaan Jl. Ahmad Yani Utara dengan Jl. Raden Intan di Kota Malang.

Penelitian tentang analisis kinerja lalu lintas pernah dilakukan oleh Koilal Alokabel pada tahun 2018 berasal dari Universitas Politeknik Negeri Kupang dengan judul penelitian “Analisa Kinerja Persimpangan tak Bersinyal Tipe T pada Pertemuan Ruas Jalan Timor Raya dan Jalan Suratim di Kelurahan Oesapa Kecamatan Kelapa Lima Kota Kupang Provinsi NTT”. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Koilal bertujuan ingin mengetahui tingkat pelayanan simpang tak bersinyal pada ruas jalan Timor Raya dan jalan Suratim dan mengendalikan agar persimpangan tersebut dapat memberikan pelayanan yang lebih baik terhadap arus lalu lintas [4]. Selain itu penelitian yang sama juga pernah dilakukan oleh Jimmy Citra pada tahun 2018 berasal dari Universitas Lampung dengan judul penelitian “Studi Kapasitas dan Kinerja Simpang Pada Jalan Z.A Pagar Alam Universitas Lampung Pramuka”. Penelitian tersebut mempunyai tujuan membandingkan kinerja simpang pada jalan Z.A Pagar Alam Universitas Lampung Pramuka saat ini untuk tahun berikutnya [5]. Jika dilihat dari penelitian-penelitian sebelumnya dan penelitian yang dilakukan peneliti terdapat adanya persamaan yaitu sama-sama menganalisis kinerja lalu lintas di beberapa kota yang ada di Indonesia yang membedakan ialah objek penelitian yang diteliti sehingga hasil yang ditemukan dalam memecahkan permasalahan berbeda dengan penelitian sebelumnya.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Geometrik Persimpangan

Dalam memperoleh data geometrik persimpangan diperlukan informasi dasar berupa radius tikungan, sudut yang dibentuk untuk jalan yang berpotong-potong, lebar pada masing-masing kaki, data lain (pembagian dan lebar masing-masing jalur, tata guna lahan di sekitar persimpangan, lebar bahu dan trotoar di sekitar persimpangan, rambu-rambu serta tanda-tanda permukaan jalan yang digunakan di sekitar persimpangan, lokasi perlengkapan jalan yang ada di sekitar persimpangan jalan, lokasi objek-objek yang ada di sekitar persimpangan terutama yang mengalami gangguan terhadap pandangan, lokasi tempat parkir di sekitar persimpangan, serta kelandaian jalan yang memasuki persimpangan) [6], [7], [8].

### 2.2 Teori Volume Lalu Lintas

#### a. Data Arus Lalu Lintas

Perhitungan waktu alat yang digunakan untuk memberikan syarat lalu lintas terdapat data arus pada masing-masing arah pergerakan serta klasifikasi kendaraan memerlukan konversi kendaraan pada satuan mobil penumpang (smp) sehingga jangka waktu yang dibutuhkan dalam survei kendaraan bergantung pada karakteristik arus lalu lintas yang ada di persimpangan [9]. Adapun satuan mobil penumpang yang digunakan dalam kondisi serta situasi di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Daftar Konversi ke Satuan Mobil Penumpang [10]

Tipe kendaraan	Emp	
	Pendekat terlindung	Pendekat terlawan
LV (kendaraan ringan)	1.0	1.0
HV (kendaraan berat)	1.3	1.3
MC (Kendaraan bermotor)	0.2	0.4

b. Waktu Siklus dan Waktu Sinyal/ Hijau

Waktu siklus dirancang berdasarkan volume, kapasitas serta jumlah fase yang berlalu pada simpang. Optimasi waktu siklus bisa dilakukan sebagaimana pendapat yang disampaikan oleh Suraji [11]. Waktu siklus pada masing-masing simpang bisa dikoordinasikan antar simpang sehingga tundaan yang terjadi bisa diminimalkan [12], [13].

1) Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

Perhitungan siklus waktu sebelum penyesuaian (cua) digunakan untuk pengendalian waktu tetap dan mencantumkan hasilnya pada kotak tanda “waktu siklus”[14].

$$cua = ( 1,5 \times LTI + 5 ) / ( 1-IFR ) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana, cua adalah waktu siklus penyesuaian sinyal (det), LTI adalah waktu hilang total per siklus (det), dan IFR adalah rasio arus simpang. Adapun tabelnya dapat di lihat di Tabel 2. Proses perhitungan siklus waktu, jika menghasilkan hasil jauh lebih besar dari batas yang disarankan, maka menandakan kapasitas pada denah simpang tidak mencukupi.

**Tabel 2.** Waktu Siklus yang Disarankan Untuk Keadaan yang Berbeda

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak
Pengaturan dua fase	40 – 80
Pengaturan tiga fase	50 – 100
Pengaturan empat fase	80 – 130

2) Waktu Sinyal/ Hijau

Rumus menghitung waktu sinyal/hijau (g) pada setiap fase:

$$g_i = ( cua - LTI ) \times Pri \dots\dots\dots (2)$$

Dimana, gi adalah tampilan waktu hijau pada fase i (det) dan Pri adalah rasio fase (Frerit). Proses perhitungan waktu sinyal/hijau lebih pendek dan harus dihindari selama 10 detik, agar terhindar dari pelanggaran lampu merah yang berlebihan serta pejalan kaki tidak kesulitan ketika menyeberangi jalan raya.

3) Panjang Antrian

Jumlah rata-rata antrian pada awal waktu sinyal/hijau (HQ) dihitung sebagai jumlah antrian smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ1) dihitung menggunakan rumus: Untuk DS > 0,5 :

$$NQ1 = 0,25 \cdot c \cdot \left[ (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \cdot (DS - )}{c}} \right] \dots\dots\dots (3)$$

Untuk DS < 0,5 : NQ1 = 0

Dimana, NQ1 adalah jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya, DS adalah derajat kejenuhan, GR adalah rasio hijau, C adalah kapasitas (smp/jam) sama dengan arus jenuh dikalikan rasio hijau (SxGR).

Cara menghitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ2) menggunakan rumus:

$$NQ2 = c \cdot x \cdot \frac{1-G}{1-GRx} \cdot x \cdot \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana, NQ2 adalah jumlah smp yang datang selama fase merah, c adalah waktu siklus (det), Qmasuk adalah arus lalu lintas pada tempat masuk di luar LTOR (smp/jam).

Untuk penyesuaian arus digunakan rumus:

$$Qpeny = \sum (Qmasuk - Qkeluar) \dots\dots\dots (5)$$

Sedangkan untuk menghitung pendekatan untuk mengatur keluarannya lalu lintas menggunakan analisis waktu dengan menggunakan rumus:

$$NQ = NQ1 + NQ2 \dots\dots\dots (6)$$

Untuk menghitung panjang antrian (QL) kendaraan adalah dengan mengalikan NQmax dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m2) kemudian dibagi dengan lebar masuknya.

$$QL = (NQmax \cdot 20) / Wmasuk \dots\dots\dots (7)$$

4) Kendaraan Terhenti (NS)

Hitung angka henti masing-masing pendekatan yang diartikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) dihitung menggunakan rumus:

$$NS = 0,9 \times (NQ/Q.C) \times 3600 \dots\dots\dots (8)$$

Dimana, Q adalah arus lalu lintas (smp/jam). Untuk menghitung jumlah kendaraan henti dengan ru:

$$NSV = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots (9)$$

Perhitungan angka henti seluruh simpang dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus total Q dalam kend/jam dengan rumus:

$$NS_{tot} = NSV/Q_{tot} \dots\dots\dots (10)$$

5) Tundaan

Tundaan lalu-lalu lintas rata-rata pada setiap (DT) diakibatkan timbal balik dengan adanya gerakan lain pada simpang menggunakan rumus:

$$DT = c \times A + (NQ1 \times 3600/C) \dots\dots\dots (11)$$

Dimana, DT adalah tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp), dan

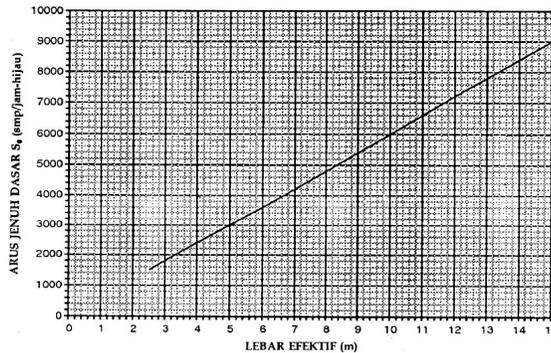
$$A = (0,5 \times (1-GR))^2 / (1-GR \times DS) \dots\dots\dots (12)$$

**2.3 Arus Jenuh**

Metode untuk menghitung arus jenuh yang diberikan manual kapasitas jalan Indonesia 1997 (MKJI), menentukan arus lalu lintas yang berjalan pada waktu sinyal/hijau yang disalurkan oleh suatu pendekatan [15]. Dalam proses penentuan arus jenuh dasar (S0) pada setiap pendekatan dapat diuraikan sebagai berikut. Untuk pendekat tipe P (Protected), yaitu arus terlindung:

$$S0 = 600 \times We \text{ smp/jam hijau} \dots\dots\dots (13)$$

Dimana, S0 adalah Arus jenuh dasar tiap pendekatan(smp/jam) dan We = Lebar jalan efektif (m).



**Gambar 1.** Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat tipe P [10]

Arus jenuh pada gambar di atas menggunakan lebar pendekatan sehingga besar arus jenuh dapat dipengaruhi oleh komposisi kendaraan yaitu kendaraan yang lewat atas berupa jenis kendaraan penumpang dan kendaraan berat serta sepeda motor yang merupakan bagian dari arus lalu lintas [16]. Besarnya pengaruh arus jenuh dalam kelompok jalur yang bersangkutan, lebar jalur, persentase kendaraan yang lewat, kemiringan panjang jalan, adanya lajur parkir serta jumlah manuver parkir per jam, pengaruh penyesuaian kota dan penduduk, hambatan samping sebagai fungsi-fungsi dari jenis lingkungan jalan akibat belok kanan dan kiri [17]. Persamaan

matematis dalam menghitung arus jenuh yaitu:

$$S = S_0 \times F_{cs} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ smp/jam} \dots \dots \dots (14)$$

Dimana, S adalah arus jenuh untuk kelompok lajur yang dianalisis, dalam kendaraan per jam waktu hijau (smp/jam), FCS adalah faktor penyesuaian ukuran kota dengan jumlah penduduk, FSF adalah faktor penyesuaian hambatan samping sebagai fungsi dari jenis lingkungan, FG adalah faktor penyesuaian kelendian jalan, FP adalah faktor penyesuaian terhadap parkir, FRT adalah faktor penyesuaian belok kanan (hanya berlaku untuk pendekatan tipe P, dan jalan dua arah) dan FLT adalah faktor penyesuaian belok kiri (hanya berlaku untuk pendekatan tipe P, tanpa belok kiri langsung).

## 2.4 Kapasitas

Metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI), analisa kapasitas merupakan sebuah penilaian pada suatu jumlah maksimum lalu lintas yang dialirkan oleh fasilitas yang ada namun, analisis ini tidak berarti apabila berfokus pada kapasitasnya saja. Pemakaian pada fasilitas yang tersedia jarang sekali dimanfaatkan pada tingkat kapasitas penuh. Kapasitas persimpangan dengan jumlah lampu lalu lintas didasari pada konsep arus jenuh (saturation flow) per siklusnya [18]. Kapasitas lengan persimpangan dinyatakan dengan persamaan yang merupakan persamaan umum dalam penentuan kapasitas setiap periode.

$$C = S \times g/c \dots \dots \dots (15)$$

Dimana, C adalah kapasitas untuk lengan atau kelompok lajur (smp/jam), S adalah arus jenuh, yaitu arus berangkat rata-rata dari antrian dalam pendekat selama sinyal hijau (smp/jam hijau), g adalah waktu hijau (det) dan c adalah Waktu siklus, yaitu selang waktu untuk urutan perubahan sinyal yang lengkap (antara dua awal hijau yang berurutan pada fase yang sama).

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi tempat dilaksanakan penelitian berada di Jl. Ahmad Yani Utara dan Jl. Raden Intan, kemudian waktu penelitian dibutuhkan selama 4 hari yaitu pada hari/ tanggal Senin 8, Selasa 9, Kamis 11 dan Sabtu 13 Februari 2021, terdapat tiga pembagian waktu dalam mengambil data yaitu pagi dimulai pada pukul 07.00-09.00, siang pukul 12.00-14.00 dan sore pukul 16.00-18.00.

### 3.2 Tahapan penelitian

- a) Tahap persiapan berupa studi literatur yaitu mempelajari referensi-referensi, produk temuan ilmiah dan penelitian terdahulu yang didokumentasikan dalam bentuk tulisan yang digunakan untuk memperkuat argumen peneliti dalam menyelesaikan penelitian yang dilakukan.
- b) Pengumpulan data peneliti menggunakan dua macam data yaitu data primer yang diambil langsung dari lapangan yang berisi tentang data geometrik dan inventaris jalan yang digunakan untuk melihat ada tidaknya perlengkapan jalan seperti median serta mengukur jarak (dalam satu meter) dengan menggunakan meteran. Data arus lalu- lintas, waktu tempuh kendaraan, panjang antrian, data tundaan serta waktu siklus pada persimpangan. Kemudian data sekunder merupakan data yang peneliti diperoleh dari instansi yang berasal dari buku-buku yang berkaitan dengan study literatur dalam menyelesaikan penelitian.
- c) Pengambilan data penelitian menggunakan peralatan yang dibutuhkan sesuai dengan penelitian yang dilakukan peneliti yaitu: meteran yang digunakan untuk menghitung penggal jalan dan geometrik lokasi, stopwatch digunakan untuk mencatat waktu tempuh kendaraan yang melewati suatu segmen jalan, lakban digunakan sebagai penanda batas pengamatan, hand counter untuk menghitung kendaraan yang melewati bidang yang diamati berdasarkan jenis kendaraan, formulir survei lapangan, media pengolah data hasil survei serta alat tulis.
- d) Analisis data, peneliti melakukan analisis berdasarkan prosedur sesuai dengan perhitungan waktu sinyal, kapasitas tingkat kinerja persimpangan sesuai dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI) yaitu menginput data (A-1) geometrik, pengaturan lalu lintas, dan kondisi lingkungan, (A-2) kondisi arus lalu lintas. Penggunaan sinyal (B-1) fase sinyal (B-2) waktu antar sinyal/hijau dan waktu hilang. Penentuan waktu sinyal (C-1) tipe pendekat, (C-2) lebar pendekatan efektif, (C-3) arus jenuh dasar, (C-4) faktor penyesuaian, (C-5) rasio arus atau arus jenuh, (C-6) waktu siklus dan waktu sinyal hijau. Kapasitas (D-1) kapasitas, (D-2) keperluan untuk perubahan. Perilaku lalu lintas (E-1) persiapan, (E-2) panjang antrian, (E-3) kendaraan terhenti dan (E-4) tundaan.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Geometrik Jalan

Berdasarkan pengumpulan data dari hasil survei pada Jl. Ahmad Yani Utara dan Jl. Raden Intan dapat diketahui data geometrik ruas jalanya sebagai berikut:

Karakteristik Jalan:

Hirarki jalan	Arteri Sekunder	
	Jl. Ahmad Yani Utara	Jl. Raden Intan
1. Tipe jalan	4/2 D	4/2 D
2. Sistem arah	Dua arah	Dua arah
3. Panjang (km)	2,37	0,22
4. Lebar lajur (m)	6,9	8,3
5. Lebar median (m)	1,1	1,1
6. Lebar trotoar (m)	1,5	1
7. Lebar bahu (m)	1,5	1,5

### 4.2 Data Volume Lalu Lintas

Pengamatan volume lalu lintas dilakukan selama 4 hari untuk mengetahui jam puncak yang dilaksanakan pada tanggal 8, 9, 11 dan 13 Februari. Keseluruhan perhitungan di lakukan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997). Selain itu perhitungan yang perlu didapatkan adalah perhitungan perilaku lalu lintas yang digunakan sebagai acuan penilaian kinerja simpang. Perhatikan tabel volume lalu lintas persatu jam di Jl. Ahmad Yani Utara dan Jl. Raden Intan pada senin 8 Januari 2021, dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

**Tabel 3.** Pendekat Barat Jl Ahmad Yani Utara

No	Waktu (jam)	Jumlah Kendaraan									LV tot	MC tot	Kend. total (kend/jam)
		Belok Kanan			Belok Kiri			Lurus					
		LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV			
1	07.00-08.00	407	386	-	-	-	-	361	708	-	768	1094	1880
2	08.00-09.00	278	134	-	-	-	-	424	869	-	702	1003	1705
3	12.00-13.00	307	274	-	-	-	-	437	861	-	744	1135	1879
4	13.00-14.00	298	268	-	-	-	-	426	559	-	724	827	1551
5	16.00-17.00	351	161	-	-	-	-	419	701	-	770	862	1632
6	17.00-18.00	204	172	-	-	-	-	781	715	-	958	887	1872
	Total	1845	1395					2848	4413				

Sumber: hasil pengamatan di lapangan

**Tabel 4.** Pendekat Timur Jl Raden Intan

No	Waktu (jam)	Jumlah Kendaraan									Total LV	Total MC	Total Kend (kend/jam)
		Belok Kanan			Belok Kiri			Lurus					
		LV	MC	HV	LV	MC	HV	LV	MC	HV			
1	07.00-08.00	319	486	9	134	430	2	-	-	-	453	916	1380
2	08.00-09.00	327	334	11	282	365	0	-	-	-	609	699	1311
3	12.00-13.00	330	374	7	253	164	4	-	-	-	583	538	1132
4	13.00-14.00	229	368	5	244	297	4	-	-	-	473	665	1147
5	16.00-17.00	254	261	14	250	134	2	-	-	-	504	395	915
6	17.00-18.00	241	472	19	249	501	3	-	-	-	490	973	1483
	Total	1700	2295	65	1412	1891	15						

Sumber: hasil pengamatan di lapangan

Data Arus Lalu lintas Jl. Raden Intan pada pukul 16.00-18.00 pada hari senin dengan tipe pendekat terlindung dan terlawan menghasilkan jumlah kendaraan ringan (LV) sebesar 490 kendaraan, kendaraan berat (HV) sebesar 22 kendaraan dan sepeda motor (MC) sebanyak 973 kendaraan. Maka:  $LV = 490 \times 1 = 490$  smp/jam,  $HV = 22 \times 1,3 = 28,6$  smp/jam,  $MC = 973 \times 0,2 = 194,6$  smp/jam. Apabila ketiganya dijumlahkan  $490 + 28,6 + 194,6$  menghasilkan 713,2 smp/jam (terlindung).

Data Arus Lalu lintas Jl. Ahmad Yani Utara pada pukul 16.00-18.00 pada hari senin

dengan tipe pendekat terlindung dan terlawan menghasilkan jumlah kendaraan: kendaraan ringan (LV) sebesar 985 Kendaraan, kendaraan berat (HV) adalah 0 kendaraan, dan sepeda motor (MC) sebanyak 887 kendaraan. Maka,  $LV=985 \times 1=985$  smp/jam,  $HV=0 \times 1,3=0$  smp/jam,  $MC=887 \times 0,2=177,4$  smp/jam. Apabila dijumlahkan  $984+0+177,4$  smp/jam = 1162,4 smp/jam (terlindung). Dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6, dimana data lapangan ini diambil pada tanggal 25 Januari 2021.

**Tabel 5.** Volume Kendaraan dalam Satuan SMP di Pendekat Barat Jl Ahmad Yani Utara

PUKUL	LV (kend/jam)	HV (kend/jam)	MC (kend/jam)	LV (smp/jam)		HV (smp/jam)		MC (smp/jam)		Tot MV		
				terlindung (LV*1)	terlawan (LV*1)	terlindung (HV*1,3)	terlawan (HV*1,3)	terlindung (MC*0,2)	terlawan (MC*0,4)	kend/jam	terlindung (smp/jam)	terlawan (smp/jam)
07.00-08.00	768	0	1094	768	768	0	0	218,8	437,6	1880	986,8	1205,6
08.00-09.00	702	0	1003	702	702	0	0	200,6	401,2	1705	902,6	1103,2
12.00-13.00	744	0	1135	744	744	0	0	227	454	1879	971	1198
13.00-14.00	724	0	827	724	724	0	0	165,4	330,8	1551	889,4	1054,8
16.00-17.00	770	0	862	770	770	0	0	172,4	344,8	1632	942,4	1114,8
17.00-18.00	985	0	887	985	985	0	0	177,4	354,8	1872	1162,4	1339,8

Sumber: hasil pengamatan di lapangan

**Tabel 6.** Volume Kendaraan dalam Satuan SMP di Pendekat Barat Jl Raden Intan

PUKUL	LV (kend/jam)	HV (kend/jam)	MC (kend/jam)	LV (smp/jam)		HV (smp/jam)		MC (smp/jam)		Tot MV		
				terlindung (LV*1)	terlawan (LV*1)	terlindung (HV*1,3)	terlawan (HV*1,3)	terlindung (MC*0,2)	terlawan (MC*0,4)	kend/jam	terlindung (smp/jam)	terlawan (smp/jam)
07.00-08.00	453	4	916	453	453	5,2	5,2	183,2	366,4	1380	636,2	819,4
08.00-09.00	609	3	699	609	609	3,9	3,9	139,8	279,6	1311	748,8	888,6
12.00-13.00	583	11	538	583	583	14,3	14,3	107,6	215,2	1132	645,6	753,2
13.00-14.00	473	9	655	473	473	11,7	11,7	133	266	1147	606	739
16.00-17.00	504	5	395	504	504	6,5	6,5	79	158	915	583	662
17.00-18.00	490	22	973	490	490	28,6	28,6	194,6	389,2	1438	713,2	547,8

Sumber: hasil pengamatan di lapangan

#### 4.3 Data Waktu Siklus dan Waktu Sinyal/Hijau

Waktu sinyal yang berupa waktu hijau, waktu hilang, dan waktu siklus dari setiap pendekat dapat dilihat dari tabel 7.

**Tabel 7.** Data Waktu Sinyal

Pendekat	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Hijau	Kuning	Merah	All Red	
Barat	25	3	57	1	86
Timur	40	3	57	1	101

Sumber: hasil pengamatan di lapangan

#### 4.4 Perhitungan Kapasitas dan Kinerja Simpang

Arus jenuh dasar pendekat barat Jl. Ahmad Yani Utara dihitung dengan rumus yang digunakan pada kondisi eksisting untuk faktor arus jenuh dasar untuk arus terlindung ialah ( $S_0 = 600 \times \text{lebar efektif } W_e$ ). Evaluasi simpang ini dilakukan berdasarkan jam puncak sore pada hari senin pukul 16.00-18.00.

$$S_0 = 600 \times W_e, S_0 = 600 \times 5 \text{ maka } S_0 = 3000 \text{ smp/jam hijau}$$

Perhitungan arus jenuh dasar pendekat timur Jl. Raden Intan adalah:

$$S_0 = 600 \times W_e, S_0 = 600 \times 5,5 \text{ maka } S_0 = 3300 \text{ smp/jam hijau}$$

#### 4.5 Rasio Arus Jenuh

Hasil perhitungan nilai arus jenuh kemudian dapat diperoleh nilai Rasio Arus (FR) dan Nilai Rasio Fase, maka diperoleh Rasio Arus Simpang (IFR). Contoh perhitungan untuk Pendekat Timur Jl. Raden Intan.

$$FR = Q/S = 713,2 / 2884,86 = 0,247$$

Perhitungan untuk Pendekat Barat Jl. Ahmad Yani Utara.

$$FR = Q/S = 1162,4 / 2650,8 = 0,438$$

#### 4.6 Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Perhitungan Pendekat Timur Jl. Raden Intan dengan menggunakan Rumus 15 dengan nilai  $S = 2884,86$  dan nilai  $g/c = 40/101$ , sehingga  $C = 2884,86 \times 0,396$  didapatkan  $C$  sebesar  $1142,40$  smp/jam. Sedangkan perhitungan Pendekat Barat Jl Ahmad Yani Utara dengan menggunakan Rumus 15 dengan nilai  $S = 2650,8$  dan nilai  $g/c = 25/86$ , sehingga  $C = 2650,8 \times 0,290$  didapatkan  $C$  sebesar  $768,73$  smp/jam.

Derajat kejenuhan (DS) Pendekat Timur Jl Raden Intan:

$$DS = Q/C, \text{ dimana } DS = 713,2 / 1142,40 = 0,624$$

Derajat kejenuhan (DS) Pendekat Barat Jl Ahmad Yani Utara:

$$DS = Q/C, \text{ dimana } DS = 1162,4 / 768,73 = 1,512$$

#### 4.7 Panjang Antrian (QL)

Perhitungan untuk pendekat timur Jl. Raden Intan dengan rumus 3, 4 dan 6, didapatkan nilai  $NQ1$  sebesar  $142,22$  smp, nilai  $NQ2$  sebesar  $32,017$  smp, sehingga nilai  $NQ$  adalah  $174,237$  smp. Sedangkan perhitungan Pendekat Barat Jl Ahmad Yani Utara dengan rumus 3, 4 dan 6, didapatkan nilai  $NQ1$  sebesar  $194,70$  smp, nilai  $NQ2$  sebesar  $18,318$  smp, sehingga nilai  $NQ$  adalah  $213,018$  smp.

#### 4.8 Kendaraan Terhenti (NS)

Perhitungan angka henti pada Pendekat Timur Jl. Raden Intan dengan menggunakan Rumus 8, didapatkan nilai  $NS$  sebesar  $7,83$  stop/smp. Sedangkan Perhitungan angka henti pada Pendekat Barat Jl Ahmad Yani Utara dengan menggunakan Rumus 8 didapatkan nilai  $NS$  sebesar  $6,48$  stop/smp.

#### 4.9 Tundaan Rata-rata (D)

Perhitungan Pendekat Timur Jl. Raden Intan dengan menggunakan Rumus 11 dan 12, didapatkan nilai  $DT$  sebesar  $24060,02$  detik/smp. Sedangkan perhitungan Pendekat Barat Jl. Ahmad Yani Utara dengan menggunakan Rumus 11 dan 12, didapatkan nilai  $DT$  sebesar  $45183,41$  detik/smp.

#### 4.10 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan pada setiap pendekat dapat diketahui melalui tundaan rata-rata di tiap pendekat itu. Dimana hubungan antara tundaan rata-rata dan tingkat pelayanan dapat dilihat melalui Tabel 8. Berdasarkan perhitungan nilai tundaan rata-rata tiap pendekat maka didapat nilai tingkat pelayanan untuk setiap pendekat yang dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 8.** Kriteria Tingkat Pelayanan Untuk Simpang Bersinyal (MKJI 1997)

Tingkat Pelayanan	Tundaan ( det/ smp )	Keterangan
A	< 5	Baik sekali
B	5.1 – 15	Baik
C	15.1 – 25	Sedang
D	25.1 – 40	Kurang
E	40.1 – 60	Buruk
F	≥ 60	Buruk Sekali

**Tabel 9.** Tingkat Pelayanan Untuk Setiap Pendekat

Pendekat	Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan	Tundaan Simpang (detik/smp)	Tingkat Pelayanan Simpang
Barat	45209,33	F		
Timur	24091,34	F	37167,26	F

Sumber: hasil perhitungan

## 5. KESIMPULAN

Perhitungan simpang Jl. Ahmad Yani Utara dengan Jl. Raden Intan kondisi eksisting dengan metode MKJI 1997, kinerja persimpangan untuk pendekat barat yaitu Jl. Ahmad Yani Utara didapat panjang antrian 88 m dan tundaan rata-rata 45209,33 detik/smp, dengan tingkat pelayanan F. Untuk pendekat timur didapat panjang antrian 136 m dan tundaan rata-rata 24091,34 detik/smp, dengan tingkat pelayanan F. Total kapasitas (C) untuk simpang Jl. Ahmad Yani Utara dengan Jl. Raden Intan adalah 1911,13 smp/jam.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. E. Harry Yulianto, S. D. Yahya, and M. M. SE, *Manajemen transportasi publik perkotaan*. LPPM STIE YPUP Makassar, 2018.
- [2] K. C. Jotin and L. B. Kent, “Dasar-dasar rekayasa Transportasi,” *Jilid Pertama, Edisi Ketiga, Jakarta: Erlangga*, 2005.
- [3] W. Hidayat, *Catatan Pinggir, Malang Kota-Ku*, vol. 1. UMMPress, 2019.
- [4] K. Alokabel, “Analisa Kinerja Persimpangan Tak Bersinyal Tipe T Pada Pertemuan Ruas Jalan Timor Raya dan Jalan Suratim di Kelurahan Oesapa Kecamatan Kelapa Lima Kota Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur,” *JUTEKS : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 3, no. 1, 2018, doi: 10.32511/juteks.v3i1.194.
- [5] J. Citra, “Studi Kapasitas dan Kinerja Simpang Pada Jalan Za Pagar Alam-Universitas Lampung-Pramuka,” Skripsi, University of Lampung, Lampung, 2018. Accessed: Jan. 08, 2025. [Online]. Available: <http://digilib.unila.ac.id/30729/>
- [6] Titi Kurniati, Hendra Gunawan, and Restania Anissa Pelawi, “Evaluasi Geometrik Persimpangan Sebidang Jaringan Jalan Dalam Kampus Universitas Andalas,” *Jurnal Bangunan, Konstruksi & Desain*, vol. 1, no. 1, 2023, doi: 10.25077/jbkd.1.1.44-54.2023.
- [7] F. Liem, “Klasifikasi Jalan di Kawasan Perbatasan Negara Berdasarkan Regulasi Tata Ruang Wilayah,” *JUTEKS - Jurnal Teknik Sipil*, vol. 1, no. 1, 2017, doi: 10.32511/juteks.v1i1.78.
- [8] I. P. Jaya, P. A. Suthanaya, and W. Dewa Priyantha, “Analisis Kinerja Simpang Dan Pembebanan Ruas Jalan Pada Pengelolaan Lalu Lintas Dengan Sistem Satu Arah,” *Denpasar: Jurnal Ilmiah Elektronik Insfratruktur, Teknik Sipil*, vol. 2, no. 1, Feb. 2013.
- [9] R. Mardiaty, “Studi Tentang Pemodelan Arus Lalu Lintas,” *Jurusan Teknik Elektro*, vol. VIII, no. 2, 2014.
- [10] D. P. Umum, “Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997,” *Direktorat Jendral Bina Marga*, 1997.
- [11] A. Suraji, “Optimasi Waktu Siklus pada Simpang dengan Pengendalian Lampu Lalu lintas,” *Jurnal Widya Teknika*, vol. 7, no. 2, pp. 139–149, 1999.
- [12] H. Dairi, “Analisa Perencanaan Lampu Pengatur lalu Lintas (Traffic Light) Pada Persimpangan Jalan Betoambari-Murhum-Bataraguru,” *Jurnal Fakultas Teknik Unidayan Baubau*, 2005.
- [13] F. Juwita, “Analisis Kinerja Simpang Berlampu Lalu Lintas (Studi Kasus Pada Simpang Ruas Jalan Sultan Agung),” *Yayasan Universitas. Sang Bumi Ruwa Jurai, Lampung*, 2011.
- [14] J. Herianto, “Sistem Pengendalian Lalu Lintas Pada Pertemuan Jalan Sebidang,” *Jurnal Universitas Sumatera Utara*, pp. 1–10, 2004.
- [15] G. Rahayu, S. A. P. Rosyidi, and A. Munawar, “Analisis Arus Jenuh dan Panjang Antrian pada Simpang Bersinyal: Studi Kasus di Jalan Dr. Sutomo - Suryopranoto, Yogyakarta,” *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, vol. 12, no. 1, 2009.
- [16] A. A. N. A. J. Wikrama, “Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak),” *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 15, no. 1, 2011.
- [17] G. Rahayu, S. A. P. Rosyidi, and A. Munawar, “Analisis Arus Jenuh dan Panjang Antrian pada Simpang Bersinyal: Studi Kasus di Jalan Dr. Sutomo - Suryopranoto, Yogyakarta,” *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, vol. 12, no. 1, 2009.
- [18] E. N. Rulianto, A. A. Saputra, A. Muldiyanto, and I. Irawati, “Analisis Kinerja Pada Simpang Bersinyal Menggunakan Metode MKJI 1997”.

## ANALISIS KEGELINCIRAN BIDANG TANAH LONGSOR BERDASARKAN SIFAT KELISTRIKAN BUMI DENGAN APLIKASI METODE GEOLISTRIK

Wayan Setiawan<sup>1\*</sup>, Agus Tugas Sudjianto<sup>2</sup>, Abdul Halim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Natalega Grup

<sup>2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

\*Korespondensi Email: [wayans37@gmail.com](mailto:wayans37@gmail.com)

### ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk dan perkembangan perekonomian di Ruas Jalan Turen Sampai Lumajang yang sangat meningkat, Penyiapan lahan ini tidak dapat di hindari karena perubahan kondisi lahan yang membutuhkan eksplorasi dangkal yang dilakukan untuk mencari informasi tentang lapisan tanah, struktur tanah, kondisi tanah, kedalaman batuan dasar, kestabilan tanah, dan gejala-gejala gerakan tanah. Di daerah ini terdapat kondisi tanah yang cukup kompleks dan labil, sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut. Penelitian tersebut digunakan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan, seperti tanah longsor. Sehingga dapat meminimalisir terjadinya bidang gelincir. Diantara beberapa konfigurasi metode geolistrik tahanan, konfigurasi Schlumberger dapat digunakan dalam penelitian ini. Dimana pada elektroda potensial yang diam di suatu tempat pada garis tengah AB .Pada penampang lokasi 1 nilai resistivitas adalah lapisan lempung di kedalaman 12 m - 17 m dengan nilai resistivitas 10  $\Omega$ .m- 30  $\Omega$ .m. Lokasi 2 nilai resistivitas adalah lapisan lempung berpasir pada kedalaman 2 m -10 m di sebelah kiri penampang dan semakin menipis di bagian kanan. Rentang nilai resistivitas untuk lapisan batuan keras ini adalah 37  $\Omega$ .m - 78  $\Omega$ .m. Di penampang lokasi 1 dan lokasi 2 terdapat bidang gelincir dengan zona kerentanan gerakan tanah rendah.

**Kata kunci :** Geolistrik, Gelincir, Resistivitas, Geoteknik dan Longsor.

### ABSTRACT

*Population growth and economic development on the Turen to Lumajang Road section are increasing greatly. This land preparation cannot be avoided due to changes in land conditions which require shallow exploration to be carried out to find information about soil layers, soil structure, soil conditions, bedrock depth, stability, soil, and symptoms of ground movement. In this area there are soil conditions that are quite complex and unstable, so further research is needed. This research is used to reduce the impacts caused, such as landslides. So it can minimize the occurrence of sliding areas. Among several geoelectric resistance method configurations, the Schlumberger configuration can be used in this research. Where the potential electrode is at rest somewhere on the center line AB. In the cross section of location 1 the resistivity value is the clay layer at depth 12 m - 17 m with a resistivity value of 10  $\Omega$ .m - 30  $\Omega$ .m. The location of the 2 resistivity values is the sandy clay layer at a depth of 2 m -10 m on the left of the cross section and becomes thinner on the right. The resistivity value range for this hard rock layer is 37  $\Omega$ .m - 78  $\Omega$ .m. In the cross section of location 1 and location 2 there is a slip area with a zone of low ground movement susceptibility.*

**Keywords :** *Geoelectricity, Slip, Resistivity, Geotechnical and Landslides.*

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dan perkembangan perekonomian di Ruas Jalan Turen Sampai Lumajang yang sangat meningkat. Di daerah ini terdapat kondisi tanah yang cukup kompleks dan labil, sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut [1]. Penelitian tersebut digunakan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan, seperti tanah longsor [2]. Sehingga dapat meminimalisir terjadinya bidang gelincir [3]. Pada dasarnya, longsor terjadi ketika gaya yang mendorong pada lereng melebihi gaya yang menahannya. Gaya penahan biasanya dipengaruhi oleh kekuatan dari batuan dan kepadatan tanah tersebut [4]. Sementara itu, gaya pendorong dipengaruhi oleh sudut kemiringan lereng, keberadaan air, berat beban, serta densitas batuan tanah. Beberapa faktor yang

dapat menyebabkan tanah longsor meliputi curah hujan, kemiringan lereng yang curam, tanah yang tidak padat dan tipis, batuan yang kurang kokoh, tata penggunaan lahan, getaran, penurunan permukaan air danau atau waduk, adanya beban tambahan, proses erosi, material timbunan di tebing, sisa longsor yang sudah lama, adanya bidang diskontinuitas, penebangan hutan, lokasi pembuangan limbah, dan lain-lain [3], [5].

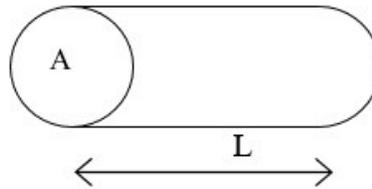
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Geolistrik adalah metode geofisika yang mempelajari aliran listrik di dalam bumi. Penelitian ini, membahas tentang metode geolistrik. Pada metode geolistrik, arus listrik yang diinjeksikan ke tanah melalui dua elektroda arus (yang terletak di permukaan) [6], [7], [8].

### 2.1 Sifat Aliran Arus Listrik Batuan

#### a. Konduksi secara elektronik

Batuan atau mineral yang mempunyai banyak elektron bebas, sehingga dapat di alirkan arus listrik oleh elektron-elektron bebas [9].



**Gambar 1.** Silinder Konduktor

Banyak orang sering menggunakan sifat konduktivitas ( $\sigma$ ) batuan yang merupakan kebalikan dari resistivitas ( $\rho$ ) dengan satuan mhos/m.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{IL}{VA} = \left(\frac{I}{A}\right) \left(\frac{L}{V}\right) = \frac{J}{E} \dots \dots \dots (1)$$

Maka  $J$  adalah rapat arus (ampere/m<sup>2</sup>),  $E$  adalah medan listrik (volt/m).

#### b. Konduksi secara elektrolitik

Sebagian besar batuan adalah konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang tinggi. Persamaan Archie :

$$\rho_e = a \phi^{-m} S^{-n} \rho_w \dots \dots \dots (2)$$

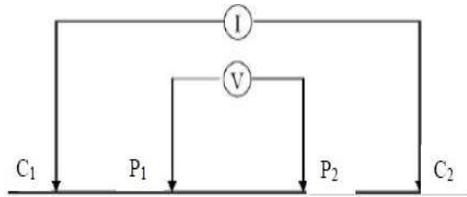
$\rho_e$  : resistivitas batuan ( $\Omega$ m),  $\phi$  : porositas,  $S$  : fraksi pori-pori yang berisi air, dan  $\rho_w$  : resistivitas air, sedangkan  $a$ ,  $m$ , dan  $n$  adalah konstanta.  $m$  juga faktor sementasi. Schlumberger menyarankan  $n = 2$ , untuk nilai  $n$  yang sama.

#### c. Konduksi Secara Dielektrik

Konduksi dalam batuan atau mineral bersifat dielektrik sehubungan dengan aliran listrik, yang berarti terdapat sedikit atau tidak ada elektron bebas dalam batuan atau mineral tersebut.

### 2.2 Aliran Listrik Di Dalam Tanah

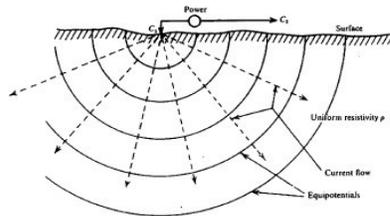
Saat menerapkan dua arus ke elektroda, nilai potensial di dekat permukaan ujung akan tergantung pada dua arus elektroda. Arus akan merambat sekitar sepertiga dari panjang bentang [10], [11], [12].



**Gambar 2.** Sumber arus 2 titik pada permukaan homogen isotropis [13]

a. *Titik Arus Tunggal di Permukaan*

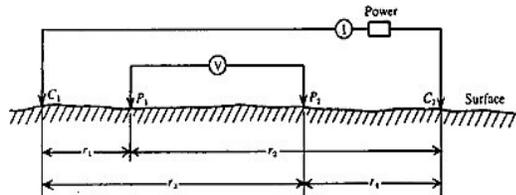
Pendekatan paling sederhana untuk mempelajari teori aliran arus listrik di Bumi adalah bahwa Bumi diasumsikan homogen dan isotropik. Jika satu elektroda, di mana arus listrik mengalir, disuntikkan ke permukaan bumi yang isotropik seragam,



**Gambar 3.** Sumber arus adalah titik di permukaan bumi yang homogen [13].

b. *Dua Titik Arus di Permukaan*

Jika ada elektroda arus C1 yang terletak di permukaan media, digabungkan dengan elektroda arus C2, dan dua elektroda potensial P1 dan P2 dibuat di antara keduanya pada jarak tertentu, maka dua elektroda arus dapat bekerja pada potensial di dekat titik.



**Gambar 4.** Dua pasang elektroda arus dan elektroda potensial pada permukaan medium homogen isotropis dengan resistivitas  $\rho$  [14]

**2.3 Resistivitas Batuan**

Dari semua sifat fisik batuan dan mineral, resistensi menunjukkan nilai yang sangat beragam [15], [16].

**Tabel 1.** Variasi Harga Tahanan Jenis dari Beberapa Jenis Batuan Sedimen [17]

Jenis Batuan	Nilai Tahanan Jenis ( $\Omega m$ )
Lempung	3 – 30
Lempung Berdebu	5– 40
Pasir Berlempung	5 – 50
Lempung Berpasir	30 – 100
Lempung Shale	50 – 200
Pasir, Gravel	$10^2 - 5 \cdot 10^3$
Gips, Batu Gamping	$10^2 - 5 \cdot 10^3$
Batuan Kristalin	$2 \cdot 10^2 - 10^3$
Batu Bergaram, Anhydrate	$5 \cdot 10^3 <$

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat Penelitian

Lokasi penelitian di Daerah Candipuro di sekitaran Kabupaten Lumajang. Secara geografis wilayah ini terletak di antara 721782.98 m E 9093979.88 m S dan 722354.43 m E 9094657.11 m S.



Gambar 5. Lokasi penelitian

#### 3.2 Pengambilan Data

##### 1) Primer

Dari pengamatan dan survei di lapangan yang berada di daerah Candipuro Kabupaten Lumajang, data geolistrik (resistivity meter) (Naniura NRD 22).

##### 2) Sekunder

Sumber data di peroleh dari pustaka dan publikasi ilmiah, data tersebut tersedia di UPT, Pusat Informasi dan Konservasi Candipuro, LIPI dan instansi terkait.

#### 3.3 Alat Dan Desain Penelitian



Gambar 6. Peralatan yang digunakan dalam penelitian

1. Resistivity meter Naniura NRD 22 S
2. 2 roll kabel elektroda arus  $\pm 240$  m
3. 2 roll kabel elektroda potensial  $\pm 20$  m
4. Baterai Kering 24 V
5. 4 bh elektroda arus dan potensial
6. 4 bh palu buat tanam elektroda

#### 3.4 Langkah-langkah Penelitian

Diantara beberapa konfigurasi metode geolistrik tahanan, konfigurasi Schlumberger akan digunakan dalam penelitian ini.

##### 1. Dengan cara manual

Analisis ini dilakukan dengan memplot data yang di dapat ( $\rho$  dan  $AB/2$ ) di kertas bilogaritma.

2. Komputer

Analisis ini menggunakan perangkat lunak Interpex-1D. Dimana software dibuat untuk menghitung dan menggambarkan nilai resistivitas dari hasil perhitungan di lapangan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

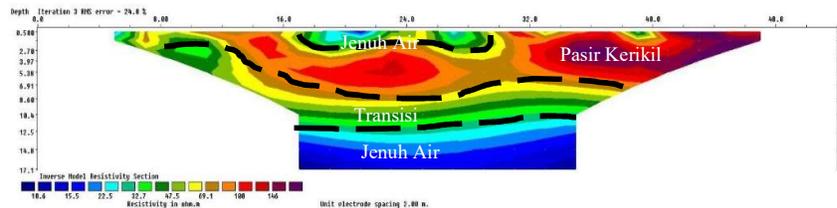
Pengukuran geolistrik di Kabupaten Lumajang dilakukan di pinggir Jalan Nasional Bts. Kab. Malang – Bts. Kota Lumajang Km 54 + 950, dan Bts. Kab. Malang – Pasirian Km 57 + 800. Jalan raya ini berada di sebelah kaki Tenggara Gunung Semeru dan terletak pada Formasi Batuan Gunung Api Semeru.

1. Penampang Lokasi 1 km 54-950

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 8 menjelaskan sebagai berikut pada uraian penampang lokasi 1.



Gambar 7. Lintasan Pengukuran Lokasi 1



Gambar 8. Penampang 2D lintasan pengukuran Lokasi 1.

Tabel 2. Interpretasi Litologi Penampang Dua Dimensi Lokasi 1

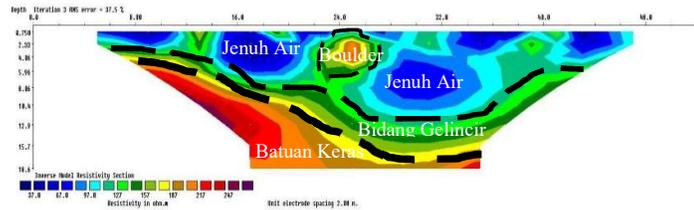
lapisan	Resistivitas ( $\Omega m$ )	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Jenis Tanah
1	10 – 30	2	2	Lumpur
2	100 – 200	7.8	7.8	Lumpur Shale
3	30 – 70	8 – 12	4	Lumpur berpasir
4	100 – 300	12 – 17	5	Lempung

2. Penampang Lokasi 1 km 57-800

Berdasarkan Gambar 10 dan Tabel 3 menjelaskan tentang gambaran pada daerah penampang Lokasi 1.



Gambar 9. Lintasan Pengukuran Lokasi 2



Gambar 10. Penampang 2D lintasan pengukuran Lokasi 2

Tabel 3. Interpretasi Litologi Penampang Dua Dimensi Lokasi 2

lapisan	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Jenis Tanah
1	37 – 78	2 – 10	8	Lempung
2	80 – 200	2 – 10	8	Bongkaran Batu
3	200 – 300	6 – 18	12	Batu Keras

## 5. KESIMPULAN

Dengan menggunakan metode geolistrik, maka bisa untuk mengetahui kedalaman bidang gelincir di lokasi tersebut. Dengan melihat nilai resistivitas yang berada di lokasi terdapat bidang gelincir yang berbeda-beda. Di penampang lokasi 1, nilai resistivitas adalah pada lapisan lempung di kedalaman 12 m - 17 m dengan nilai resistivitas 10  $\Omega\text{m}$ - 30  $\Omega\text{m}$ . Di penampang lokasi 2, nilai resistivitas adalah pada lapisan lempung berpasir pada kedalaman 2 m -10 m di sebelah kiri penampang dan semakin menipis di bagian kanan. Rentang nilai resistivitas untuk lapisan batuan keras ini adalah 37  $\Omega\text{m}$  - 78  $\Omega\text{m}$ . Di penampang lokasi 1 dan lokasi 2 terdapat bidang gelincir dengan zona kerentanan gerakan tanah rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. P. M. Priyambodo, "Kondisi dan Prediksi Kepadatan Lalu Lintas di Kabupaten Malang," *Jurnal Transportasi Multimoda*, vol. 15, no. 2, pp. 123–134, 2017.
- [2] C. A. Utama, A. T. Sudjianto, and C. Aditya, "Analisis Risiko Kelongsoran Pada Jalan Nasional Jember-Banyuwangi Provinsi Jawa Timur," *BOUWPLANK Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 3, no. 2, pp. 26–33, 2023.
- [3] L. Jannah and A. Basid, "Pendugaan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi Dengan Aplikasi Geolistrik Metode Tahanan Jenis (Studi Kasus Daerah Lereng Kampus II UIN Maulana Malik Ibrahim Kec. Junrejo, Batu-Malang)," 2010.
- [4] S. Purnomo and L. H. Sunaryo, "Analisis potensi longsor pada daerah ranu pani menggunakan metode geolistrik resistivitas kecamatan Senduro kabupaten Lumajang," *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 2011.

- [5] M. Luthfi and B. Sunarwan, "Tinjauan Geologi Terhadap Potensi dan Tingkat Kerawanan Bahaya Longsor di Kota Balikpapan-Kalimantar Timur," *Jurnal Teknik | Majalah Ilmiah Fakultas Teknik UNPAK*, vol. 10, no. 1, 2009.
- [6] E. S. Putriutami and U. Harmoko, "Interpretasi Lapisan Bawah Permukaan Di Area Panas Bumi Gunung Telomoyo, Kabupaten Semarang Menggunakan Metode Geolistrik Resistivity Konfigurasi Schlumberger," *Youngster Physics Journal*, vol. 3, no. 2, 2014.
- [7] Muhardi, Faurizal, and Widodo, "Analisis Pengaruh Intrusi Air Laut terhadap Keberadaan Air Tanah di Desa Nusapati, Kabupaten Mempawah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas," *Indonesian Journal of Applied Physics*, vol. 10, no. 2, 2020.
- [8] M. Muhardi, R. Perdhana, and N. Nasharuddin, "Identifikasi Keberadaan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus: Desa Clapar Kabupaten Banjarnegara)," *PRISMA FISIKA*, vol. 7, no. 3, 2020, doi: 10.26418/pf.v7i3.39441.
- [9] R. Mulyasari, I. Gede, B. Darmawan, and N. Haerudin, "Perbandingan Konfigurasi Elektroda Metode Geolistrik Resistivitas Untuk Identifikasi Litologi dan Bidang Gelincir di Kelurahan Pidada Bandar Lampung," *Journal Online of Physics*, vol. 6, no. 2, 2021.
- [10] R. Hi. Manrulu, A. Nurfalaq, and I. D. Hamid, "Pendugaan Sebaran Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner dan Schlumberger di Kampus 2 Universitas Cokroaminoto Palopo," *Jurnal Fisika FLUX*, vol. 15, no. 1, 2018, doi: 10.20527/flux.v15i1.4507.
- [11] A. J. Suwito and S. H. Yuwanto, "Identifikasi Gas Biogenik Berdasarkan Data Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger di Desa Larangan Tokol, Tlanakan, Pamekasan Provinsi Jawa Timur," *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMATAN)*, vol. 1, no. 1, 2022, doi: 10.31284/j.semitan.2022.3008.
- [12] T. N. Fitrianto, S. Supriyadi, U. A. Taufiq, T. M. Mukromin, and A. P. Wardana, "Identifikasi Potensi Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Bapangsari Kecamatan Bagelen Kabupaten Purworejo," *Jurnal Fisika FLUX*, vol. 15, no. 2, 2018, doi: 10.20527/flux.v15i2.4954.
- [13] H. Shintia Frans and G. H. Tamuntuan, "Identifikasi Patahan Manado Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger di Kota Manado."
- [14] K. A. W. Setiawan, "Identifikasi Jenis Akuifer Menggunakan Metode Vertical Electrical Sounding Pada Daerah CAT Ampibabo Kabupaten Parigi – Moutong, Sulawesi Tengah," *Jurnal Multidisiplin West Science*, vol. 2, no. 9, pp. 721–732, Sep. 2023.
- [15] L. Jannah and A. Basid, "Pendugaan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasarkan Sifat Kelistrikan Bumi Dengan Aplikasi Geolistrik Metode Tahanan Jenis (Studi Kasus Daerah Lereng Kampus II UIN Maulana Malik Ibrahim Kec. Junrejo, Batu-Malang)," 2010.
- [16] A. Basid, N. Andrini, and S. Arfiyaningsih, "Pendugaan Reservoir Sistem Panas Bumi Dengan Menggunakan Survey Geolistrik, Resistivitas dan Self Potensial (Studi Kasus: Daerah Manifestasi Panas Bumi di Desa Lombang, Kecamatan Batang-Batang, Sumenep)," *JURNAL NEUTRINO*, vol. 7, no. 1, 2014, doi: 10.18860/neu.v7i1.2640.
- [17] E. Rolia, D. Sutjningsih, E. Anggraheni, and A. Surandono, "Deteksi Keberadaan Air Tanah dengan Menggunakan Geolistrik Konfigurasi Schlumberger," *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, vol. 1, no. 1, pp. 43–52, Jun. 2022, doi: 10.56860/jtsda.v1i1.21.

## **ANALISIS EVALUASI KONDISI JARINGAN IRIGASI SALURAN PRIMER MENGANTO KABUPATEN JOMBANG**

**Deni Prasetyo<sup>1\*</sup>, Riman<sup>2</sup>, Abdul Halim<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>PT. Bangun Konstruksi Persada

<sup>2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

\*Korespondensi Email: [denip856@gmail.com](mailto:denip856@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Saluran Primer Menganto merupakan salah satu saluran buatan yang berada pada wilayah Daerah Irigasi Siman yang berlokasi di Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Saluran ini memiliki panjang total 30.645 m, dengan luas baku sawah yang di layani mencapai 1.459 Ha. DI Siman masih mengalami kekurangan air terutama di daerah hilir dimana sebagian besar area persawahannya berada pada lintas kabupaten yaitu Kabupaten Jombang menurut peneliti terdahulu pada Daerah Irigasi Siman khususnya pada petak yang di aliri dari Saluran Primer Menganto mengalami kehilangan air sehingga untuk mengairi luas baku sawah air terutama di daerah hilir sering tidak tercukupi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting saluran primer, untuk mengetahui jenis pasangan apakah yang dapat mengatasi kehilangan air dan untuk mengetahui berapa besar nilai nominal Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada Saluran Primer Menganto. Metode yang dilakukan adalah melakukan kegiatan penelusuran saluran berupa survei inventaris, kemudian dilakukan analisis hasil survei dan perhitungan pasangan yang akan diterapkan, terakhir yaitu perhitungan rencana anggaran biayanya. Hasil inventarisasi secara umum kondisi lining saluran mengalami kerusakan sehingga melalui analisis perhitungan pasangan lining direncanakan menggunakan beton pracetak, dikarenakan lebih cepat pemasangannya dan efisien dalam pelaksanaannya, sedangkan nilai nominal Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar Rp 11.629.250.000,-.

**Kata kunci :** Jaringan Irigasi, Saluran Primer Menganto dan Pasangan lining Beton Pracetak.

### **ABSTRACT**

*Menganto Primary Channel is one of the artificial channels in the Siman Irrigation Area located in Jombang Regency, East Java. This channel has a total length of 30,645 m, with a raw rice field area served reaching 1,459 Ha. DI Siman is still experiencing a shortage of water, especially in the downstream area where most of the rice fields are located across the district, namely Jombang Regency, according to previous researchers in the Siman Irrigation Area, especially in plots that are flowed from the Menganto Primary Channel, experiencing water loss so that to irrigate the raw area of rice fields, water, especially in downstream areas, is often insufficient. This study aims to determine the eksisting condition of the primary channel, to determine what type of pair can overcome water loss and to find out how much the nominal value of the Budget Plan Cost on the Menganto Primary Channel. The method used is to conduct channel tracing activities in the form of inventory surveys, then analyze the survey results and calculate the pairs that will be applied, the last is the calculation of the cost budget plan. The results of the inventory in general the condition of the channel lining is damaged so that through the analysis of the calculation of the lining pair is planned to use precast concrete, because it is faster to install and efficient in its implementation, while the nominal value of the Budget Plan Cost (RAB) is Rp 11,629,250,000, -.*

**Keywords :** Irrigation Canal, Menganto Primary Canal, and Precast Concrete Lining Pairs.

## **1. PENDAHULUAN**

Jaringan irigasi adalah bentuk kesatuan dari saluran, bangunan, dan bangunan pelengkap yang diperlukan untuk penyediaan, pembagian, pemberian, penggunaan dan pembuangan air irigasi [1]. Jaringan irigasi pada umumnya mempunyai 3 jenis jaringan irigasi yaitu jaringan irigasi primer, jaringan irigasi sekunder, dan jaringan irigasi tersier [2]. Keberadaan jaringan irigasi yang handal merupakan sebuah syarat mutlak bagi terselenggaranya

sistem pangan nasional yang kuat dan penting bagi sebuah negara [3]. Jaringan Irigasi merupakan upaya yang dilakukan oleh manusia untuk memperoleh air dengan menggunakan bangunan dan saluran buatan untuk mengairi lahan pertaniannya. Upaya ini meliputi prasarana irigasi, air irigasi, manajemen irigasi, kelembagaan pengelolaan irigasi dan sumber daya manusia [4]. Terkait prasarana irigasi, dibutuhkan suatu perencanaan yang baik, agar sistem irigasi yang dibangun merupakan irigasi yang efektif, efisien dan berkelanjutan, sesuai fungsinya mendukung produktivitas usaha tani. Saluran Primer Menganto merupakan salah satu saluran buatan yang berada pada wilayah Daerah Irigasi Siman yang berlokasi di Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Saluran ini memiliki panjang total 30.645 m, dengan luas baku sawah yang di layani mencapai 1.459 Ha.

Kondisi Jaringan Irigasi di Saluran Primer Menganto saat ini mengalami kehilangan air sehingga dapat mengganggu pasokan air ke area petak-petak sawah yang akhirnya dapat mengganggu produktivitas tanam. Untuk itu diperlukan suatu jaringan irigasi yang baik sehingga dapat menunjang peningkatan produksi pertanian khususnya padi untuk memantapkan swasembada pangan, meningkatkan pertumbuhan ekonomi, meningkatkan pendapatan petani, dan optimasi [5], [6]. Menurut penelitian dahulu oleh Era Silvia [4], DI Siman juga masih kekurangan air terutama di daerah hilir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting pada saluran Primer Menganto, untuk mengetahui jenis pasangan apakah yang dapat mengatasi kehilangan air dan juga sebagai pengaman saluran, kemudian untuk mengetahui berapa besar nilai nominal Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada Saluran Primer Menganto.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kebutuhan Air Tanaman

Analisis kebutuhan air untuk tanaman padi dan palawija meliputi beberapa tahapan perhitungan antara lain pola tata tanam, penentuan koefisien tanaman, evapotranspirasi konsumtif, kebutuhan air untuk penyiapan Lahan, perkolasi, penggantian lapisan air, curah hujan efektif, efisiensi irigasi [7]. Formulasi perhitungan kebutuhan bersih air irigasi dapat dinyatakan pada Rumus 1 berikut.

$$NFR = Etc + Pd + P + WIR - Re \dots\dots\dots (1)$$

#### 1) Pola tata tanam

Pola tata tanam ialah pengaturan urutan jenis tanaman yang akan ditanam pada suatu daerah irigasi. Oleh karena itu untuk menghitung kebutuhan air tanaman di daerah kajian maka pola tata tanam di daerah tersebut harus diketahui terlebih dahulu [8].

#### 2) Evapotranspirasi Konsumtif

Evapotranspirasi konsumtif (Consumptive Evapotranspiration = ETC) diartikan sebagai kehilangan air melalui tanaman dan dapat diasumsikan sebagai kebutuhan air tanaman dan biasa disebut sebagai evapotranspirasi tanaman. Besarnya Etc ditentukan dengan Rumus 2 berikut.

$$ETC = ETo \cdot kc \dots\dots\dots (2)$$

#### 3) Koefisien Tanaman

Koefisien tanaman tergantung jenis tanaman, waktu, kondisi tanaman dan kondisi lingkungan (kelembaban) setempat [9]. Dalam studi ini koefisien tanaman menurut penelitian PIADP, Prosida dan FAO, seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Koefisien Tanaman

Bulan	Nedeco / Prosida		FAO	
	Varietas <sup>2</sup> Biasa	Varietas <sup>2</sup> Unggul	Varietas <sup>2</sup> Biasa	Varietas <sup>2</sup> Unggul
0,5	1,20	1,20	1,10	1,10
1,0	1,20	1,27	1,10	1,10
1,5	1,32	1,33	1,10	1,05
2,0	1,40	1,30	1,10	1,05
2,5	1,35	1,30	1,10	0,95
3,0	1,24	0	1,05	0
3,5	1,12		0,95	
4,0	0 <sup>4</sup>		0	

## 4) Perkolasi

Kehilangan air di sawah diperhitungkan karena adanya rembesan air ke dalam lapisan tanah (perkolasi). Besarnya perkolasi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tekstur tanah, permeabilitas tanah, tebal lapisan tanah, letak permukaan air tanah.

## 5) Penggantian Lapisan Air

Penggantian lapisan air dilakukan setelah kegiatan pemupukan yang telah dijadwalkan. Jika tidak ada penjadwalan semacam itu, maka penggantian lapisan air tersebut dilakukan sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm (3,33 mm/hari selama setengah bulan) Selama 1 dan 2 bulan setelah awal tanam.

## 6) Curah Hujan Efektif

Untuk menghitung kebutuhan air tanaman, curah hujan efektif adalah curah hujan yang dimanfaatkan oleh tanaman untuk memenuhi kebutuhannya Curah hujan efektif 70% dari hujan bulanan dengan keandalan 80% [10].

$$Re = (0,7)/N \times R80 \dots\dots\dots (3)$$

**2.2 Kriteria Perencanaan Saluran**

## 1) Debit Rencana

Penentuan dimensi saluran didasarkan dari hasil perhitungan debit rencana [11] dalam perhitungannya persamaan yang digunakan adalah Rumus 4.

$$Q = \frac{C \times NFR \times A}{e} = A \times q \dots\dots\dots (4)$$

## 2) Kebutuhan Air

Kebutuhan air di sawah ditentukan oleh beberapa faktor seperti cara penyiapan Lahan, kebutuhan air untuk tanaman, perkolasi dan rembesan, pergantian lapisan air, dan curah hujan efektif [12].

## 3) Efisiensi

Untuk tujuan perencanaan, dianggap bahwa seperempat sampai sepertiga dari jumlah air yang diambil akan hilang sebelum air itu sampai ke sawah. Kehilangan akibat evaporasi dan rembesan pada umumnya kecil saja dibandingkan dengan jumlah kehilangan akibat adanya eksploitasi. Besarnya debit rencana dalam penentuan kapasitas saluran menggunakan dasar Rumus 5.

$$Q = q \times A \times Eff \dots\dots\dots (5)$$

**2.3 Kriteria Hidrolis**

## 1) Rumus Aliran

Untuk perencanaan ruas, aliran saluran dianggap sebagai aliran tetap, dan untuk itu digunakan rumus Strikler.

$$V = k R^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots (6)$$

$$R = A/P \dots\dots\dots (7)$$

$$A = (b + mh)h \dots\dots\dots (8)$$

$$p = b + 2h \sqrt{(m^2 + 1)} \dots\dots\dots (9)$$

$$Q = V * A \dots\dots\dots (10)$$

## 2) Koefisien Kekasaran Strikler

Penentuan koefisien kekasaran merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan pendistribusian debit aliran yang telah direncanakan pada saluran terbuka, karena kekasaran memberi efek hambatan terhadap laju aliran air, hal itu juga akan berpengaruh terhadap debit dan efisiensi penyaluran airnya [13]. Koefisien kekasaran tergantung kepada faktor-faktor seperti kekasaran permukaan, ketidakteraturan saluran, *Trace*, *Vegetasi* dan sedimen [14]. Harga koefisien dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Harga K (Koefisien Kekasaran)

Saluran	Keterangan	K
Tanah	$Q > 10$	45
	$5 < Q < 10$	42.5
	$1 < Q < 5$	40
	$1 > Q$ dan saluran tersier	35
Pasangan Batu Kali	Pasangan pada satu sisi	42
	Pasangan pada dua sisi	45
	Pasangan pada semua sisi	60
Pasangan Batu Kosong	Seluruh permukaan	45
	Pada dua sisi	42
	Pada satu sisi	40
Beton	Seluruh permukaan	70
	Pada dua sisi	50
	Pada satu sisi	45

## 3) Kecepatan Rencana

Kecepatan aliran rencana disesuaikan dengan jenis tanah yang akan dibangun saluran.

**Tabel 3.** Kecepatan Aliran Untuk Berbagai Bahan Konstruksi

Bahan Konstruksi	V maks m/dt
Tanah	0.60
Pasangan Batu	2.00
Beton	3.00

## 4) Kemiringan Saluran

Kemiringan memanjang ditentukan terutama oleh keadaan topografi, kemiringan saluran akan sebanyak mungkin mengikuti garis muka tanah pada trase yang dipilih [15]. Untuk menghitung kemiringan memanjang saluran biasanya menggunakan Rumus 11.

$$i = \frac{E_{lv.Hulu} - E_{lv.Hilir}}{jarak} \dots\dots\dots(11)$$

5) Muka Air Rencana

Tinggi muka air rencana di saluran primer dihitung berdasarkan Rumus 12.

$$P = A+a+b+c+d+e+f+g+h+z \dots\dots\dots(12)$$

6) Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan ditentukan berdasarkan debitnya yang dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Tinggi Jagaan Untuk Saluran

Tinggi Jagaan (m)	Debit (m <sup>3</sup> / dtk)
0.2	<0.5
0.2	0.5 - 1.5
0.25	1.5 - 5.0
0.3	5.0 - 10.0
0.4	10.0 - 15.00
0.5	> 15.0

**2.4 Perkiraan Biaya Proyek**

Biaya proyek dalam hal ini mencakup biaya pelaksanaan fisik, serta biaya eksploitasi dan pemeliharaan tahunannya. Dalam analisis studi ini akan dilakukan perkiraan biaya proyek secara makro berdasarkan tiap-tiap alternatif rehabilitasi jaringan irigasi yang dipilih serta sesuai dengan daerah kajian. Biaya pelaksanaan fisik terdiri dari biaya konstruksi dan biaya engineering cost and administration, sedangkan biaya eksploitasi dan pemeliharaan diambil 2% dari biaya pelaksanaan fisik.

**3. METODE PENELITIAN**

**3.1 Lokasi Penelitian**

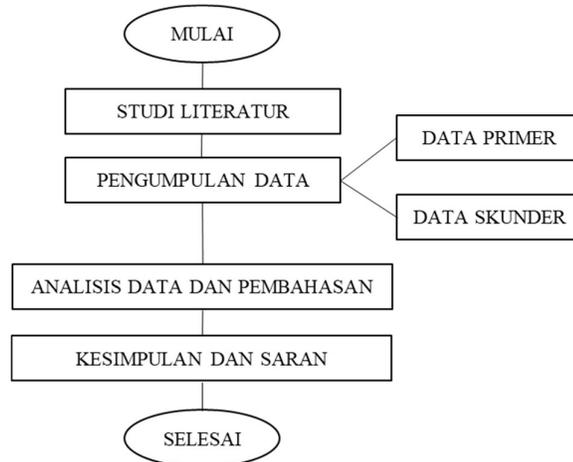
Saluran Primer Menganto berada di Kabupaten Jombang. Saluran Primer Menganto merupakan salah satu saluran buatan yang berada pada wilayah Daerah Irigasi Siman yang berlokasi di Kabupaten Jombang secara geografis terletak antara 112°03'45" dan 112°27'21" Bujur Timur dan 7°24'01" – 7°45'01" Lintang Selatan.

**3.2 Ketersediaan Data**

Data yang tersedia merupakan data primer dan data sekunder yang telah dikumpulkan, data primer merupakan data rencana dan realisasi tanam sebagian sudah diperoleh dari Dinas Perumahan sedangkan data sekunder merupakan data curah hujan, peta topografi, tata guna Lahan, jumlah penduduk, peta situasi daerah Irigasi, skema jaringan irigasi, skema bangunan irigasi.

**3.3 Diagram Alir Penelitian**

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam kajian ini digambarkan dalam bagan alir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alir penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Survei Dan Inventarisasi

Untuk mengetahui akibat kehilangan air diperlukannya survei investigasi dan membuat inventarisasi jaringan irigasi sehingga dapat mengetahui kondisi eksisting saluran. Dari hasil survei dan inventarisasi kondisi saluran secara umum adalah air tidak sampai area hilir sawah karena terjadi sedimentasi membuat elevasi di hilir menjadi lebih tinggi dan terdapat kerusakan-kerusakan lining saluran. Maka dari hasil survei inventarisasi diperlukannya normalisasi dan perbaikan saluran untuk itu dapat dihitung volumenya yang dirangkumkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil Volume Normalisasi Dan Perbaikan Inning

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (m')	Volume		
			Normalisasi (m <sup>3</sup> )	Pas. Inning (m')	Pas. Batu (m')
1	SP. Menganto	2,366.00	10,542.92	26,559.00	992.00
2	SS. Menganto	10,849.00	57,411.40	13,580.00	2,900.00
3	SM. Menganto	1,506.00	2,249.76	-	2,040.00
4	SS. Tedjo KuIon 1	6,339.00	10,101.45	7,048.20	3,786.00
5	SS. Ngepung	11,087.00	42,963.30	10,420.00	3,880.00
	Jumlah	32,147.00	123,268.83	57,607.20	13,598.00

### 4.2 Perhitungan Dimensi Saluran

Kemudian dilakukan analisis dan perhitungan pasangan yang akan diterapkan yaitu pasangan lining beton pracetak, dikarenakan lebih cepat pemasangannya dan efisien dalam pelaksanaannya untuk contoh hasil perhitungan dimensi saluran berada pada saluran SP. Menganto ruas B.IM.2a – B.IM.2b Berdasarkan data peta topografi berupa gambar long pada yang sudah ada didapatkan data lapangan dari ruas tersebut seperti :

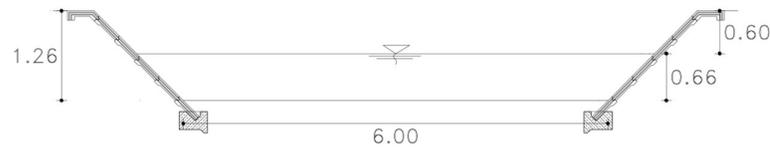
- Panjang Saluran : 680 m
- Elev. Dasar B.IM.2a : + 45.940
- Elev. Dasar B.IM.2b : + 45.269
- luas Sawah : 1280 Ha
- q : 1.2
- Lebar bawah eksisting (b): 6.00 m
- Tinggi (h) : 0.66 m

- Kemiringan lereng (m) : 1

Dari data tersebut dapat dihitung :

- Debit Rencana  $Q = A \times q = 1911 \times 1.2 = 1536 \text{ It/dt}$
- lebar Atas  $a = ((2 \times (m \times h)) + b) = ((2 \times (1 \times 0.66)) + 6.00 = 7.32 \text{ m}$
- Kemiringan Dasar,  $i = 0.000987$
- Koefisien kemiringan,  $m = 0.616 \text{ m}$
- Penampang Basah,  $P = b + 2h \sqrt{m^2 + 1} = 7.55 \text{ m}^2$
- luas penampang, rata-rata  $A = (b + mh) h = (6 + 0.616 \times 0.66) \times 0.66 = 4.23$
- Jari-jari hidrolis = 0.560 m
- Jagaan (*Freboard*) 0.60m

Untuk lebih memudahkan membaca dimensi saluran lihat pada Gambar 2 gambar sketsa desain saluran.



Gambar 2. Sketsa saluran

### 4.3 Rencana Anggaran Biaya

Tabel 6. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

No.	Uraian Pekerjaan	Sat.	Volume Jumlah Harga (Rp.)		Beton Precast (Lining) g = ( d x f )
			Beton Precast (Lining) d	Harga Satuan (Rp.) f	
a	b	c	d	f	g = ( d x f )
<b>I PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					
<b>Pengukuran</b>					
I.1	Uitset trase saluran	m'	4,732.00	3,652.00	17,281,264.00
I.2	Pengadaan dan pemasangan Patok kayu	m'	47.00	8,786.00	412,942.00
I.3	Patok Sempadan	Bh	94.00	120,863.00	11,361,122.00
I.4	Patok Hektometer	Bh	47.00	228,288.00	10,729,536.00
<b>II PEKERJAAN TANAH</b>					
II.1	Menggali dengan Excavator	m3	113,867.63	30,332.00	3,453,832,953.16
II.2	Galian tanah Manual	m3	1,555.65	70,843.00	110,206,558.74
<b>III PEKERJAAN JALAN</b>					
III.1	Jalan Makadam	m2	14,196.00	90,056.00	1,278,434,976.00
<b>IV PEKERJAAN DEWATERING</b>					
IV.1	Kistdam pasir dibungkus karung plastik bagor	Bh	18,928.00	7,704.00	145,821,312.00
IV.2	Pengoperasian per-jam pompa air diesel	Jam	283.00	66,858.00	18,920,814.00
IV.3	Pasangan seseg bambu, terpal plastik dan bambu bongkolan	m2	4,732.00	87,161.00	412,445,852.00
<b>V PEKERJAAN PASANGAN</b>					
V.1	Bongkar pasangan batu dan pembersihan batu (manual)	m3	-	197,476.00	-
V.2	Pasangan batu dengan Mortar tipe N (setara campuran 1 PC : 4 PP)	m3	-	875,984.00	-
V.3	Siaran dengan mortar tipe M (setara campuran 1 PC : 2 PP)	m2	-	71,911.00	-
V.4	Plesteran tebal 1,5 cm, dengan mortar tipe N (setara campuran 1 PC:4 PP)	m2	-	85,879.00	-
V.5	Pasangan pipa suling-suling	m'	-	51,438.00	-
<b>VI PEKERJAAN BETON</b>					
VI.1	Beton mutu (K175), Menggunakan molen	m3	-	1,146,396.00	-
VI.2	Bekisting beton	m2	-	98,164.00	-
VI.3	Pengadaan dan Pemasangan Lining beton Pracetak / Pabrikasi K.300	Unit	35,490.00	103,569.00	3,675,663,810.00
VI.4	Pengadaan dan Pemasangan Penutup Lining beton Pracetak / Pabrikasi K.300	Unit	5,915.00	141,737.00	838,374,355.00
VI.5	Pengadaan dan Pemasangan Pondasi Lining beton Pracetak / Pabrikasi K.300	Unit	10,883.60	152,134.00	1,655,765,602.40
<b>JUMLAH PEMBULATAN</b>					<b>11,629,251,097.30</b>
<b>11,629,250,000.00</b>					

Tabel 6 di atas merupakan rekapitulasi rencana anggaran biaya pekerjaan rehabilitasi Saluran Primer Menganto yang dapat diketahui bahwa total biaya konstruksi rehabilitasi Saluran Primer Menganto adalah Rp. 11.629.250.000,-.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil survei dan inventarisasi kondisi saluran secara umum adalah air tidak sampai ke area hilir sawah karena terjadinya sedimentasi sehingga membuat elevasi di hilir menjadi lebih tinggi dan terdapat kerusakan-kerusakan lining saluran yang membuat kehilangan air. Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan normalisasi dan perbaikan lining saluran, untuk lining saluran yang akan diterapkan yaitu pemasangan lining beton pracetak, dikarenakan lebih cepat pemasangannya dan efisien dalam pelaksanaannya kemudian perhitungan rencana anggaran biaya pekerjaan rehabilitasi dari normalisasi dan perbaikan Saluran Primer Menganto dapat diketahui total biaya konstruksi tersebut adalah Rp 11.629.250.000,- (Sebelas Milyar Enam Ratus Dua Puluh Sembilan Juta Dua Ratus Lima Puluh Ribu Rupiah).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. R. Indonesia, “Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 77 Tahun 2001 Tentang Irigasi,” 2006, *Bab*.
- [2] S. Hariany, B. Rosadi, and N. Arifaini, “Evaluasi Kinerja Jaringan Irigasi Di Saluran Sekunder Pada Berbagai Tingkat Pemberian Air Di Pintu Ukur,” *Rekayasa: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, vol. 15, no. 3, pp. 225–236, 2011.
- [3] D. P. Umum, “Standar Perencanaan Irigasi,” *Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi (KP-01)*, 1986.
- [4] E. Silvia, “Studi Optimalisasi Pemberian Air Irigasi Pada Saluran Induk Peterongan Daerah Irigasi Mrican Kanan,” *Manajemen Rekayasa Sumber Daya Air*, 2017.
- [5] K. Nazri and Y. Hanova, “Evaluasi Kondisi Jaringan Irigasi Saluran Irigasi Primer Pada Daerah Irigasi Kerasaan Kabupaten Simalungun Wilayah Kerja Balai Wilayah Sungai Sumatera II,” *Jurnal Teknik Sipil (JTSIP)*, vol. 1, no. 2, pp. 197–202, 2022.
- [6] S. M. Fachrie, S. Samsuar, and M. Achmad, “Penilaian Kinerja Sistem Irigasi Utama Daerah Irigasi Bantimurung Kabupaten Maros,” *Jurnal Agritechno*, 2019, doi: 10.20956/at.v12i1.187.
- [7] L. D. Susanawati and B. Suharto, “Kebutuhan Air Tanaman untuk Penjadwalan Irigasi pada Tanaman Jeruk Keprok 55 di Desa Selorejo Menggunakan Cropwat 8.0,” *Jurnal Irigasi*, vol. 12, no. 2, 2018, doi: 10.31028/ji.v12.i2.109-118.
- [8] F. Saves, S. Soebagio, and W. T. Widodo, “Optimalisasi Keuntungan Produksi Tanaman Menggunakan Program Linear Berdasarkan Pola Tata Tanam,” *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, vol. 10, no. 1, 2022, doi: 10.37971/radial.v10i1.247.
- [9] D. P. Umum and D. J. Pengairan, “Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01,” *Jakarta (ID): Departemen Pekerjaan Umum*, 2013.
- [10] Riman, “Evaluasi Sistem Drainase Perkotaan di Kawasan Kota Metropolitan Surabaya,” *Widya Teknika*, vol. 19, no. 2, 2011.
- [11] H. A. Purwanto, H. Suprijanto, and T. B. Prayogo, “Studi Perencanaan Ulang Bendung di Daerah Irigasi Rawaan Kabupaten Lumajang Jawa Timur,” *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air Vol*, vol. 2, no. 1, pp. 363–376, 2022.
- [12] B. S. Hartono, M. Efendi, and M. Sholeh, “Perencanaan Ulang Jaringan Irigasi Tersier Menggunakan Lining Modular Pada Desa Pendem, Kecamatan Junrejo, Kota Batu,” *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, vol. 2, no. 3, pp. 273–279, 2021.
- [13] M. Tahir and R. Musa, “Kajian Koefisien Kekasaran Manning (n) Pasangan Batu dan Beton Berdasarkan Kuantifikasi Kekasaran Hidrolis (Studi Kasus Daerah Irigasi Wawotobi Kab. Konawe Sultra),” *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, vol. 5, no. 2, pp. 101–115, 2020.

- [14] Ditjen Sumber Daya Air, *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama (Head Works) KP-02*. 2013.
- [15] A. Azwarman, A. Syakban, and T. Widyastuti, "Kajian Saluran Irigasi Seberang Kota Jambi," *Jurnal Talenta Sipil*, vol. 3, no. 1, 2020, doi: 10.33087/talentsipil.v3i1.23.

## KAJIAN KUAT TEKAN DAN MODULUS ELATISITAS PADA BETON DENGAN TAMBAHAN ZAT ADMIXTURE SIKA

Ishak Nanda Siregar<sup>1</sup>, Abdul Halim<sup>2\*</sup>, M. Cakrawala<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

\*Korespondensi Email: [halim@widyagama.ac.id](mailto:halim@widyagama.ac.id)

### ABSTRAK

Beton merupakan suatu bahan komposit yang dihasilkan dari pencampuran bahan-bahan diantaranya agregat halus, agregat kasar, air, semen dan bahan lain yang berfungsi sebagai bahan pengikat hidrolis dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Kuat tekan dan modulus elastisitas beton adalah parameter utama untuk mutu atau kualitas beton. Modulus elastisitas pada bahan sangat berhubungan erat dengan kekuatan suatu bahan untuk menahan suatu beban. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh bahan tambah Zat Admixture Sika terhadap kuat tekan beton; dan untuk mengetahui pengaruh Zat Admixture Sika terhadap modulus elastisitas beton. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan diberi bahan tambahan Zat Admixture Sika 0%; 1,5%; 3% dan 4,5%. Hasil penelitian ini yaitu penambahan zat admixture sika pada campuran beton dengan prosentase 1,5%, 3% dan 4,5%, kuat tekan beton mengalami kenaikan sebesar 34,8%, 132,6%, dan 125,7% terhadap kuat tekan beton normal; dan penambahan zat admixture sika pada campuran beton dengan prosentase 1,5%, 3% dan 4,5%, modulus elastisitas mengalami kenaikan sebesar 8,35%, 12,13% dan 11,43% terhadap modulus elastisitas beton normal.

**Kata kunci :** Beton, Kuat Tekan, Zat Admixture Sika, Modulus Elatisitas, dan Bahan Tambah.

### ABSTRACT

*Concrete is a composite material that results from mixing ingredients including fine aggregate, coarse aggregate, water, cement and other materials that serve as a hydraulic binder with or without the use of additives. The compressive strength and modulus of elasticity of concrete are the main parameters for the quality of concrete. The modulus of elasticity of the material is closely related to the strength of a material to withstand a load. The purpose of this study was to determine the effect of Sika Admixture additives on the compressive strength of concrete and to determine the effect of Sika Admixture on the modulus of elasticity of concrete. The method used is the experimental method. The test object used in this study was a concrete cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm with the addition of Sika Admixture 0%; 1.5%; 3% and 4.5%. The results of this study are the addition of Sika admixture to the concrete mixture with a percentage of 1.5%, 3% and 4.5%, the compressive strength of concrete increased by 34.8%, 132.6%, and 125.7% against the compressive strength of normal concrete and the addition of Sika admixture to the concrete mixture with a percentage of 1.5%, 3% and 4.5%, the modulus of elasticity increased by 8.35%, 12.13% and 11.43% against the modulus of elasticity of normal concrete.*

**Keywords :** Concrete, Compressive Strength, Sika Admixture, Elastic Modulus, and Additives.

## 1. PENDAHULUAN

Dalam sektor konstruksi, bahan yang paling umum digunakan adalah beton [1]. Penggunaan beton menjadi pilihan utama karena sifatnya yang mudah dibentuk, harga yang terjangkau, dan ketersediaannya yang lebih baik dibandingkan dengan material konstruksi lainnya [2]. Beton adalah kombinasi semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan mungkin bahan tambahan (admixture) dengan proporsi tertentu untuk menciptakan beton segar [3]. Ketika membuat beton, pemilihan bahan-bahan yang tepat sangat penting untuk mencapai kualitas beton yang diinginkan sesuai tujuan tertentu dengan biaya yang efisien. Tugas agregat dalam beton adalah untuk meningkatkan kekuatan beton dan mengurangi penyusutan saat mengeras. Jika

gradasinya baik, maka akan diperoleh beton yang berkualitas [4]. Agregat berfungsi sebagai komponen dalam campuran beton dan mengambil proporsi besar dalam volume campuran, sehingga meskipun hanya berfungsi sebagai pengisi, keberadaan agregat kasar sangat krusial bagi beton, sehingga pemilihan agregat perlu dilakukan dengan cermat [5]. Nilai kuat tekan merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya adalah nilai banding antara bahan campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, dan kondisi perawatan pengerasannya [6]. Kuat tekan dan modulus elastisitas beton adalah parameter utama untuk mutu atau kualitas beton. Modulus elastisitas pada bahan sangat berhubungan erat dengan kekuatan suatu bahan untuk menahan suatu beban. Kuat tekan adalah kemampuan suatu beton pada saat menahan gaya tekan yang diberikan, jika nilai kuat tekan beton semakin tinggi maka mutu beton semakin tinggi atau baik [7]. Pada penelitian ini akan mengkaji kuat tekan dan modulus elastisitas pada beton dengan tambahan Zat Admixture Sika dengan perbandingan komposisi adukan beton 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil, Admixture Sika dengan variasi 0%; 1.5%; 3%; dan 4,5%.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Beton merupakan bahan yang didapatkan dengan cara mencampurkan semen Portland, air, dan agregat (dan bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia) pada perbandingan tertentu [8], [9]. Ketika semen Portland dan air dicampurkan, mereka bereaksi, dengan partikel semen yang berinteraksi dengan air membentuk gel yang dalam beberapa hari mengeras dan saling lengket [10]. Campuran tersebut bilamana dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan itu terjadi oleh peristiwa reaksi kimia antara air dan semen, yang berlangsung selama waktu yang panjang dan akibatnya campuran itu selalu bertambah keras setara dengan umurnya. [11]. Agregat yang dimaksud adalah pasir dan kerikil yang tidak mengalami reaksi kimia, tetapi berfungsi sebagai material pengisi saja. Beberapa keuntungan dari beton meliputi kemudahan dalam pembentukan sesuai kebutuhan konstruksi, kemampuan menahan beban berat, ketahanan terhadap suhu tinggi, biaya perawatan yang rendah, ketahanan terhadap korosi atau pembusukan akibat kondisi alam, kekuatan tekan yang tinggi, serta harga yang relatif terjangkau [12]. Adapun kelemahan dari beton adalah bahwa bentuk yang telah dibentuk sulit untuk diubah, memiliki kelemahan dalam ketahanan tarik, berat, memiliki daya pantul suara yang tinggi, dan sulit untuk mencegah kebocoran air [13].

Untuk memperoleh kekuatan yang baik pada beton, penting untuk memperhatikan kepadatan dan kekerasan agregat, karena umumnya agregat yang lebih padat dan keras akan meningkatkan kekuatan serta daya tahan beton terhadap penurunan kualitas akibat pengaruh cuaca. Agar dapat membentuk massa yang padat, diperlukan pengaturan gradasi partikel agregat yang optimal. Oleh karena itu, agregat harus memiliki kekerasan yang memadai, sifat yang tahan lama, tidak reaktif terhadap alkali, dan bebas dari kontaminasi lumpur. Ukuran dari material organik ini tidak boleh lebih dari 0,063 mm. Jika jumlah lumpur atau material organik dalam agregat melebihi 1% dari berat kering, maka agregat tersebut perlu dicuci. Bahan tambahan ditambahkan selama proses pencampuran. Penggunaan bahan tambahan umumnya ditujukan untuk meningkatkan kinerja penyemenan. Berdasarkan standar 20 ASTM C 494/C494M -05a, bahan tambahan kimia dikategorikan menjadi tujuh jenis, di antaranya:

- a) Water Reducing Admixtures
- b) Retarding Admixtures
- c) Accelerating Admixtures
- d) Water Reducing and Retarding Admixtures
- e) Water Reducing and Accelerating Admixtures
- f) Water Reducing and High Range Admixtures
- g) Water Reducing, High Range and Retarding Admixtures

Bahan tambahan Sika adalah generasi terbaru dari superplasticizer untuk beton dan mortar [14]. Secara khusus dikembangkan untuk produksi beton dengan kemudahan mengalir dan sifat mengalir yang tahan lama [15].

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di Laboratorium Universitas Widyagama Malang, yaitu penelitian yang bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat antara satu sama yang lainnya dan membandingkan hasilnya. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian kuat tekan dan modulus elatisitas pada beton dengan tambahan zat admixture sika.

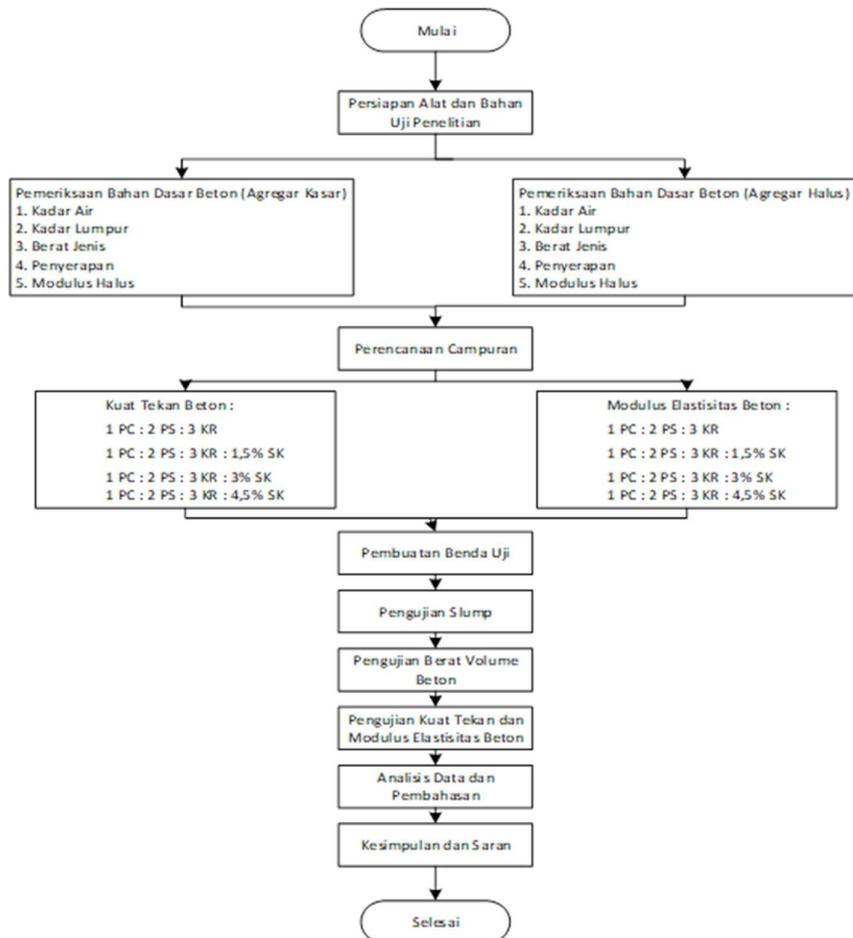
#### 3.2 Benda Uji Penelitian

Pada penelitian ini digunakan spesimen silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Curing beton dilakukan dengan menggunakan air biasa (direndam). Pengujian benda uji dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari.

**Tabel 1.** Rencana Campuran Beton

Komposisi				Jumlah Benda Uji Beton	
Semen	Pasir	Kerikil	Sika	Pengujian Kuat Tekan	Pengujian Modulus Elastisitas
1	2	3	0%	5	3
1	2	3	1,5%	5	3
1	2	3	3%	5	3
1	2	3	4,5%	5	3

#### 3.3 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Ada beberapa pengujian yang dilakukan pada agregat halus yaitu Kadar Lumpur, Kadar Air, Berat jenis, Penyerapan air, dan Modulus Halus.

**Tabel 2.** Pengujian Agregat Halus

Nama Pengujian	Hasil Pengujian	Standar SNI	Keterangan
Kadar Air (%)	3,6	Maksimal 7%	Memenuhi Syarat
Kadar Lumpur (%)	1	Maksimal 5%	Memenuhi Syarat
Berat Jenis (g/cm <sup>3</sup> )	2,59	2,58 – 2,83 (g/cm <sup>3</sup> )	Memenuhi Syarat
Penyerapan (%)	7,30	-	
Modulus Halus (FM) (%)	3,03	1,5% – 3,5%	Memenuhi Syarat

Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2022

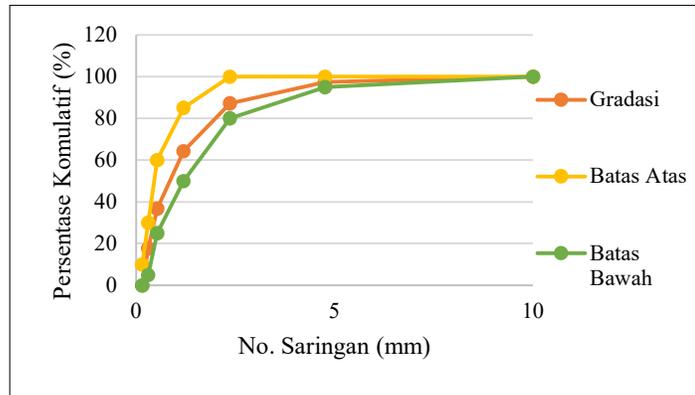
**Tabel 3.** Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus

No Saringan	Tertinggal		Kumulatif	
	Berat (g)	%	Tertinggal (%)	Lolos (%)
3/8"	0	0,00	0,00	100,00
no.4	20	2,21	2,21	97,79
no.8	98	10,85	13,07	86,93
no.16	217	24,03	37,10	62,90
no.30	258	28,57	65,67	34,33
no.50	177	19,60	85,27	14,73
no.100	133	14,73	100,00	0,00
Pan	97			
Jumlah	1000		303,32	

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Modulus Halus (FM) =  $303,32 / 100 = 3,03$

Berikut merupakan grafik gradasi yang diperoleh dari tabel 4.2 yang sudah memenuhi syarat ASTM C-33.



**Gambar 2.** Grafik Gradasi Pasir

### 4.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Ada beberapa pengujian yang dilakukan pada agregat kasar yaitu pengujian kadar lumpur, kadar air, berat jenis, penyerapan dan modulus halus.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Agregat Kasar

Nama Pengujian	Hasil Pengujian	Standar SNI	Keterangan
Kadar Air (%)	1,01	Maksimal 5%	Memenuhi Syarat
Kadar Lumpur (%)	0,4	Maksimal 1%	Memenuhi Syarat
Berat Jenis	2,433	2,3 – 2,9 (g/cm <sup>3</sup> )	Memenuhi Syarat
Penyerapan (%)	2,02	-	
Modulus Halus (FM) (%)	4,55	3% – 5%	Memenuhi Syarat

Sumber : Hasil Analisis, 2022

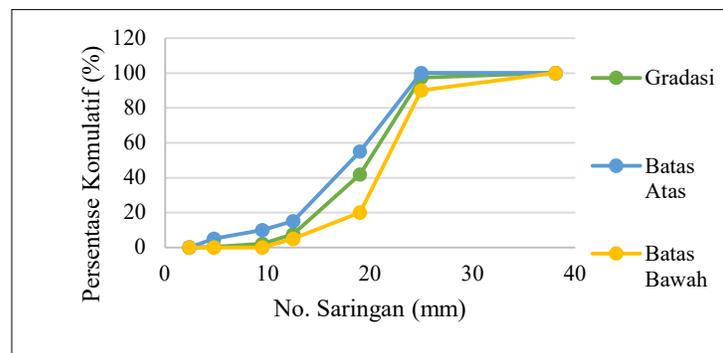
**Tabel 5.** Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar

No Saringan	Tertinggal		Kumulatif	
	Berat (g)	%	Tertinggal (%)	Lolos (%)
1 1/2" (38,1 mm)	0	0,00	0,00	100,00
1" (25 mm)	439	4,44	4,44	95,56
3/4" (19mm)	5296	53,55	57,99	42,01
1/2" (12,7mm)	3570	36,10	94,08	5,92
3/8" (9,5 mm)	468	4,73	98,82	1,18
no. 4 (4,75mm)	106	1,07	99,89	0,11
no. 8 (2,36mm)	11	0,11	100,00	0,00
Pan	99			
Jumlah	9989		455,22	

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Modulus Halus (FM) =  $455,22 / 100 = 4,55$

Berikut di bawah ini merupakan grafik gradasi agregat kasar yang diperoleh dari tabel 4.4 yang sudah memenuhi syarat ASTM C-33.

**Gambar 3.** Grafik Gradasi Agregat Kasar (Kerikil)

### 4.3 Hasil Pengujian dan Analisis Data

#### 1. Hasil Pengujian Slump

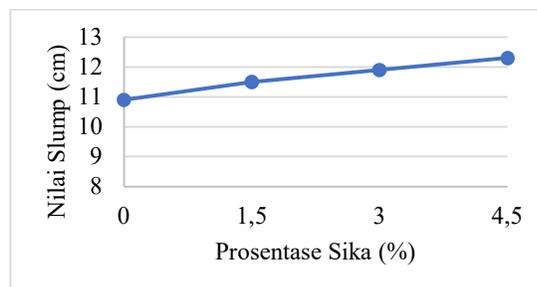
Pengujian slump menggunakan kerucut abrams dengan ukuran diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm. Pada setiap perlakuan campuran adukan beton dilakukan pengujian slump yang bertujuan untuk mengetahui tingkat workabilitas dari campuran beton. Berikut merupakan tabel hasil pengujian slump pada setiap campuran beton.

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Slump

Komposisi	Sika (%)	Slump (cm)
1 PC : 2 PS : 3 KR	0	10,9
	1,5	11,5
	3	11,9
	4,5	12,3

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Di bawah ini merupakan grafik nilai slump yang diperoleh dari tabel 4.5

**Gambar 4.** Grafik Nilai Slump Pada Setiap Perlakuan

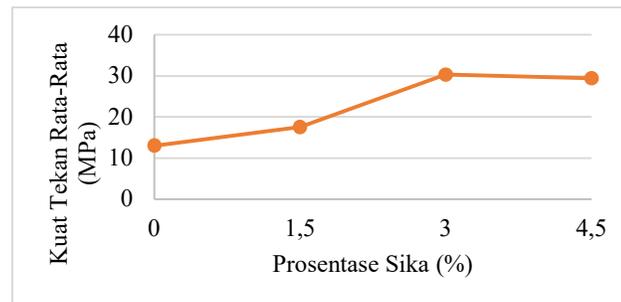
## 2. Perhitungan Kuat Tekan

**Tabel 7.** Perhitungan Kuat Tekan Pada Setiap Perlakuan

No	Komposisi	Kode Beton	Berat (Kg)	P (KN)	P (N)	fc (MPa)	fc <sub>r</sub> (MPa)
1	1 PC : 2 PS : 3 KR	A1 0%	12,2	260	260000	14,72	13,02
2		A2 0%	12,1	240	240000	13,59	
3		A3 0%	12,2	220	220000	12,46	
4		A4 0%	12,1	230	230000	13,02	
5		A5 0%	12,2	200	200000	11,32	
6	1 PC : 2 PS : 3 KR : 1,5% SK	A1 1,5% SK	12,2	260	260000	14,72	17,55
7		A2 1,5% SK	12,2	300	300000	16,99	
8		A3 1,5% SK	12,3	305	305000	17,27	
9		A4 1,5% SK	12,3	345	345000	19,53	
10		A5 1,5% SK	12,3	340	340000	19,25	
11	1 PC : 2 PS : 3 KR : 3% SK	A1 3% SK	12,5	525	525000	29,72	30,29
12		A2 3% SK	12,5	580	580000	32,84	
13		A3 3% SK	12,5	600	600000	33,97	
14		A4 3% SK	12,4	520	520000	29,44	
15		A5 3% SK	12,4	450	450000	25,48	
16	1 PC : 2 PS : 3 KR : 4,5% SK	B1 S 4,5%	12,5	545	545000	30,86	29,38
17		B2 S 4,5%	12,3	525	525000	29,72	
18		B3 S 4,5%	12,4	490	490000	27,74	
19		B4 S 4,5%	12,5	565	565000	31,99	
20		B5 S 4,5%	12,5	470	470000	26,61	

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Dari Tabel 7 di atas diperoleh grafik kuat tekan rata-rata pada setiap perlakuan.

**Gambar 5.** Grafik Kuat Tekan Rata-rata

## 3. Perhitungan Berat Volume Beton

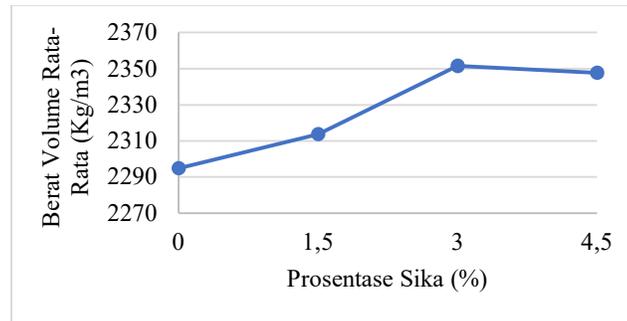
**Tabel 8.** Perhitungan Berat Volume

Komposisi	Kode Beton	Berat (Kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Berat Volume Rata-Rata (Kg/m <sup>3</sup> )
1 PC 2 PS : 3 KR	A1 0%	12,2	2302,43	2294,88
	A2 0%	12,1	2283,56	
	A3 0%	12,2	2302,43	
	A4 0%	12,1	2283,56	
	A5 0%	12,2	2302,43	
1 PC : 2 PS : 3 KR : 1,5% SK	A1 1,5% SK	12,2	2302,43	2313,75
	A2 1,5% SK	12,2	2302,43	
	A3 1,5% SK	12,3	2321,30	
	A4 1,5% SK	12,3	2321,30	
	A5 1,5% SK	12,3	2321,30	
1 PC : 2 PS : 3 KR : 3% SK	A1 3% SK	12,5	2359,05	2351,50
	A2 3% SK	12,5	2359,05	
	A3 3% SK	12,5	2359,05	
	A4 3% SK	12,4	2340,17	
	A5 3% SK	12,4	2340,17	
	B1 S 4,5%	12,5	2359,05	2347,72

Komposisi	Kode Beton	Berat (Kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Berat Volume Rata-Rata (Kg/m <sup>3</sup> )
1 PC : 2 PS : 3 KR : 4,5% SK	B2 S 4,5%	12,3	2321,30	
	B3 S 4,5%	12,4	2340,17	
	B4 S 4,5%	12,5	2359,05	
	B5 S 4,5%	12,5	2359,05	

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Dari tabel 4.7 diperoleh grafik berat volume rata-rata seperti di bawah ini:



Gambar 6. Grafik Berat Volume Rata-rata

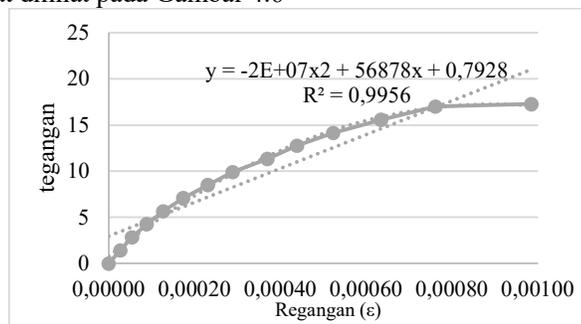
#### 4. Hasil Pengujian dan Analisis Modulus Elastisitas Beton

Data yang diperoleh dari pembacaan dial gauge selanjutnya digunakan untuk menghitung tegangan dan regangan yang terjadi pada setiap pembebanan.

Tabel 9. Pengujian modulus elastisitas benda uji A3 1,5% SK  
Komposisi 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr 1,5% SK Kode A3

Gaya Tekan (kN)	Pembacaan Dial	$\Delta L$ (mm)	Regangan ( $\epsilon$ )	Tegangan ( $\sigma$ )
0	0	0	0	0
25	7	0,007	0,00003	1,41543
50	14	0,014	0,00005	2,83086
75	23	0,023	0,00009	4,24628
100	33	0,033	0,00013	5,66171
125	45	0,045	0,00017	7,07714
150	60	0,06	0,00023	8,49257
175	75	0,075	0,00029	9,90800
200	96	0,096	0,00037	11,32343
225	114	0,114	0,00044	12,73885
250	136	0,136	0,00052	14,15428
275	165	0,165	0,00063	15,56971
300	198	0,198	0,00076	16,98514
305	256	0,256	0,00098	17,26822

Dari Tabel 4.8 diperoleh grafik yang menggambarkan hubungan regangan dan tegangan pada beton yang dapat dilihat pada Gambar 4.6

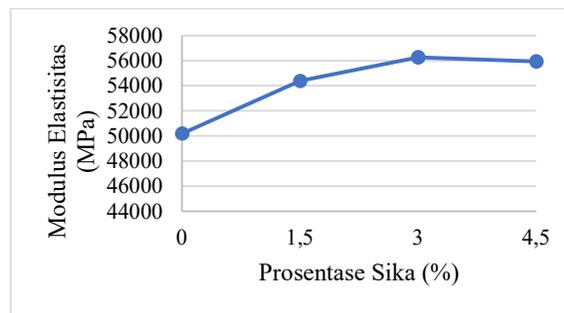


Gambar 7. Grafik Modulus Elastisitas Benda Uji A3 1,5% SK

**Tabel 10.** Perhitungan Modulus Elastisitas

Komposisi	Kode Beton	Tegangan ( $\sigma_2$ )	Regangan ( $\epsilon_2$ )	Tegangan ( $\sigma_1$ )	Regangan ( $\epsilon_1$ )	EC (MPa)	EC Rata-Rata (MPa)
1 PC : 2 PS : 3 KR	A2 0%	5,44	0,00011	2,19	0,00005	50230,2	50197,4
	A3 0%	4,98	0,00011	2,20	0,00005	46634,2	
	A4 0%	5,21	0,00011	2,12	0,00005	53727,6	
1 PC : 2 PS : 3 KR : 1,5% SK	A3 1,5% SK	6,91	0,00011	3,63	0,00005	56562,2	54391,3
	A4 1,5% SK	7,81	0,00014	3,05	0,00005	50976,3	
	A5 1,5% SK	7,70	0,00012	3,84	0,00005	55635,4	
1 PC : 2 PS : 3 KR : 3% SK	A1 3% SK	11,89	0,00022	2,78	0,00005	53687,3	56286,5
	A3 3% SK	13,59	0,00022	3,72	0,00005	57763,2	
	A4 3% SK	11,78	0,00021	2,79	0,00005	57408,9	
1 PC : 2 PS : 3 KR : 4,5% SK	B1 S 4,5%	12,34	0,00021	4,00	0,00005	51958,7	55933,3
	B2 S 4,5%	11,89	0,00020	3,21	0,00005	57698,7	
	B4 S 4,5%	12,80	0,00024	1,80	0,00005	58142,4	

Sumber : Hasil Analisis, 2022

**Gambar 8.** Grafik Modulus Elastisitas

#### 4.4 Pembahasan

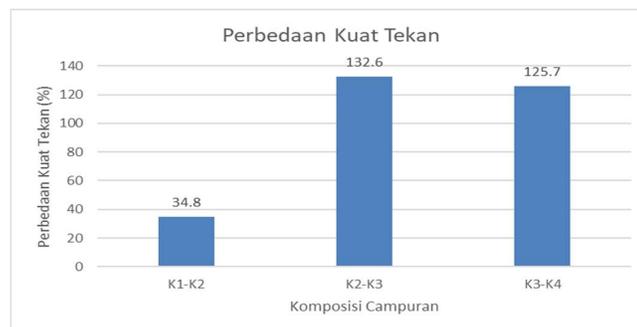
##### 1. Kuat Tekan

Dilihat dari hasil penelitian ini, pengaruh zat admixture sika sebagai bahan tambah terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Kenaikan Kuat Tekan Rata-Rata Pada Setiap Komposisi

Komposisi	Fcr (MPa)	Persentase Kenaikan (%)
1 1 PC : 2 PS : 3 KR	13,02	0,0
2 1 PC : 2 PS : 3 KR : 1,5% SK	17,55	34,8
3 1 PC : 2 PS : 3 KR : 3% SK	30,29	132,6
4 1 PC : 2 PS : 3 KR : 4,5% SK	29,38	125,7

Berikut merupakan gambar grafik kenaikan kuat tekan pada setiap campuran terhadap beton normal.

**Gambar 9.** Grafik Kenaikan Kuat Tekan Rata-rata

Dari Tabel 11 Jika dibandingkan dengan kuat tekan rata-rata untuk komposisi campuran tanpa zat admixture sika yaitu pada saat penambahan sika 1,5% terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 34,8 %, penambahan sika 3% terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 132,6% dan penambahan sika 4,5% terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 125,7%.

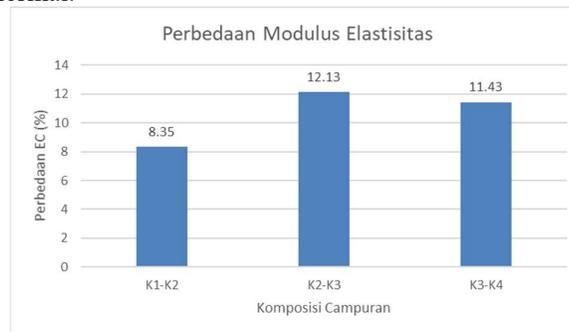
## 2. Modulus Elastisitas

Pengaruh zat admixture sika sebagai bahan tambah terhadap nilai modulus elastisitas beton dapat dilihat pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Kenaikan Modulus Elastisitas Rata-rata Setiap Campuran

	Komposisi	EC Rata-Rata (Mpa)	Perbedaan Modulus Elastisitas (%)
1	1 PC : 2 PS : 3 KR	50197,4	0
2	0,95 PC : 2 PS : 3 KR : 0,5 AVGS	54391,3	8,35
3	0,90 PC : 2 PS : 3 KR : 0,10 AVGS	56286,5	12,13
4	0,85 PC : 2 PS : 3 KR : 0,15 AVGS	55933,3	11,43

Berikut merupakan gambar grafik kenaikan modulus elastisitas pada setiap campuran terhadap beton normal.

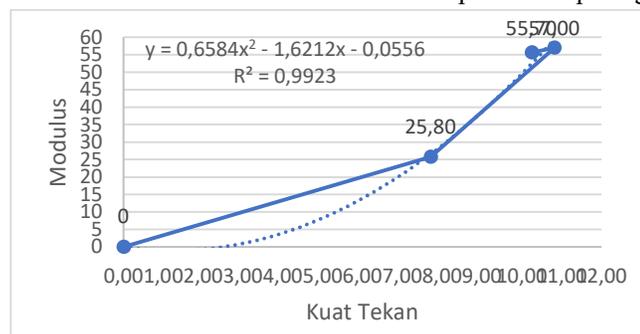


**Gambar 10.** Grafik Kenaikan Modulus Elastisitas Rata - Rata

Dari tabel 4.11 jika dibandingkan dengan modulus elastisitas rata-rata beton normal yaitu pada saat penambahan sika 1,5% terjadi kenaikan modulus elastisitas sebesar 8,35%, penambahan sika 3% terjadi kenaikan modulus elastisitas sebesar 12,13% dan penambahan sika 4,5% terjadi kenaikan modulus elastisitas sebesar 11,43%.

## 3. Perbandingan Kuat Tekan dan Modulus

Hubungan antara nilai hasil kuat tekan dan modulus dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



**Gambar 11.** Grafik Hubungan Perbandingan Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas

## 5. PENUTUP

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu Penambahan zat admixture sika pada campuran beton dengan prosentase 1,5%, 3% dan 4,5%, kuat tekan mengalami kenaikan sebesar 34,8%, 132,6%, dan 125,7% terhadap kuat tekan beton normal; dan Penambahan zat admixture sika pada campuran beton dengan prosentase 1,5%, 3%

dan 4,5%, modulus elastisitas mengalami kenaikan sebesar 8,35%, 12,13% dan 11,43% terhadap modulus elastisitas beton normal. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran yang bertujuan untuk mengembangkan penelitian ini lebih lanjut. Adapun saran yang perlu dikembangkan dari penelitian ini yaitu Perlu dilakukan penelitian menggunakan prosentase zat admixture yang berbeda yaitu 0,5%, 1%, 1,5% dan 2%, 3,5%, dan 4% untuk mengetahui nilai optimum penggunaan sikacim; Perlu melakukan penelitian menggunakan jenis tipe semen yang berbeda, seperti semen tiga roda dan lainnya untuk mengetahui perbandingannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Rizki and N. Nadia, "Studi Kuat Tekan Beton Normal Dengan Abu Gunung Kelud Sebagai Bahan Aditif Pengganti Semen," *Konstruksia*, vol. 6, no. 2, 2015.
- [2] A. Setiawan, "Perancangan struktur beton bertulang berdasarkan SNI 2847: 2013," *Jakarta: Erlangga*, vol. 301, 2016.
- [3] W. Wahyudi, I. Irwan, and N. Nurmaidah, "Pengaruh Pemadatan Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan K 175," *Journal Of Civil Engineering Building And Transportation*, vol. 1, no. 1, pp. 37–53, 2017.
- [4] W. A. Prakayuda, A. Halim, and C. Aditya, "Pengaruh Penambahan Damdex Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton," *Bouwplank*, vol. 1, no. 2, 2021.
- [5] L. Widodojoko, "Pengaruh Sifat Kimia Terhadap Unjuk Kerja Mortar," *Jurnal Teknik Sipil UBL*, vol. 1, no. 1, 2010.
- [6] M. Zardi, C. Rahmawati, and T. K. Azman, "Pengaruh Persentase Penambahan Sika Viscocrete-10 Terhadap Kuat Tekan Beton," *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, vol. 2, no. 1, pp. 13–24, 2016.
- [7] F. P. Pane, H. Tanudjaja, and R. S. Windah, "Penguujian kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton," *Jurnal sipil statik*, vol. 3, no. 5, 2015.
- [8] K. W. Day, J. Aldred, and B. Hudson, *Concrete mix design, quality control and specification, fourth edition*. 2013. doi: 10.1201/b15624.
- [9] B. Sujatmiko, "Teknologi Beton dan Bahan Bangunan," 2019.
- [10] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 15-2049-2004 Semen Portland," *SNI 15-2049-2004 Semen Portland*, vol. 10, no. 1, pp. 5–14, 2002, doi: 10.1891/jnum.10.1.5.52550.
- [11] F. N. Riski, "Studi Kuat Tekan Beton Normal Dengan Abu Gunung Kelud Sebagai Bahan Adiktif Pengganti Semen," *Jurnal Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta*, pp. 41–47, 2015.
- [12] M. M. M. Pade, E. J. Kumaat, H. Tanudjaja, and R. Pandaleke, "Pemeriksaan Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Beragregat Kasar Batu Ringan Ape Dari Kepulauan Talaud," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 1, no. 7, 2013.
- [13] S. N. Indonesia, "Metode uji partikel ringan dalam agregat (ASTM C 123-03, IDT.)," 2012.
- [14] D. Hadiyana and S. Nisumanti, "Penggunaan Sika Viscocrete 3115 Id Untuk Memudahkan Pengerjaan (Workability Beton Mutu Tinggi K. 350 Dan Kuat Tekan Beton)," *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, vol. 4, no. 3, pp. 107–113, 2017.
- [15] R. R. S. Riwayati and R. Habibi, "Pengaruh Penambahan Zat Aditif Sika Viscocrete Terhadap Kuat Tekan Mutu Beton K-300 Umur 14 Hari," *Jurnal Tekno Global*, vol. 9, no. 2, 2020.

**ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN PONDASI BORE PILE DAN SPUN  
TERHADAP METODE PELAKSANAAN DAN RENCANA ANGGARAN  
BIAYA PADA PEMBANGUNAN JEMBATAN TOL  
(Studi Kasus Pada Jembatan Tol Pandaan-Malang STA. 0+225  
Akses Interchange Lawang)**

**Munzaini<sup>1\*</sup>, Agus Tugas Sudjianto<sup>2</sup>, Candra Aditya<sup>3</sup>, Dafid Irawan<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>PT. PP (Persero) Tbk.

<sup>2,3,4</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

\*Email Korespondensi: [munzaini44@gmail.com](mailto:munzaini44@gmail.com)

**ABSTRAK**

Pembangunan jalan tol di Malang, bagian dari wilayah Jawa Timur, menjadi suatu kebutuhan mendesak sebagai respons terhadap pertumbuhan populasi, volume kendaraan, serta meningkatnya aktivitas perniagaan, perdagangan, pariwisata, dan komersial. Studi ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan desain pondasi bore pile dan spun pile, serta dampaknya terhadap metode pelaksanaan dan rencana anggaran biaya pada pembangunan Jembatan Tol Pandaan-Malang STA 0+225 Akses Interchange Lawang. Perumusan pertanyaan penelitian melibatkan perencanaan pondasi dengan menggunakan data borelog, analisis metode pelaksanaan, perhitungan rencana anggaran biaya, dan evaluasi efisiensi desain pondasi bore pile dan spun pile. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain pondasi bore pile memiliki dimensi Ø 1.20m, panjang 16.0m, dan 15 titik tiang, sementara desain pondasi spun pile memiliki diameter Ø 0.60m, panjang 16.0m, dan 40 titik tiang. Waktu penyelesaian tiang bore pile sebanyak 15 titik membutuhkan 5 hari, sedangkan tiang spun pile sebanyak 40 titik dapat diselesaikan dalam 4 hari. Rencana anggaran biaya untuk pondasi bore pile adalah Rp. 497.249.000,-, sedangkan pondasi spun pile adalah Rp. 437.967.000,-. Perbandingan menunjukkan bahwa pondasi spun pile lebih efektif 25% dari segi waktu dan 13.53% lebih efisien dari segi biaya. Dengan demikian, hasil penelitian memberikan kontribusi pada pemahaman yang lebih mendalam terkait optimalisasi desain pondasi dalam konteks pembangunan jalan tol, khususnya pada Jembatan Tol Pandaan-Malang.

**Kata Kunci :** Pondasi *Bore Pile*, Pondasi *Spun Pile*, Metode Pelaksanaan, Rencana Anggaran Biaya, dan Efisiensi Desain Pondasi.

**ABSTRACT**

*The construction of toll roads in Malang, part of the East Java region, is an urgent need in response to population growth, vehicle volume, and increasing business, trade, tourism and commercial activities. This study aims to analyze the comparison of bore pile and spun pile foundation designs, as well as their impact on implementation methods and budget plans for the construction of the Pandaan-Malang STA Toll Bridge. 0+225 Lawang Interchange Access. The formulation of research questions involves foundation planning using borelog data, analysis of implementation methods, calculation of cost budget plans, and evaluation of the efficiency of bore pile and spun pile foundation designs. The research results show that the bore pile foundation design has dimensions of Ø 1.20m, a length of 16.0m, and 15 pile points, while the spun pile foundation design has a diameter of Ø 0.60m, a length of 16.0m, and 40 pile points. The completion time for a 15-point bore pile pile takes 5 days, while a 40-point spun pile pole can be completed in 4 days. The planned cost budget for the bore pile foundation is Rp. 497,249,000,-, while the spun pile foundation is Rp. 437,967,000,-. The comparison shows that the spun pile foundation is 25% more effective in terms of time and 13.53% more efficient in terms of cost. Thus, the research results contribute to a deeper understanding regarding the optimization of foundation design in the context of toll road construction, especially on the Pandaan-Malang Toll Bridge.*

**Keywords:** *Bore Pile Foundation, Spun Pile Foundation, Implementation Method, Budget Plan and Foundation Design Efficiency.*

## 1. PENDAHULUAN

Malang bagian dari wilayah provinsi Jawa Timur yang merupakan daerah tujuan yang memiliki banyak aktivitas perniagaan, perdagangan, pariwisata dan komersial, maka dibutuhkan sarana jalan yang menghubungkan antar daerah. Hal ini diikuti dengan peningkatan jumlah populasi, volume kendaraan dan aktivitas di Malang yang menimbulkan masalah lalu lintas, sosial dan ekonomi yang bergantung pada transportasi jalan raya sehingga muncul masalah karena ketidakseimbangan peningkatan jumlah kendaraan dan pertumbuhan sarana jalan. Pembangunan Jalan tol merupakan alternatif untuk mengatasi hal tersebut. Material konstruksi, desain struktur, dan teknologi konstruksi yang digunakan dalam jembatan tol biasanya dipilih untuk mencapai tingkat keandalan dan daya tahan yang optimal selama masa pakai jembatan tersebut [1]. Jembatan tol sering kali dilengkapi dengan sistem pembayaran tol yang terintegrasi untuk mengelola lalu lintas dan mendukung pemeliharaan infrastruktur jalan tol. Dilihat dari pembahasan untuk perencanaan sebuah pondasi pada jembatan cukup rumit antara lain adanya settlement, perubahan bentuk, dan kekuatan pondasi untuk menahan beban yang ada [2], [3]. Penelitian ini mengangkat materi analisis perbandingan desain pondasi bore pile dan spun pile terhadap metode pelaksanaan dan rencana anggaran biaya pada pembangunan jembatan tol (studi kasus pada jembatan tol Pandaan-Malang STA. 0+225 Akses Interchange Lawang)".

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Jembatan

Jembatan adalah bangunan yang melewati sungai, teluk, atau kondisi-kondisi lain berupa rintangan yang berada lebih rendah sehingga memungkinkan kendaraan, kereta api maupun pejalan kaki melintas dengan lancar dan aman. Desain jembatan mencakup aspek-aspek teknis seperti beban yang diantisipasi, panjang rentang, dan material struktural yang digunakan [4]. Jembatan dapat bervariasi dalam ukuran, bentuk, dan bahan konstruksi, tergantung pada tujuan fungsionalnya dan kondisi lingkungan tempatnya dibangun. Jembatan sebagai prasarana transportasi mempunyai manfaat yang dominan bagi pergerakan lalu lintas [5]. Jembatan adalah istilah umum untuk konstruksi yang dibangun sebagai jalur transportasi yang melintasi sungai, danau, rawa, jurang maupun rintangan lainnya. Jembatan dapat memiliki bentuk seperti jembatan gantung, jembatan pelengkung, jembatan tali, atau jembatan beton biasa, masing-masing memiliki karakteristik dan kegunaannya sendiri. Fungsi jembatan mencakup penghubung antara dua titik, mempermudah transportasi, dan mendukung pertumbuhan ekonomi dan sosial di wilayah tertentu [6].

### 2.2 Pembebanan Jembatan

Menurut Badan Pengatur Jalan Tol [7], [8], dampak atau pengaruh keberadaan suatu infrastruktur jalan dapat menimbulkan dampak positif (manfaat) dan dampak negatif pada masyarakat. Dampak negatif menjadi faktor penghambat infrastruktur jalan, sedangkan dampak positif akan menjadi nilai tambah pada pembangunan atau peningkatan struktur jalan

### 2.3 Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban yang disalurkan dari struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadinya differential settlement pada sistem strukturnya [2], [5]. Untuk memilih tipe pondasi yang memadai, perlu diperhatikan apakah pondasi itu cocok untuk berbagai keadaan di lapangan dan apakah pondasi itu memungkinkan untuk diselesaikan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya [9]. Hal-hal berikut perlu dipertimbangkan dalam pemilihan tipe pondasi:

- a. Keadaan tanah pondasi
- b. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya (upper structure)
- c. Keadaan daerah sekitar lokasi
- d. Waktu dan biaya pekerjaan
- e. Kokoh, kaku dan kuat

## 2.4 Jenis-Jenis Pondasi

Pemilihan jenis pondasi ditentukan oleh beban struktur atas dan keadaan tanah di sekitar bangunan, sedangkan kedalaman pondasi ditentukan oleh letak tanah padat yang mendukung pondasi [10]. Jika bangunan terletak pada tanah miring >10%, maka pondasi bangunan tersebut harus dibentuk tangga dengan bagian bawah dan atas. Pondasi adalah bagian terendah bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya. Adapun jenis-jenis pondasi, antara lain:

### a. Pondasi Dangkal

Adalah pondasi yang digunakan pada kedalaman 0.8 meter – 1 meter, karena daya dukung tanah telah mencukupi. Pondasi dangkal juga sering disebut pondasi langsung. Pondasi langsung dipakai pada kondisi tanah baik, yaitu dengan kekerasan tanah atau  $\Sigma = 2 \text{ Kg / Cm}^2$ , dengan kondisi air tanah cukup dalam

### b. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang kedalamannya lebih dari 2 meter dan biasa digunakan pada bangunan-bangunan bertingkat. Pondasi dalam berfungsi sebagai pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan

### c. Pondasi Bore Pile

Menurut Hardiyatmo H.C (2015), Pondasi bore pile dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, kemudian dimasukkan tulangan yang telah dirangkai ke dalam lubang bor kemudian dicor beton

## 2.5 Metode Dasar More

Ada tiga macam metode dasar untuk bored pile [11] yaitu:

### a. Dry Method

Dalam metode konvensional, tiang bore pile umumnya dibuat dengan cara memboring lubang di tanah menggunakan mesin bor, lalu lubang tersebut diisi dengan campuran beton segar atau grout untuk membentuk tiang. Namun, "dry method" mungkin mencakup penggunaan campuran beton pra-mencampur yang kering, di mana bahan-bahan beton sudah dicampur sebelumnya di pabrik atau lokasi lain, dan kemudian dicurahkan atau dimasukkan ke dalam lubang tanah.

### b. Casing Method

Metode ini digunakan bila kondisi tanah mudah terjadi deformasi ke arah lubang galian, sehingga dapat menutup sebagian dari lubang. Cara ini juga digunakan bila menginginkan untuk menahan aliran air tanah ke dalam lubang, tetapi ujung casing harus dapat mencapai tanah yang kedap (impermeable).

### c. Slurry Method

Metode ini dapat diaplikasikan pada semua situasi penggunaan casing. Slurry di sini juga difungsikan untuk menahan air tanah yang dapat masuk ke dalam lubang. Perlu dicatat dalam metode ini, bahwa kecukupan slurry yang ditandai dengan elevasi slurry (harus ditambah bila kurang), atau dengan menambah densitinya agar dapat memperoleh kekuatan untuk menahan runtuhnya tanah ke dalam lubang bor [12].

## 2.6 Daya Dukung Tiang pada tanah Non Kohesif/Granular

### a. Daya Dukung Ujung Tiang

Daya dukung ujung tiang untuk tanah granuler [13]:

$$Q_b = A_b \cdot p_b' \cdot N_q \dots\dots\dots (1)$$

Dengan,  $p_b'$  = tekanan vertikal efektif pada ujung tiang (kN/m<sup>2</sup>),  $N_q$  = faktor kapasitas dukung,  $A_b$  = luas dasar tiang bor,  $Q_b$  = daya dukung ujung tiang.

b. Daya Dukung Gesek Tiang

Tahanan gesek satuan tiang bor dalam pasir [8]:

$$f_s = \beta \cdot P_o \dots\dots\dots (2)$$

$$\beta = K \cdot \tan \delta \dots\dots\dots (3)$$

Atau koefisien  $\beta$  juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang disarankan oleh Reese dan O'Neill (1989):

$$\beta = 1,5 - 0,245\sqrt{z} \text{ dengan } 0,25 \leq \beta \leq 1,2 \dots\dots\dots (4)$$

atau

$$\beta = N_{60}/15(1,5 - 0,245\sqrt{z}) \text{ untuk } N_{60} \leq 15 \dots\dots\dots (5)$$

Dengan,  $f_s$  = tekanan gesek satuan ( $\text{kN/m}^2$ ),  $p_o$  = tekanan overburden di tengah-tengah lapisan tanah ( $\text{kN/m}^2$ ), dan  $\delta$  = sudut gesek antara tanah dan tiang, dan

$$Q_s = A_s \cdot \beta \cdot P_o \dots\dots\dots (6)$$

c. Daya Dukung Aksial Tiang [14]

Daya dukung aksial tiang terdiri dari daya dukung ujung dasar tiang dan daya dukung gesek permukaan keliling tiang, dikurangi berat sendiri tiang [10] dirumuskan:

$$Q_u = Q_b + Q_s - W \dots\dots\dots (7)$$

$$Q_{ijin} = (Q_b + Q_s) / F - W \dots\dots\dots (8)$$

Dengan,  $Q_u$  = Daya dukung batas tiang,  $Q_b$  = Daya dukung batas dasar tiang,  $Q_s$  = Daya dukung batas gesekan tiang,  $F$  = Faktor keamanan tiang ( $F = 3$ ), dan  $W$  = Berat sendiri.

## 2.7 Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan rincian biaya yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dalam proyek konstruksi, sehingga diperoleh estimasi biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut [15].

a. Persiapan dan Pengecekan Gambar Kerja

Gambar Kerja adalah dasar untuk menentukan pekerjaan apa saja yang ada dalam komponen bangunan yang akan dikerjakan. Dari gambar akan didapatkan ukuran, bentuk dan spesifikasi pekerjaan. Pastikan gambar mengandung semua ukuran dan spesifikasi material yang akan digunakan untuk mempermudah perhitungan volume pekerjaan. Dari gambar yang ada di sini sudah memulai membahas item pekerjaan apa saja yang akan dihitung dalam pembuatan RAB. Dalam tahap persiapan ini perlu juga dilakukan pengecekan harga-harga material dan upah yang ada di sekitar atau lokasi paling dekat dengan tempat bangunan yang akan dikerjakan.

b. Perhitungan Volume

Langkah awal untuk menghitung volume pekerjaan, yang perlu dilakukan adalah mengurutkan seluruh item dan komponen pekerjaan yang akan dilaksanakan sesuai dengan gambar kerja yang ada. Jika seluruh item pekerjaan sudah tertuang, selanjutnya mulai menghitung volume masing-masing volume pekerjaan tersebut. Untuk format sederhana dan memudahkan perhitungan, dapat dikerjakan dalam format Excel. Suatu hal yang perlu diperhitungkan adalah satuan pekerjaan yang dihitung harus sama dengan analisa harga satuan pekerjaan.

c. Membuat Harga Satuan Pekerjaan

Untuk menghitung Harga Satuan Pekerjaan, yang perlu dipersiapkan adalah:

- 1) Indeks (koefisien) analisa pekerjaan
- 2) Harga Material/ Bahan sesuai satuan
- 3) Harga upah kerja per hari termasuk mandor, kepala tukang, tukang dan pekerja

d. Perhitungan Jumlah Biaya Pekerjaan

Perhitungan jumlah biaya pekerjaan (Cost Estimation) merupakan langkah kunci dalam menyusun Rekapitulasi Anggaran Biaya (RAB) pada proyek konstruksi. Perhitungan jumlah biaya pekerjaan merupakan langkah kunci dalam manajemen anggaran proyek dan diperlukan untuk memastikan alokasi dana yang memadai dan efektif selama pelaksanaan proyek konstruksi

e. Rekapitulasi RAB

Rekapitulasi adalah jumlah masing-masing sub item pekerjaan dan kemudian ditotalkan sehingga didapatkan jumlah total biaya pekerjaan. Dalam rekapitulasi ini bilamana diperlukan juga ditambahkan biaya overhead dan biaya pajak. Rekapitulasi Anggaran Biaya (RAB) adalah suatu ringkasan atau gambaran keseluruhan dari estimasi biaya proyek konstruksi. RAB memuat daftar rinci dari seluruh pekerjaan yang akan dilakukan, serta estimasi biaya yang terkait dengan setiap pekerjaan tersebut. Dalam RAB, setiap pekerjaan atau bagian proyek diberi nomor urut, deskripsi pekerjaan, volume atau luas, satuan, harga satuan, dan total biaya.

### 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan langkah yang dimiliki dan dilakukan oleh peneliti dalam rangka untuk mengumpulkan informasi atau data serta melakukan investigasi pada data yang telah didapatkan. Melalui metode penelitian, maka didapatkan gambaran rancangan penelitian yang meliputi prosedur dan langkah-langkah yang harus ditempuh, waktu penelitian, sumber data, dan bagaimana memperoleh datanya untuk selanjutnya diolah dan dianalisis.

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian yang dilakukan pada penulisan berikut adalah studi kasus pada proyek Jembatan Tol Pandaan-Malang, tepatnya pada Under Bridge STA.0+225 yang merupakan akses jalan interchange menuju Lawang. Jembatan ini dibangun sebagai jembatan perlintasan dengan rel kereta api.

#### 3.2 Data Perencanaan

Data primer adalah informasi yang diperoleh secara langsung dari sumber pertama atau yang baru dikumpulkan untuk tujuan tertentu. Data ini merupakan data penelitian yang didapat secara langsung berasal dari lapangan. Sedangkan data sekunder merupakan data penelitian yang didapat dari konsultan perencana berupa data desain perencanaan maupun literatur-literatur buku pedoman yang sudah ada maupun data penelitian sebelumnya.

#### 3.3 Metode Pelaksanaan

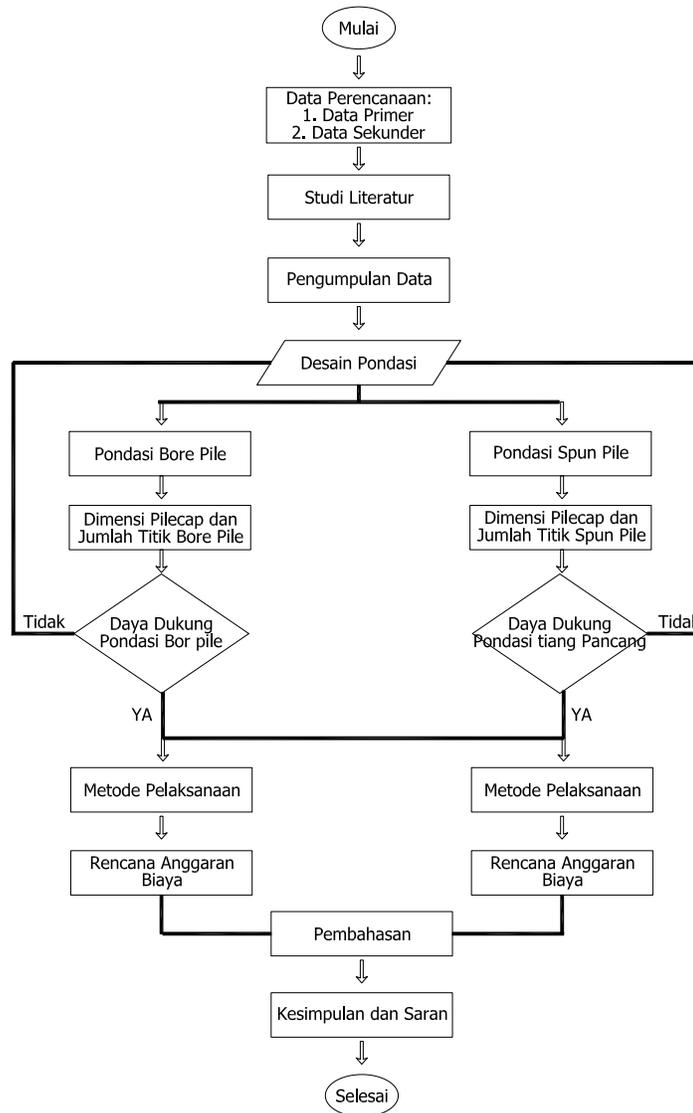
Urutan metode ini antara lain persiapan pekerjaan, mobilisasi material dan pelaksanaan lapangan.

#### 3.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Hal ini diperlukan untuk menghitung biaya proyek sesuai desain yang ada, sehingga diperlukan perhitungan analisa antara lain:

- a. Harga satuan pekerjaan
- b. Harga satuan upah
- c. Harga satuan bahan material
- d. Harga sewa alat pendukung
- e. Perhitungan volume
- f. Daftar harga satuan pekerjaan
- g. Daftar Rencana Anggaran Biaya (RAB)

### 3.5 Diagram Alur (Flowchart) Perancangan Pondasi

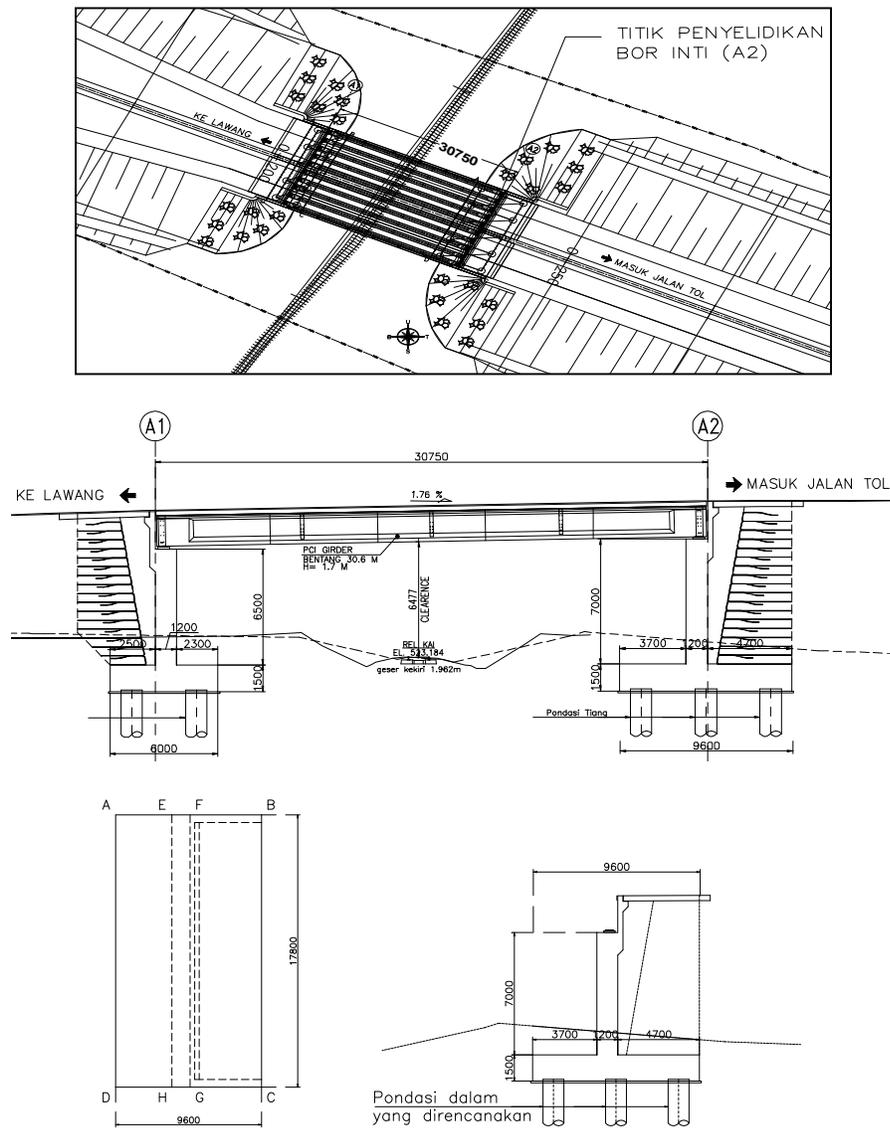


**Gambar 1.** Diagram Alur Penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan pada penulisan berikut adalah studi kasus pada proyek Jembatan Tol Pandaan-Malang, tepatnya pada Under Bridge STA.0+225 yang merupakan akses jalan interchange menuju Lawang. Jembatan ini dibangun sebagai jembatan perlintasan dengan rel kereta api. Struktur jembatan tersebut terdiri dari 2 komponen. Struktur atas (superstructure) berupa material beton PCI Girder dengan bentang girder 30,75 meter dan tinggi 1,7 meter. Sedangkan untuk struktur bawahnya (substructure) berupa wingwall abutment beton bertulang dengan tinggi 8,5 meter (peletakan girder sampai dengan galian slab pondasi) yang dibangun dengan pondasi dalam. Dalam penulisan ini difokuskan pada bagaimana merencanakan pondasi dalam tersebut dengan material tiang bor (bored piles) yang kemudian dibandingkan dengan perencanaan menggunakan sistem tiang pancang (spun piles). Kedua alternatif perencanaan pondasi ini dinilai bagaimana tingkat efisien dan efektivitasnya. Penilaian yang dimaksud adalah dari segi perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) maupun dari segi Metode Pelaksanaan Konstruksinya.

### 4.1 Data Gambar Perencanaan Jembatan



Gambar 2. Detail Perencanaan Jembatan

### 4.2 Perencanaan Pondasi Dalam

#### Perencanaan Tiang Bor

Diameter Tiang Bor (d)	=	1.2	m	
Panjang (L)	=	16	m	
Jenis Tanah	=	0	s/d	-4 Tanah Lempung (Kohesif)
	=	-4	s/d	-16 Lanau Kepsiran (Kohesif)
Volume Beton ( $\gamma$ beton)	=	25	$\text{kN/m}^3$	
Beban kelompok tiang	=	19223	kN	
Jumlah tiang bor (n)	=	15	buah	
Beban per tiang bor ( $V_u$ )	=	1282	kN/buah	

### Perhitungan

Hitungan dilakukan dengan metode Skempton (1966)

$$\begin{aligned} \text{Luas dasar Tiang Bor } Ab &= 0.25 \times \pi \times 1.2^2 = 1.13 \text{ m}^2 \\ \text{Keliling Tiang Bor } \pi \cdot d &= \pi \times 1.2 = 3.768 \text{ m} \\ \text{Berat sendiri Tiang Bor } Wp &= \text{volume tiang} \times \gamma \text{ beton} \\ &= 1.13 \times 16 \times 25 = 452.16 \text{ kN} \end{aligned}$$

**Tabel 1.** Perhitungan Gaya Gesek Ultimit (Qs) Metode Skempton

Kedalaman (m)	Cu* (kPa)	0.45 Cu (kPa)	Keliling (m <sup>2</sup> )	Qs (kN)
0 - 2	68.00	30.60	7.536	230.60
2 - 4	64.00	28.80	7.536	217.04
4 - 6	240.00	108.00	7.536	813.89
6 - 8	28.00	12.60	7.536	94.95
8 - 10	240.00	108.00	7.536	813.89
10 - 12	44.00	19.80	7.536	149.21
12 - 14	120.00	54.00	7.536	406.94
14 - 16	132.00	59.40	7.536	447.64
$\Sigma Qs$				3174.16

Sumber : Hasil perhitungan

### 4.3 Perencanaan Tiang Pancang

#### Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Luas dasar Tiang Pancang } Ab &= 0.3 \times \pi \times 0.6^2 = 0.28 \text{ m}^2 \\ \text{Keliling Tiang } \pi \cdot d &= \pi \times 0.6 = 1.88 \text{ m} \\ \text{Berat sendiri Tiang } Wp &= \text{volume tiang} \times \gamma \text{ beton} \\ &= 0.28 \times 16 \times 25 = 113 \text{ kN} \end{aligned}$$

**Tabel 2.** Perhitungan Tahanan Gesek (Qs) Metode  $\alpha$

Kedalaman (m)	$\alpha$	Cu (kPa)	As = Keliling x d (m <sup>2</sup> )	Qs (kN)
0 - 2	0.55	68.00	3.77	140.92
2 - 4	0.57	64.00	3.77	137.46
4 - 6	0.30	240.00	3.77	271.30
6 - 8	0.95	28.00	3.77	100.23
8 - 10	0.30	240.00	3.77	271.30
10 - 12	0.78	44.00	3.77	129.32
12 - 14	0.35	120.00	3.77	158.26
14 - 16	0.30	132.00	3.77	149.21
$\Sigma Qs$				1357.99

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 3.** Perhitungan Tahanan Gesek (Qs) Metode US. Army Corps.

Kedalaman (m)	Cu (kPa)	Cu (t/ft <sup>2</sup> )	$\alpha$	fs	As = Keliling x d (m <sup>2</sup> )	Qs (kN)
0 - 2	68.00	0.6	0.55	37.40	3.77	140.92
2 - 4	64.00	0.6	0.55	35.20	3.77	132.63
4 - 6	240.00	2.3	0.50	120.00	3.77	452.16
6 - 8	28.00	0.3	0.80	22.40	3.77	84.40
8 - 10	240.00	2.3	0.50	120.00	3.77	452.16
10 - 12	44.00	0.4	0.70	30.80	3.77	116.05
12 - 14	120.00	1.1	0.50	60.00	3.77	226.08
14 - 16	132.00	1.2	0.50	66.00	3.77	248.69
$\Sigma$ Qs						<b>1853.10</b>

Nilai Qb diambil terkecil dari kedua metode didapatkan :

Qb metode a = 1357.99 kN

Qb metode US Army Corps. = 1853.10 kN

Qb dipakai (minimum) = 1357.99 kN

#### 4.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

**Tabel 4.** Rekapitulasi RAB Pekerjaan Pondasi Dalam jembatan STA +225

No	Alternatif Pekerjaan Pondasi Jembatan STA 0+225	Dimensi dan Jumlah	Rencana Anggaran Biaya (RP)
1	Tiang Bor (Bor Pile)	$\phi$ . 1,2 meter 15 Buah	497.249.000,-
2	Tiang Pancang (Spun Pile)	$\phi$ . 0,6 meter 40 Buah	437.967.000,-
Selisih			59.282.000,-
Prosentase Selisih (Efisiensi)			13,53%

Sumber: Hasil Perhitungan

Dengan demikian didapatkan nilai Rencana Anggaran Biaya (RAB), bahwa Tiang Pancang lebih efisien daripada Tiang Bor dengan tingkat efisiensi **13.53%**.

#### 5. PENUTUP

Dari penelitian yang diperoleh, sehingga diambil kesimpulan yaitu desain pondasi bore pile dengan dimensi  $\phi$  1.20m, panjang 16.0m, dan jumlah tiang bore pile 15 titik, kemudian untuk desain pondasi spun pile dengan diameter  $\phi$  0.60m, panjang 16.0m, dan jumlah tiang spun pile 40 titik. Waktu penyelesaian pekerjaan tiang bore pile dengan jumlah 15 titik dapat diselesaikan dalam 5 hari dan tiang spun pile dengan jumlah 40 titik dapat diselesaikan dalam 4 hari. Pekerjaan tiang pancang bore pile didapatkan rencana anggaran biaya sebesar Rp. 497.249.000,- dan untuk tiang pancang spun pile Rp. 437.967.000,-. Perbandingan pekerjaan dari segi waktu dan biaya, didapatkan bahwa pondasi tiang pancang spun pile lebih efektif 25% dari segi waktu, dan 13.53% lebih efisien dari segi biaya.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Najah and D. Pontan, "Identifikasi Peringkat Faktor Penyebab Keterlambatan Konstruksi Pada Pelaksanaan Pembangunan Jalan Tol," *Seminar Nasional Cendekiawan*, vol. Buku 1, 2018.

[2] J. E. Bowles, *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1*. 1997.

[3] J. E. Bowles, *Analisis Dan Desain Pondasi Jilid 2 Edisi Keempat*, vol. 2. 2005.

[4] Ira Modifa, D. S. Saragih, V. E. Purba, N. M. Sianturi, and Dinarto, "Analisis Manajemen Proyek Pondasi Bored Pile Pada Pembangunan Jembatan Bahbolon Pada

- Ruas Jalan Tol Tebing Tinggi – Pematang Siantar Sta 57 + 170,” *Jurnal Santeksipil*, vol. 4, no. 2, 2023, doi: 10.36985/jsl.v4i2.946.
- [5] E. Sukmadiansyah and K. Rini Ratnayanti, “Kajian Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Jembatan Tol Becakayu,” *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, no. September, 2021.
- [6] H. Susanto and A. Setiyono, “Penyesuaian Konsep Desain Struktur Jembatan Tol Sidoarjo - Porong dengan Menggunakan Konsep Desain Slab On Pile,” *Seminar Keinsinyuran Program Studi Program Profesi Insinyur*, vol. 3, no. 1, 2023, doi: 10.22219/skpsppi.v3i1.7718.
- [7] S. Muljono, I. Toll, R. Authority, H. P. Siahaan, I. Toll, and R. Authority, “Standard Operating Procedures of the Integrated Design and Build Toll Road Construction in Indonesia,” *Standard Operating Procedures of the Integrated Design and Build Toll Road Construction in Indonesia*, vol. 4, no. 2, 2018.
- [8] H. C. Hardiyatmo, *Analisis dan Perancangan Fondasi I (3rd ed)*. 2014.
- [9] U. Nurul Fadilah, H. Tunafiah, and I. Halimah Tunafiah, “Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data N-Spt Menurut Rumus Reese&Wright Dan Penurunan,” *Jurnal IKRA-ITH Teknologi*, vol. 2, no. 3, 2018.
- [10] H. C. Hardiyatmo, *Analisis dan Perancangan Pondasi Bagian II*, vol. 66. 2012.
- [11] A. Wulan, “Pekerjaan Pondasi Bore Pile dan Perhitungan Tulangan Fondasi pada Jalan Tol di Kota Depok,” *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 6, no. 2, 2022.
- [12] P. A. Galeh, “Perencanaan Pondasi Tiang Bor Pada Proyek Gedung Menara Palma,” *Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma*.
- [13] I. Nurdiah, B. C. M, and D. Sundary, “Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Bored Pile Menggunakan Data N-SPT dan Hasil PDA Test Pada Jop Proyek Pembangunan Jalan Tol Sigli-Banda Aceh Seksi II,” *Journal of The Civil Engineering Student*, vol. 4, no. 2, 2022, doi: 10.24815/journalces.v4i2.21365.
- [14] M. Chumaidi, “Implementasi Value Based Decision Pada Pemilihan Metode Kerja Ereksi Girder Pada Pekerjaan Jembatan Kali Marmoyo Berdasarkan Kriteria Finansial dan Non-Finansial,” *Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya*, 2017.
- [15] C. Sembiring, “Analisis Perbandingan Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pondasi Spun Pile Dengan Bore Pile Pada Proyek Masjid Agung,” *Jurnal Teknik Sipil*, 2019.

## TINJAUAN OPTIMALISASI WAKTU DAN BIAYA PADA PROYEK KONSTRUKSI PEMBANGUNAN SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM (SPAM) PAMANUKAN

Muhammad Chandra Ridho Alief<sup>1\*</sup>, Dafid Irawan<sup>2</sup>, Muhammad Cakrawala<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

\*Korespondensi Email: [chandararidoi@gmail.com](mailto:chandararidoi@gmail.com)

### ABSTRAK

Proyek SPAM Pamanukan merupakan salah satu proyek SPAM yang dikembangkan di Indonesia. Proyek ini dibangun sepanjang ±13,7 km. Menurut informasi yang dilansir oleh pelita investigasi, pembangunan proyek ini mengalami syarat penyimpangan, yaitu tidak sesuai dengan spesifikasi teknis dan ketentuan yang ada di RAB, padahal keberhasilan suatu proyek dinilai dari kesesuaiannya terhadap perencanaan awal, waktu penyelesaian yang singkat, biaya yang minim dan mutu hasil pekerjaan yang memuaskan. Untuk mencapai itu semua, perlunya peninjauan optimalisasi waktu dan biaya, sehingga dapat dilihat waktu yang maksimum dan biaya yang minimum. Peninjauan optimalisasi waktu dan biaya yang dilakukan di proyek SPAM Pamanukan ini bertujuan untuk menganalisis sejauh mana percepatan maksimum yang dapat dilakukan dengan biaya yang minimum. Peninjauan ini dibantu oleh software Microsoft Project dengan metode Time Cost Trade Off, yang mana metode ini dapat mengetahui percepatan maksimum dan biaya minimum dengan penambahan jam kerja lembur. Setelah dipercepat selama 1 jam kerja didapatkan sebanyak 5% yaitu 114 hari, sedangkan waktu yang dipercepat selama 2 jam didapatkan 8,3% yaitu 110 hari dari waktu normal 120 hari. Biaya yang didapatkan setelah dipercepat 1 jam kerja adalah Rp. 50.348.700.004, sedangkan biaya yang dipercepat selama 2 jam didapatkan biaya Rp. 50.357.637.819 dari biaya normal sebesar Rp. 50.335.496.000.

**Kata Kunci:** Optimalisasi, Microsoft Project dan *Time Cost Trade Off*.

### ABSTRACT

*The Pamanukan SPAM project is one of the SPAM projects developed in Indonesia. This project was built along ± 13.7 km. According to information reported by Pelita Investigations, the construction of this project has deviations, which are not in accordance with the technical specifications and provisions in the RAB, whereas the success of a project is judged by its conformity to the initial planning, short completion time, minimal costs and satisfactory quality of work results. To achieve all of this, it is necessary to review the optimization of time and cost, so that the maximum time and minimum cost can be seen. The time and cost optimization review carried out at the Pamanukan SPAM project aims to analyze the maximum extent of acceleration that can be done at a minimum cost. This review is assisted by Microsoft Project software with the Time Cost Trade Off method, which this method can find out the maximum acceleration and minimum cost with the addition of overtime working hours. After being accelerated for 1 hour of work, it was obtained by 5%, namely 114 days, while the accelerated time for 2 hours was obtained by 8.3%, namely 110 days from the normal time of 120 days. The cost obtained after accelerating 1 hour of work is Rp. 50,348,700,004, while the cost of accelerating 2 hours is Rp. 50,357,637,819 from the normal cost of Rp. 50,335,496,000.*

**Keywords:** Optimization, Microsoft Project and *Time Cost Trade Off*.

## 1. PENDAHULUAN

Air merupakan komponen penting dalam kehidupan manusia. Air dapat terjadi karena adanya siklus yang berasal dari laut, genangan, air permukaan yang berubah menjadi uap, kemudian menjadi awan dan terjadi hujan. Air yang digunakan untuk dikonsumsi atau air minum haruslah air yang bersih, dimana air ini melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum [1]. Salah satu penyediaan air

tersebut adalah SPAM (Sistem Penyediaan Air Minum) yang bertujuan untuk menyediakan, membangun, memperluas, memelihara, mengelola, memantau dan meningkatkan penyediaan air minum kepada masyarakat lebih baik [2]. Pengelolaan SPAM harus berdasarkan prinsip transparansi dan akuntabel sesuai dengan kaidah sistem akuntansi air minum Indonesia. Prinsip-prinsip yang harus dilakukan dalam pengelolaan SPAM yaitu, *Good Corporate Governance* yang artinya adil, terbuka, transparan, bersaing, bertanggung gugat, saling menguntungkan, saling membutuhkan dan saling mendukung. Keberhasilan suatu proyek dinilai dari kesesuaiannya terhadap perencanaan awal [3]. Suatu proyek dapat dikatakan berhasil apabila waktu penyelesaian yang singkat, biaya yang minim dan mutu hasil pekerjaan memuaskan [4]. Apabila suatu proyek tidak sesuai dengan perencanaan awal akan menyebabkan tujuan awal proyek tidak tercapai. Perencanaan dan pengendalian keterbatasan sebuah proyek dapat dilakukan dengan bantuan sebuah software yaitu Microsoft Project. Microsoft Project merupakan sebuah program yang digunakan untuk memperhitungkan jadwal pada suatu proyek secara detail dan terperinci. Program ini juga dapat meninjau kebutuhan sumber daya manusia maupun sumber daya alat dan material. Program ini sangat berguna dalam membantu sebuah proyek untuk merencanakan, menjadwalkan, mengendalikan sebuah proyek, sehingga didapatkan suatu rencana proyek yang baik dan mudah dipahami [5].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Proyek merupakan gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia, material, peralatan, dan modal atau biaya yang dihimpun dalam suatu organisasi sementara untuk mencapai tujuan dan sasaran yang telah ditentukan [6]. Manajemen proyek merupakan penerapan ilmu pengetahuan, keahlian, keterampilan, cara teknik yang terbaik untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal biaya, mutu, waktu dan keselamatan kerja yang menggunakan sumber daya terbatas [7], [8]. Tahapan pelaksanaan suatu proyek, khususnya proyek konstruksi melalui proses yang panjang sehingga dalam setiap tahapannya harus direncanakan dengan sebaik mungkin agar hasil yang didapatkan sesuai dengan yang sudah direncanakan. Menurut Husein [6], penjadwalan proyek merupakan petunjuk tentang kemajuan proyek yang meliputi waktu, biaya, pekerja, peralatan, dan material yang tahap-tahapnya dilaksanakan setelah proses perencanaan. Pada proses penjadwalan tersebut penyusunan kegiatan dan hubungan antar kegiatan dibuat lebih terperinci dan sangat detail yang dimaksudkan untuk membantu pelaksanaan evaluasi proyek [9], [10]. Dengan menggunakan kemampuan komputer maka penyusunan jadwal dapat dilakukan dengan lebih cepat dan teliti. Microsoft Project merupakan program komputer yang bisa dimanfaatkan untuk membuat susunan rencana kerja dalam suatu proyek tim divisi penelitian dan pengembangan MADCOMS pada tahun 2008.

Keterlambatan pada proyek bagi kontraktor dapat menimbulkan pembengkakan biaya pada proyek akibat bertambahnya waktu penyelesaian proyek dan dapat mengakibatkan menurunnya kredibilitas kontraktor untuk masa yang akan datang [11]. Sedangkan keterlambatan bagi pemilik proyek seperti keterlambatan penggunaan atau pengoperasian hasil proyek konstruksi dapat mengakibatkan timbulnya perselisihan dan klaim antar pemilik dan kontraktor [12]. Menurut Wahyudi [13] keterlambatan dibagi menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu:

- a. Keterlambatan yang tidak bisa dimaafkan (*Non Excusable Delays*)
- b. Keterlambatan yang bisa dimaafkan (*Excusable Delays*)
- c. Keterlambatan yang layak mendapat ganti rugi (*Compensable Delays*)

Keterlambatan suatu proyek akan menimbulkan kerugian pada pihak-pihak yang bersangkutan, yaitu:

- a. Pihak kontraktor
- b. Pihak konsultan
- c. Pihak pemilik (*owner*)

Menurut Ervianto [14], proses mempercepat kurun waktu disebut dengan crash program, dimana proses crashing merupakan cara melakukan perkiraan dari variabel cost dalam menentukan pengurangan durasi yang paling maksimal dengan biaya yang paling ekonomis dari kegiatan yang masih mungkin direduksi. Jadi tujuan utama dari program mempersingkat waktu

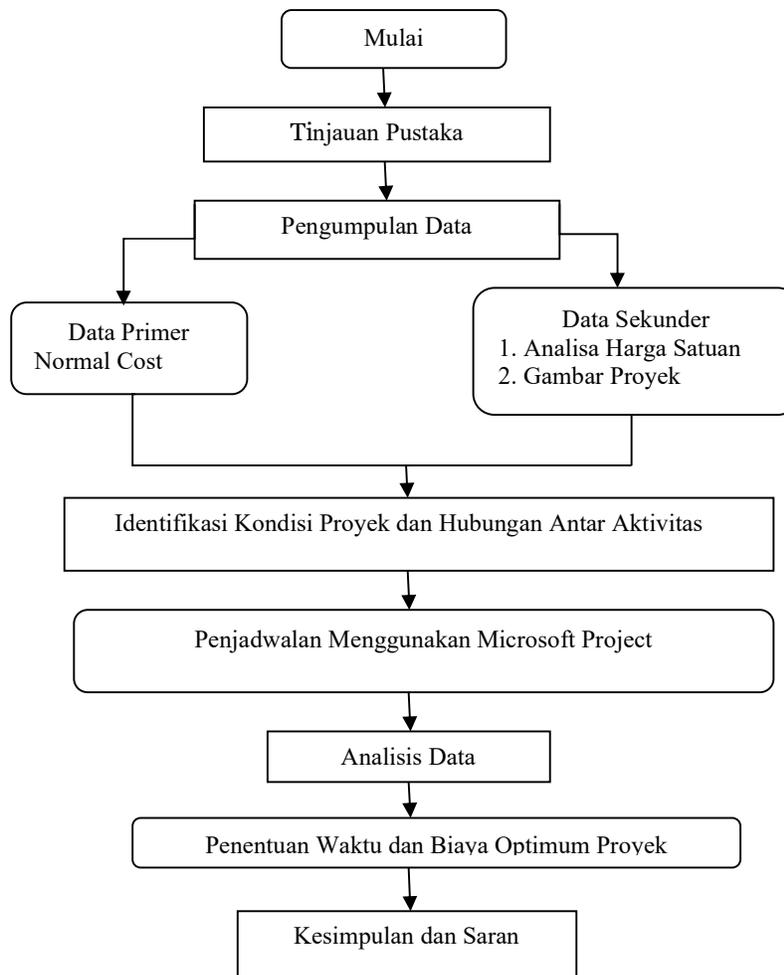
adalah memperpendek jadwal penyelesaian kegiatan proyek dengan kenaikan biaya yang minimal. Optimalisasi adalah ukuran yang dapat mencapai suatu tujuan, pencapaian ini dilakukan dengan mencari nilai terbaik dari yang tersedia dari beberapa fungsi yang diberikan untuk suatu konteks [15]. Beberapa menyebutkan bahwa optimalisasi itu merupakan proses untuk mendapatkan keadaan yang memberikan nilai minimum dan maksimum. Dari beberapa referensi di atas, maka dapat disimpulkan bahwa optimalisasi adalah suatu hasil yang ingin dicapai sesuai dengan keinginan, sehingga optimalisasi pencapaian secara efektif dan efisien. Metode Time Cost Trade Off merupakan metode yang dapat digunakan dalam mempercepat waktu pelaksanaan proyek, sehingga dapat menganalisis waktu yang dipersingkat dengan penambahan biaya. Metode ini hanya dibatasi oleh percepatan durasi proyek dengan penambahan jam kerja atau lembur dan penambahan tenaga kerja [16], [17], [18].

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Jenis Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode analisis deskriptif. Metode analisis deskriptif ini merupakan metode memecahkan suatu masalah yang ada dengan cara mengumpulkan data, disusun, dijelaskan, diolah dan dianalisis sehingga diperoleh hasil akhir yang bisa digunakan sebagai bahan dalam mengambil kesimpulan dari permasalahan yang ada.

#### 3.2 Prosedur Penelitian



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Penentuan Jalur Kritis dengan Microsoft Project

Berikut ini merupakan tabel data estimasi kegiatan proyek yang dilengkapi dengan item pekerjaan, jumlah harga satuan beserta bobotnya.

**Tabel 1.** Data Estimasi Kegiatan Proyek

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga Satuan (Rp)	Bobot (%)	Estimasi Waktu (hr)
<b>Pembangunan intake 100 l/dt</b>				
1	Konstruksi Bangunan Intake dan Bak Pengumpul	Rp. 1.829.011.960,00	3,98	66
2	Pengadaan dan Pemasangan Pompa Intake Air Baku	Rp. 629.374.680,00	1,38	121
3	Pengadaan dan Pemasangan Pipa Transmisi Air Baku HDPE ND.350 mm	Rp. 133.989.850,00	0,29	12
4	Pengadaan dan Pemasangan Magnetic flowmeter ND.350 mm	Rp. 353.705.476,00	1,79	12
5	Pengadaan dan Pemasangan Genset	Rp. 824.082.500,00	1,80	30
6	Pemasangan Listrik PLN	Rp. 1.777.177.350,00	3,88	36
<b>Pembangunan IPA Kapasitas 100 l/det</b>				
1	Pekerjaan IPA Kap. 100 l/det	Rp. 9.450.097.000,00	20,65	60
2	Pengadaan dan Pemasangan Pompa air minum 2 unit lengkap, Kapasitas 100 l/det, H=75 m	Rp. 1.113.067.800,00	2,43	12
3	Reservoir Distribusi Kapasitas 2.000 m <sup>3</sup>	Rp. 5.899.008.000,00	12,89	114
4	Pengadaan dan Pemasangan SCADA System	Rp. 819.300.000,00	1,79	60
5	Pekerjaan Pengolahan Lumpur, Tipe SDB	Rp. 760.671.528,00	1,66	84
6	Pengadaan dan Pemasangan Magnetic flowmeter ND. 350 mm	Rp. 353.705.476,00	0,77	18
7	Pengadaan dan Pemasangan Tangki BBM Kap. 5 Ton	Rp. 53.495.500,00	0,12	24
8	Pengadaan dan Pemasangan Instalasi	Rp. 56.343.200,00	0,12	24
<b>Booster Pump Rancasari</b>				
1	Pengadaan dan Pemasangan Pompa Booster	Rp. 905.016.750,00	1,98	24

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga Satuan (Rp)	Bobot (%)	Estimasi Waktu (hr)
2	Pengadaan dan Pemasangan Genset	Rp. 1.072.117.800,00	2,34	30
3	Penambahan listrik PLN	Rp. 458.291.935,00	1,00	24
<b>Unit Distribusi</b>				
1	Pipa Transmisi Air Bersih, HDPE Dia.350mm, PN8	Rp. 17.662.777.000,00	38,60	114
2	pipa Transmisi Air Bersih, GIP Diameter 350mm (jembatan pipa)	Rp. 1.468.307.624,00	3,21	66
<b>Pekerjaan Umum</b>				
1	Pekerjaan Umum	Rp. 150.000.000	0,33	120

Sumber: Microsoft Project

Setelah durasi diketahui maka langkah selanjutnya adalah menentukan hubungan dari setiap pekerjaan, kemudian dimasukkan kedalam program microsoft project.

#### 4.2 Perhitungan Biaya Normal (Normal Cost)

Normal cost merupakan biaya dari setiap aktivitas pekerjaan secara total. Normal cost sendiri terdiri dari normal cost bahan dan normal cost upah dan didapatkan dari rencana anggaran biaya yang digunakan dalam proyek tersebut. Perhitungan normal cost dibagi menjadi 2, yaitu bahan dan upah.

#### 4.3 Analisis Produktivitas Tenaga Kerja

Dalam menentukan produktivitas tenaga kerja, produktivitas tenaga kerja dihitung untuk mencari jumlah tenaga kerja. Sebelum menghitung produktivitas maka dibutuhkan nilai koefisien dari tenaga kerja tersebut. Rumus dalam mencari produktivitas tenaga kerja adalah:

$$\text{Produktivitas tenaga kerja} = 1/\text{Koefisien tenaga kerja} \dots\dots\dots (1)$$

#### 4.4 Analisis Percepatan Durasi

Pada penelitian percepatan (crashing) ini dilakukan dengan menggunakan metode penambahan jam kerja (lembur). Lembur ini membandingkan dengan penambahan 1 jam dan 2 jam kerja. Dari ke dua kondisi tersebut akan dapat dibandingkan dengan biaya dan durasi proyek dalam keadaan normal. Dari perhitungan produktivitas di atas telah diketahui durasi jam kerja normal pada penelitian ini adalah 8 jam/hari, maka perhitungan selanjutnya adalah perhitungan durasi crashing dengan memperhatikan penurunan produktivitas tenaga kerja pada saat jam lembur.

**Tabel 2.** Koefisien Produktivitas Pada Jam Lembur Kerja

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas (per jam)	Penurunan Prestasi Kerja	Koefisien Produktivitas
1 jam	0,1	10	0,9
2 jam	0,2	20	0,8

#### 4.5 Analisis Biaya Langsung Dan Biaya Tidak Langsung

Setelah melakukan perhitungan analisis percepatan maka sudah didapatkan durasi yang telah dipercepat. Selanjutnya dari durasi yang telah dilakukan percepatan maka menghitung total biaya proyek. Total biaya proyek sendiri didapatkan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung proyek.

#### 4.6 Pembahasan

Percepatan dengan metode penambahan jam kerja menghasilkan durasi proyek yang lebih cepat. Dimana pada penambahan jam kerja 1 jam menghasilkan durasi 114 hari hal ini lebih cepat dari durasi normal sebesar 120 hari atau percepatan ini mencapai 5% dari durasi normal. Sedangkan pada penambahan jam kerja 2 jam mengalami percepatan dari 120 hari menjadi 110 hari atau mengalami percepatan sebesar 8,3%.

Pada percepatan proyek tentu akan mengalami peningkatan biaya proyek (direct cost) dan mempersingkat waktu yang dimana dapat berdampak pada biaya tidak langsung (indirect cost) proyek tersebut. Berikut ini tabel rekapitulasi perbandingan durasi dan biaya proyek antara kondisi normal dan percepatan penambahan jam kerja.

**Tabel 3.** Rekapitulasi Perbandingan Durasi dan Biaya Proyek

Kondisi Proyek	Durasi (Hari)	<i>Direct Cost</i>	<i>Indirect Cost</i>	Biaya Total
Proyek kondisi normal	120	Rp. 43.791.881.520	Rp. 6.543.614.480	Rp. 50.335.496.000
Penambahan 1 jam kerja	114	Rp.43.905.756.524	Rp. 6.442.943.526	Rp. 50.348.700.004
Penambahan 2 jam kerja	110	Rp43.981.808.284	Rp. 6.375.829.530	Rp. 50.357.637.814

#### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada bab sebelumnya, maka pada penelitian ini dapat disimpulkan hasil crashing terhadap pelaksanaan Proyek Pembangunan Sistem Penyediaan Air Minum Pamanukan yaitu total durasi proyek pada kondisi normal atau sebelum dilakukan percepatan adalah 120 hari. Pada saat dilakukan percepatan dengan penambahan jam kerja durasi proyek menjadi lebih singkat. Penambahan jam kerja 1 jam durasi proyek menjadi 114 hari atau mengalami percepatan sebesar 5%. Pada kondisi penambahan jam kerja 2 jam maka percepatan mencapai 8,3% dan menghasilkan durasi proyek 110 hari. Total biaya pada saat kondisi normal sebesar Rp.50.335.496.000. sedangkan pada kondisi percepatan dengan penambahan jam kerja 1 jam total biaya Rp. 50.348.700.004. Pada penambahan jam kerja 2 jam total biaya menjadi Rp. 50.357.637.814.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Triatmadja, "Sistem Penyediaan Air Minum Perpipaan," *Sistem Penyediaan Air Minum Perpipaan*, 2008.
- [2] I. Julisman, A. Purba, and L. Afriani, "Rencana Induk Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum," *Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)*, vol. 3, no. 1, 2023, doi: 10.23960/snip.v3i1.376.
- [3] R. Oktavian, "ANALISIS NILAI INVESTASI PROYEK PERUMAHAN," *Device*, vol. 10, no. 1, 2020, doi: 10.32699/device.v10i1.1486.
- [4] E. B. Khoni Eka Pratiwi, Fachriza Noor Abdi, "Optimalisasi Biaya dan Waktu Pelaksanaan Proyek dengan Metode Least Cost Analysis," *TEKNOLOGI SIPIL*, vol. 4, no. Nomor 2, 2020.
- [5] R. N. Heryati, "Microsoft Project 2007 untuk Pemula," *Edisi Pertama, Andi dan Madcoms, Yogyakarta*, 2008.
- [6] A. Husein, *Penjadwalan, dan Pengendalian Proyek (Edisi Revisi)*, 2nd ed. Yogyakarta: Andi, 2011.
- [7] W. I. Ervianto, "Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Ketiga," *Manajemen Proyek Konstruksi-Edisi Revisi*, 2005.
- [8] B. Santoso, *manajemen Proyek konsep dan implementasi*, vol. 01. 2009.

- [9] S. Riyanarto, “Analisis dan Desain Berorientasi Servis untuk Aplikasi Manajemen Proyek,” *Yogyakarta: Andi Yogyakarta*, 2012.
- [10] I. G. K. Sudipta, “Studi Manajemen Proyek Terhadap Sumber Daya Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi,” *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol*, vol. 17, no. 1, 2013.
- [11] S. Fansuri, “Penyebab Terjadinya Keterlambatan Waktu Penyelesaian Proyek Konstruksi Di Dinas Pu. Bina Marga Kabupaten Sumenep,” *Jurnal “ MITSU ” Media Informasi Teknik Sipil UNIJA*, vol. 2, no. 2, 2014.
- [12] I. Soeharto, “Manajemen proyek dari konseptual sampai operasional,” 1997.
- [13] R. Wahyudi and C. Indra Yono, “Pengaruh Keterlambatan Proyek terhadap Pembekakan Biaya Proyek,” *Universitas Kristen Petra, Surabaya*, 2006.
- [14] W. I. Ervianto, “Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi,” *Yogyakarta: Andi*, 2005.
- [15] H. N. Ahuja, *Project management : techniques in planning and controlling construction projects*. 1984.
- [16] N. Izzah, “Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Perumahan di PT. X,” *Rekayasa*, vol. 10, no. 1, pp. 51–58, 2017.
- [17] R. W. Kisworo and S. Handayani, Fajar S., “Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur dan Jumlah Alat,” *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, no. September 2017, 2017.
- [18] M. Priyo and M. Risa Anggriani Paridi, “Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung Olah Raga (Gor),” *Semesta Teknika*, vol. 21, no. 1, 2018, doi: 10.18196/st.211213.