

E-ISSN : 2807-5579

P-ISSN : 2807-5889

# **BOUWPLANK**

**Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Lingkungan**

---

**VOLUME 01 NOMOR 02, OKTOBER 2021**

---

**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 01, NOMOR 02, OKTOBER 2021

### 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

**Editorial Board Members**

***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

***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

**Assistant Editor**

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

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

**Tim Reviewer** :

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

***Assoc. 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

# **BOUWPLANK**

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

VOLUME 01, NOMOR 02, OKTOBER 2021

### **PENGANTAR REDAKSI**

BOUWPLANK Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Lingkungan Volume 01 Nomor 02, Oktober 2021 ini terdiri atas 5 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 01, NOMOR 02, OKTOBER 2021

### DAFTAR ISI

Dewan Redaksi .....	i
Pengantar dari Redaksi .....	ii
Daftar Isi .....	iii
PERBANDINGAN RESPONS STRUKTUR PADA PORTAL BERTINGKAT BERDASARKAN SNI 1726-2012 DENGAN VARIASI PENEMPATAN DINDING GESER	
<i>Jenny Prischila Litha, Candra Aditya, Dafid Irawan</i> .....	1-10
ANALISIS KEMACETAN LALU LINTAS PADA PASAR TUMPAH JI. ZAINAL ZAKSE KOTA MALANG	
<i>Hilarius Mali Loe, Aji Suraji, M. Cakrawala</i> .....	11-20
ANALISA PERCEPATAN WAKTU TERHADAP BIAYA DENGAN SISTEM SHIFT MENGGUNAKAN PRECEDENCE DIAGRAM METHOD, FAST-TRACK DAN CRITICAL PATH METHOD	
<i>Dinda Ayu Dewi, Dafid Irawan, M. Cakrawala</i> .....	21-30
PENGARUH PENCAMPURAN LIMBAH KARBIT TERHADAP STABILISASI SWELLING VOLUMETRIK (3D) TANAH LEMPUNG EKSPANSIF	
<i>Antonius Diki Oematan, Agus Tugas Sudjianto, Riman</i> .....	31-39
PENGARUH PENAMBAHAN DAMDEX PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON	
<i>Wiling Ardiano Prakaryuda, Abdul Halim, Candra Aditya</i> .....	40-47

## **PERBANDINGAN RESPONS STRUKTUR PADA PORTAL BERTINGKAT BERDASARKAN SNI 1726-2012 DENGAN VARIASI PENEMPATAN DINDING GESER**

**Jenny Prischila Litha<sup>1</sup>, Candra Aditya<sup>2\*</sup>, Dafid Irawan<sup>3</sup>**

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

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

### **ABSTRAK**

Secara geologi Indonesia terletak di antara 4 lempeng utama dunia yang aktif, sehingga merupakan wilayah yang rawan terjadi gempa bumi. Akibat pengaruh gempa ini maka diperlukan perencanaan struktur yang lebih kompleks, yaitu dengan menggunakan analisis dinamis. Gempa tidak dapat diprediksi waktu dan tempat kejadiannya. Semakin penting suatu bangunan maka semakin lama bangunan itu harus bertahan, sehingga semakin besar gaya gempa yang harus diperhitungkan terhadap bangunan tersebut. Penelitian ini membandingkan nilai drift ratio, nilai displacement serta pola goyangan terhadap variasi model struktur yang terjadi akibat beban gempa respons spektrum. Metode analisis yang digunakan adalah metode analisis respon spektrum dengan dimodelkan 4 model struktur bangunan yaitu, 1 model struktur rangka dan 3 model struktur bangunan dengan variasi penempatan dinding geser menggunakan program ETABS. Hasil analisis menunjukkan nilai drift ratio yang didapat pada masing-masing model struktur menunjukkan presentase yang paling kecil yaitu pada struktur dinding geser model 3 sebesar 1,296% dan nilai displacement yang didapat pada masing-masing model struktur menunjukkan presentase yang paling kecil yaitu pada struktur dinding geser model 3 sebesar 17,474%. maka didapatkan model struktur shear wall yang paling kaku yaitu struktur shear wall model 3, yaitu model struktur dengan letak shear wall yang berada pada inti gedung.

**Kata kunci :** Dinding Geser, Drift Ratio, Displacement, Respon Spektrum, ETABS.

### **ABSTRACT**

*According to the geology study, Indonesia is located between 4 active main plates of the earth, so that this region is prone of earthquake. Because of the earthquake, a more complex structure planning is needed by using dynamic analysis. An earthquake can't be predicted the time and the place of the occurrence. If there is a more important building, it should be last for a longtime, so the earthquake energy that should be calculated towards the building is bigger. This study is comparing the drift ratio value, displacement value and the wobble scheme towards variation of structure model that are happened because of spectrum response of earthquake load. The analysis method is spectrum response analysis with 4 models of building structure which are, 1 frame structure model and 3 building structure model with variation of shear wall placement by using ETABS program. The results of the analysis show that the drift ratio value obtained in each structural model shows the smallest percentage, namely the shear wall structure model 3 of 1.296% and the displacement value obtained in each structural model shows the smallest percentage, namely the shear wall structure. model 3 amounted to 17,474%. Then we get the shear wall structure model that is the most rigid, namely the shear walls structure model 3, which is a structural model with the location of the shear wall at the core of the building.*

**Keywords :** Shear Wall, Drift Ratio, Displacement, Spectrum Response, ETABS.

## **1. PENDAHULUAN**

Gempa adalah peristiwa alam berupa getaran atau Gerakan gelombang pada kulit bumi yang ditimbulkan oleh tenaga asal dalam. Gempa menimbulkan suatu getaran yang disebut gelombang seismic. Gelombang ini menjalar menjauhi pusat gempa ke segala arah di dalam bumi. Ketika gelombang ini mencapai permukaan bumi, getarannya bisa merusak atau tidak tergantung pada kekuatan gempa, jarak dari pusat gempa, mutu bangunan, dan mutu tanah dimana bangunan

(Received: 19 Maret 2021 / Revised: 30 Agustus 2021 / Accepted: 6 September 2021)  
Permalink/DOI : <https://doi.org/10.31328/bouwplank.v1i2.218>

berdiri. Bencana alam seperti gempa bumi yang akhir-akhir ini terjadi menyebabkan kerugian jiwa dan harta benda yang sangat besar, misalnya banyaknya bangunan yang mengalami keruntuhan sehingga memakan banyak korban. Hal ini disebabkan karena pada saat gempa terjadi, gedung akan mengalami simpangan horizontal (*drift*) dan apabila simpangan horizontal (*drift*) ini melebihi syarat aman yang telah ditetapkan oleh peraturan yang ada, maka bangunan akan mengalami keruntuhan [1]. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan pemasangan dinding geser (*shear wall*) pada struktur bangunan. Penempatan dinding geser dapat dilakukan pada sisi luar bangunan atau pada pusat bangunan. Dinding geser yang ditempatkan pada pusat bangunan inilah yang biasa disebut dengan inti structural. Dengan adanya variable penempatan dinding geser ini, dapat memberikan kontribusi yang berbeda terhadap kekakuan bangunan untuk menahan gaya lateral. Dinding geser yang ditempatkan di sisi luar suatu bangunan dapat menahan gaya lateral lebih besar daripada dinding geser yang ditempatkan di bagian dalam bangunan sebagai inti bangunan, ataupun sebaliknya. Dari uraian tersebut, maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian tentang perbandingan respons struktur pada portal bertingkat berdasarkan SNI 1726-2012 [2] dengan variasi penempatan dinding geser. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan *drift ratio* dan *displacement* sehingga diketahui model struktur *shear wall* yang paling kaku. Manfaat studi ini adalah untuk memberi informasi mengenai pengaruh penempatan dinding geser terhadap simpangan horizontal/*displacement* struktur Gedung bertingkat tinggi, dan menjadi salah satu referensi bagi para Perencana struktur terkait penggunaan dan penempatan dinding geser.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Umum

Dinding geser adalah struktur vertikal yang digunakan pada bangunan tingkat tinggi. Fungsi utama dari dinding geser adalah menahan beban lateral seperti gaya gempa dan angin. Berdasarkan letak dan fungsinya, dinding geser dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis yaitu [3] :

1. *Bearing walls* adalah dinding geser yang juga mendukung sebagian besar beban gravitasi. Tembok-tembok ini juga menggunakan dinding partisi antar apartemen yang berdekatan.
2. *Frame walls* adalah dinding geser yang menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari frame beton bertulang. Tembok-tembok ini dibangun diantara baris kolom.
3. *Core walls* adalah dinding geser yang terletak di dalam wilayah inti pusat dalam gedung yang biasanya diisi tangga atau poros lift. Dinding yang terletak di kawasan inti pusat memiliki fungsi ganda dan dianggap menjadi pilihan paling ekonomis.

Sistem dinding geser pada dasarnya dapat menjadi sistem terbuka dan tertutup. Sistem terbuka terdiri dari unsur linear tunggal atau gabungan unsur yang tidak lengkap meliputi ruang geometris. Sebaliknya sistem tertutup melingkupi ruang geometris [4].

### 2.2 Elemen Struktur Dinding Geser

Dalam merencanakan dinding geser, perlu diperhatikan bahwa dinding geser yang berfungsi untuk menahan gaya lateral yang besar akibat beban gempa tidak boleh runtuh akibat gaya lateral, karena apabila dinding geser runtuh karena gaya lateral maka keseluruhan struktur bangunan akan runtuh karena tidak ada elemen struktur yang mampu menahan gaya lateral. Dalam prakteknya dinding geser selalu dihubungkan dengan sistem rangka pemikul momen pada gedung [5]. Oleh karena itu, dinding geser harus didesain untuk mampu menahan gaya lateral yang mungkin terjadi akibat beban gempa, dimana berdasarkan SNI 03-2847-2013 [6] pasal 14.5.3.1, tebal minimum dinding geser tidak boleh kurang dari 100 mm. Dalam pelaksanaannya dinding geser selalu dihubungkan dengan sistem rangka pemikul momen. Dinding struktural yang biasa digunakan pada gedung tinggi adalah dinding geser cantilever, dinding geser berangkai, dan system rangka-dinding geser (*dual system*). Kerja sama antara sistem rangka penahan momen dan dinding geser merupakan suatu keadaan khusus, dimana dua struktur yang berbeda sifat dan perilakunya digabungkan sehingga diperoleh struktur yang lebih ekonomis. Bentuk shear yang efektif adalah bentuk shear wall yang mempunyai nilai deformasi yang kecil dan dipasang sesuai dengan sumbu lemah dari struktur yang ditinjau atau direncanakan sehingga dapat menahan gaya geser akibat beban gempa yang terjadi [6].

### 2.3 Jenis Pembebanan

Jenis pembebanan meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu. Dalam SNI 03-1727-1989 [7] menjelaskan bahwa beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang terpisahkan dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Berdasarkan SNI 1726-2012 [2], gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2% selama periode ulang 2500 tahun.

### 2.4 Kombinasi Pembebanan

Beban kombinasi ialah gabungan dari beban-beban yang bekerja pada suatu struktur. Pada beban kombinasi ini beban-beban dikalikan faktor keamanan [8]. Dari bermacam jenis pembebanan yang ada, kemudian jenis-jenis pembebanan tersebut dikombinasikan sehingga diperoleh gaya dalam yang maksimum yang sesuai keinginan maka perlu dibuat kombinasi sesuai dengan fungsi gedung, lokasi, dan perilaku beban yang kemungkinan akan terjadi terhadap struktur yang analisa [9]. Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 7.4, faktor-faktor beban untuk beban mati nominal, beban hidup nominal, dan beban gempa nominal adalah sebagai berikut [2]:

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L
3. 1,2D + 1,0L
4. 1,2D + 1,0L + 0,3EX + 1,0EY
5. 1,2D + 1,0L + 1,0EX + 0,3EY
6. 0,9D + 0,3EX + 1,0EY
7. 0,9D + 1,0EX + 0,3EY

Dimana DL adalah Beban Mati, LL adalah Beban Hidup, dan EX adalah Beban Gempa Arah – X, sedangkan EY adalah Beban Gempa Arah – Y.

### 2.5 Analisis Dinamik

Analisis dinamik adalah analisis struktur dimana pembagian gaya geser gempa di seluruh tingkat diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Kombinasi antara desain berbasis kinerja dan penempatan dinding geser yang tepat menghasilkan desain struktur yang optimal [10].

### 2.6 Simpangan Antar Lantai

#### 1) *Displacement*

Struktur dengan dinding geser yang ditempatkan pada daerah pusat massa bangunan menghasilkan nilai simpangan horisontal yang lebih kecil daripada struktur dengan dinding geser yang ditempatkan pada daerah bagian luar denah struktur [11]. Simpangan (drift) didefinisikan sebagai perpindahan lateral, atau biasa juga disebut sebagai displacement. Simpangan yang terjadi pada tiap tingkat di suatu struktur bangunan merupakan parameter yang sangat penting untuk diketahui besarnya, sehingga diketahui seberapa kaku atau fleksibel struktur bangunan tersebut. Bangunan bertingkat displacement dapat terjadi pada balok biasa atau balok cantilever yang bentangnya panjang serta pada bangunan gedung yang jumlah lantai sangat banyak (high rise building) [12]. Lendutan balok didasarkan pada bentang sedangkan simpangan tingkat terhadap tinggi tingkat dalam istilah drift ratio atau drift index.

#### 2) *Drift Ratio*

Semakin besar nilai drift ratio pada suatu struktur bangunan maka struktur bangunan tersebut memiliki sifat yang fleksibel/kurang kaku, sehingga dengan pemberian dinding geser pada suatu struktur bangunan bisa menurunkan nilai simpangan yang terjadi pada setiap tingkat bangunan dan membuat bangunan tersebut lebih kaku disbanding struktur bangunan tanpa dinding geser

[13]. Drift ratio adalah rasio antara simpangan antar tingkat dengan tinggi tingkat, seperti ditunjukkan pada persamaan di bawah ini:

$$\text{Drift ratio} = \Delta/h \dots\dots\dots (1)$$

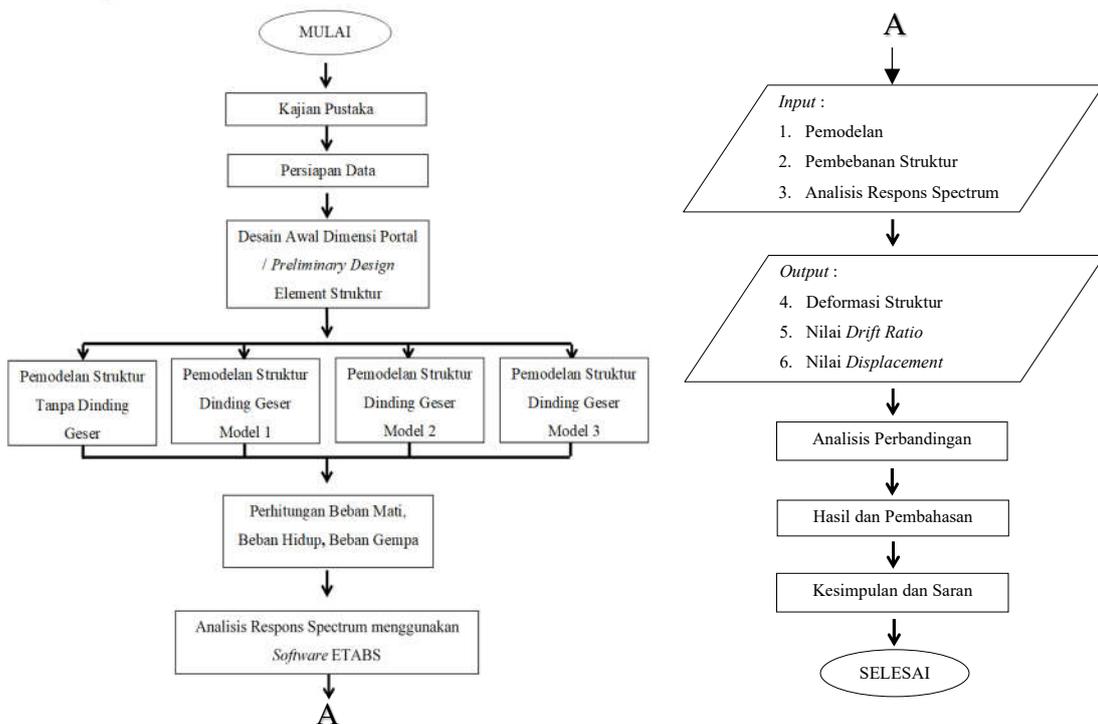
Dimana  $\Delta$  adalah simpangan antar tingkat dan  $h$  adalah tinggi tingkat. Dalam SNI 2012 pasal 7.8.6 dinyatakan bahwa penentuan simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak satu garis dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Jika desain tegangan ijin digunakan,  $\Delta$  harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang ditetapkan pasal 7.8 tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin. Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = (C_d \cdot \delta_{xe}) / I_e \dots\dots\dots (2)$$

Dimana  $C_d$  adalah faktor amplifikasi defleksi,  $\delta_{xe}$  adalah defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis elastis, dan  $I_e$  adalah faktor keutamaan gempa. Pasal 7.12.1 menyatakan simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_a$ ).

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

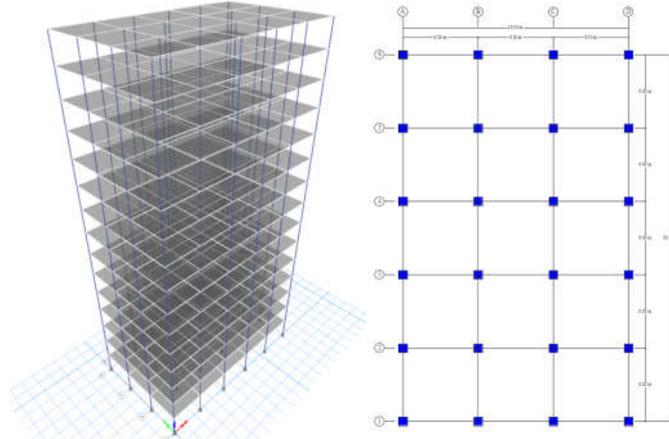
#### 3.2 Persiapan Data

Dalam penelitian ini, dibutuhkan persiapan data-data untuk membantu jalannya penelitian, antara lain membuat pemodelan struktur portal 15 lantai. Menentukan data gempa yang akan dianalisa berdasarkan wilayah yang akan dibangun yaitu berada di sekitar Kota Malang, Jawa Timur dengan wilayah Gempa 4. Mutu beton yang digunakan adalah ( $f'c$ ) sebesar 30 MPa dan mutu baja tulangan ( $f_y$ ) sebesar 400 MPa

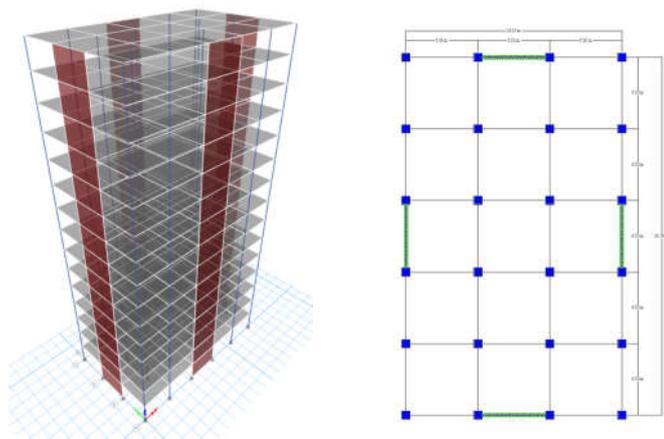
#### 3.3 Pemodelan Struktur

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis dinamik, yaitu metode respons spektrum. Dalam analisis ini menggunakan software ETABS. Dimodelkan 4 variasi, yaitu sebuah model struktur tanpa menggunakan dinding geser dan 3 model struktur

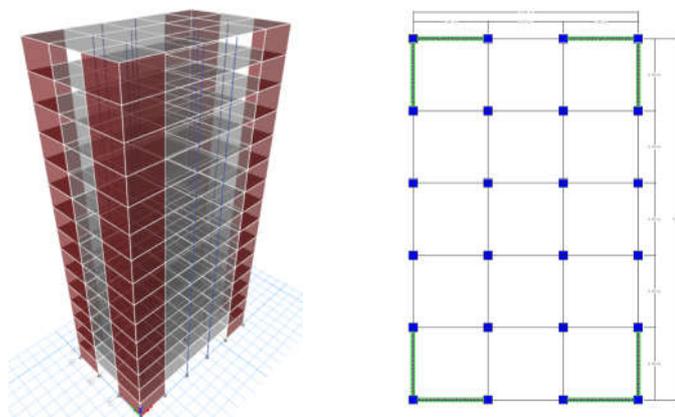
menggunakan variasi penempatan dinding geser dengan luas dan tebal dinding geser sebagai variable tetap. Desain struktur bangunan yang dimodelkan portal bertingkat 15 lantai dengan tinggi tiap lantai 4 meter, sehingga tinggi Gedung 60 meter. Lebar bangunan adalah 18 meter dan panjang bangunan adalah 30 meter dengan jarak antar kolom 6 meter.



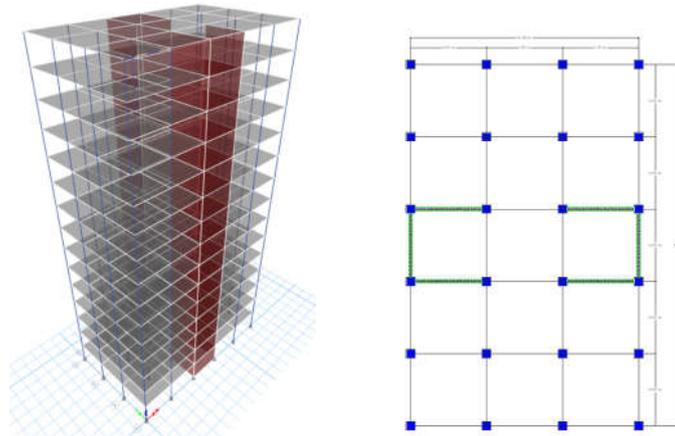
**Gambar 2.** Pemodelan Struktur Tanpa Shear wall (TS)  
*Sumber: Hasil Pemodelan*



**Gambar 3.** Pemodelan Struktur Area Penempatan Shear wall Model 1 (SW1)  
*Sumber: Hasil Pemodelan*



**Gambar 4.** Pemodelan Struktur Area Penempatan Shear wall Model 2 (SW2)  
*Sumber: Hasil Pemodelan*



**Gambar 5.** Pemodelan Struktur Area Penempatan Shear wall Model 3 (SW3)  
*Sumber: Hasil Pemodelan*

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Estimasi Dimensi Struktur

Pada struktur bangunan yang digunakan sebagai model pada penelitian ini, estimasi dimensi struktur dapat dilihat pada table berikut;

**Tabel 1.** Dimensi Balok, Kolom, dan Pelat Lantai

No.	Jenis Struktur	Dimensi (cm)
1	Balok	35 x 50
2	Kolom	70 x 70
3	Pelat (Lantai 1-14)	15
4	Pelat (Atap)	12

*Sumber: Hasil Survei*

##### 4.2 Perhitungan Beban Struktur

Beban Struktur berupa beban mati dan beban hidup yang bekerja di tiap lantai atau atap yang disimpulkan pada Tabel 2.

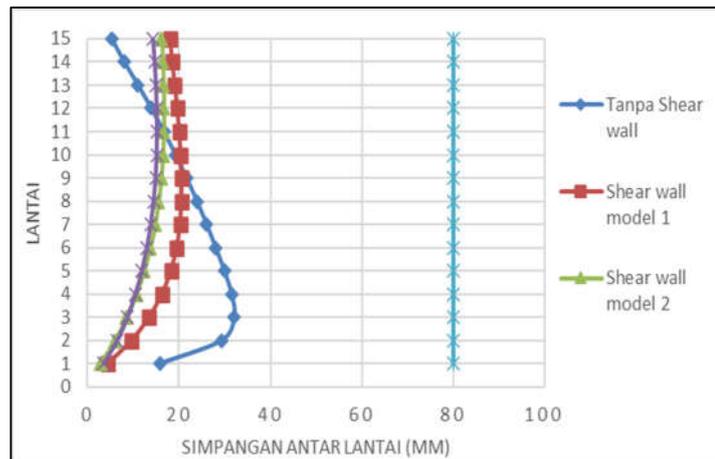
**Tabel 2.** Rekapitulasi Beban Mati dan Beban Hidup

Lantai	Beban Mati			Beban Hidup		Total
	Sendiri	Tambahan pada pelat	Tambahan distribusi pada balok	Tambahan Pada Pelat	Tambahan Distribusi Balok	
	kN	kN/m	kN/m	kN/m <sup>2</sup>	kN/m	
1	4030.56	1.83	3.67	2.45	4.90	4043.42
2	4030.56	1.12	3.67	2.45	4.90	4042.70
3	4030.56	1.12	3.67	2.45	4.90	4042.70
4	4030.56	1.12	3.67	2.45	4.90	4042.70
5	4030.56	1.12	3.67	2.45	4.90	4042.70
6	4030.56	1.12	3.67	2.45	4.90	4042.70
7	4030.56	1.12	3.67	2.45	4.90	4042.70
8	4030.56	1.12	3.67	2.45	4.90	4042.70
9	4030.56	1.12	3.67	2.45	4.90	4042.70
10	4030.56	1.12	3.67	2.45	4.90	4042.70
11	4030.56	1.12	3.67	2.45	4.90	4042.70
12	4030.56	1.12	3.67	2.45	4.90	4042.70
13	4030.56	1.12	3.67	2.45	4.90	4042.70
14	4030.56	1.12	3.67	2.45	4.90	4042.70
15	3641.76	0.56	1.12	0.98	1.96	3646.38
<b>Σ</b>	<b>60069.60</b>	<b>16.97</b>	<b>52.47</b>	<b>35.30</b>	<b>70.61</b>	<b>60244.95</b>

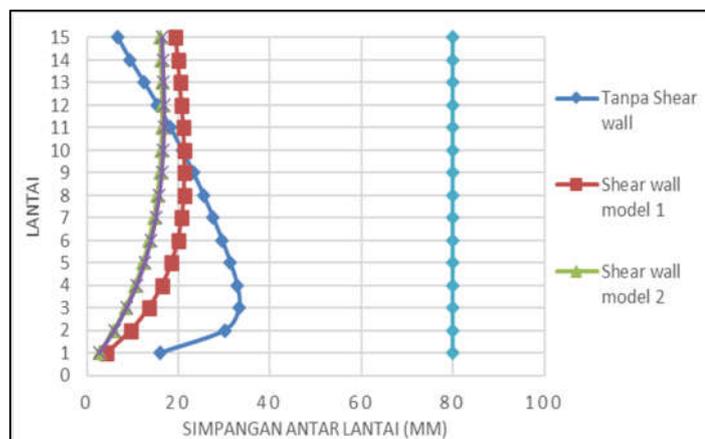
*Sumber: Hasil Perhitungan*

### 4.3 Perhitungan Beban Gempa

Data perencanaan analisis gempa daerah Malang digunakan data yaitu Kelas Situs SD, Kategori Risiko II, Faktor Keutamaan 1,  $S_s$  0,781,  $S_1$  0,33. Data di atas kemudian diproses dan menghasilkan nilai Koefisien situs ( $F_a$  dan  $F_v$ ), parameter spectrum percepatan (SMS dan SM1), parameter spectral desain (SDS dan SD1) untuk selanjutnya dilanjutkan mencari grafik respon spektrum. Proses selanjutnya adalah mencari periode struktur, simpangan lantai dan kontrol partisipasi massa, drift ratio dan displacement. Setelah semua proses telah dilakukan, selanjutnya dibandingkan hasil antara struktur tiap model. Hasil rekapitulasi hasil proses perbandingan struktur seperti pada gambar berikut.

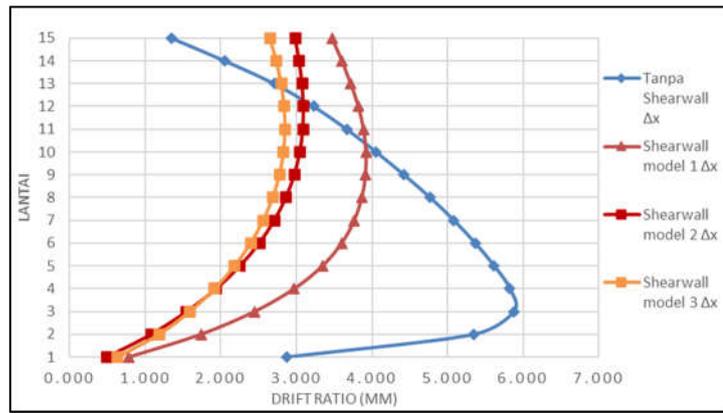


**Gambar 6.** Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Desain pada Ke-4 Model Struktur dan Simpangan Antar Lantai Ijin Terhadap Jumlah Lantai pada Arah X

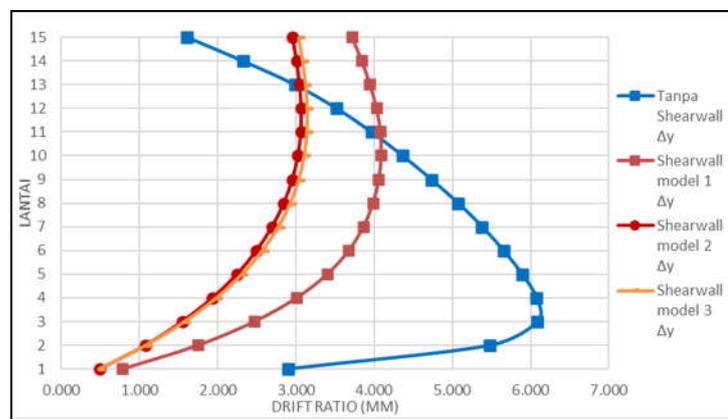


**Gambar 7.** Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Desain pada Ke-4 Model Struktur dan Simpangan Antar Lantai Ijin Terhadap Jumlah Lantai pada Arah Y

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa simpangan antar lantai tingkat desain pada tiap struktur baik struktur tanpa shearwall dan struktur dengan model shearwall telah memenuhi syarat, karena simpangan yang dihasilkan lebih kecil dari simpangan lantai ijinnya, yaitu sebesar 80 mm. Pada analisis ini, arah x struktur shearwall model 3 memiliki nilai simpangan lebih kecil dibanding struktur shearwall model lainnya dengan nilai maksimum sebesar 15,224 mm, dan pada arah y struktur shearwall model 2 simpangannya lebih kecil dibanding struktur shearwall lainnya dengan nilai maksimum sebesar 16,495 mm. Hal ini berarti bahwa, struktur dengan model struktur shearwall tersebut memiliki struktur yang lebih kuat karena menghasilkan nilai simpangan yang kecil dibandingkan dengan struktur model lainnya.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Drift Ratio Pada Ke-4 Model Struktur Terhadap Jumlah Lantai Arah X



Gambar 9. Grafik Perbandingan Nilai Drift Ratio Pada Ke-4 Model Struktur Terhadap Jumlah Lantai Arah Y

Dari hasil analisis di atas, selanjutnya dilakukan perhitungan persentase perbandingan nilai drift ratio, yang dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

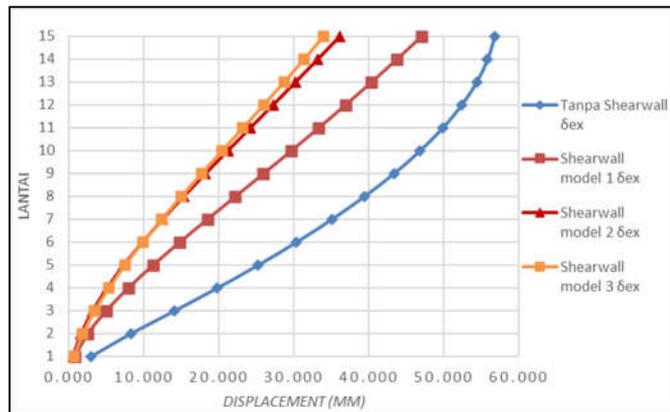
Tabel 3. Persentase Perbandingan Drift Ratio Akibat Beban Gempa Respons Spektrum

Lantai	Persentase Perbandingan Drift Ratio (%)							
	Tanpa Shearwall Δx	Tanpa Shearwall Δy	Shearwall model 1 Δx	Shearwall model 1 Δy	Shearwall model 2 Δx	Shearwall model 2 Δy	Shearwall model 3 Δx	Shearwall model 3 Δy
15	2.169	2.440	7.105	7.332	8.137	8.108	7.647	8.116
14	3.301	3.519	7.379	7.580	8.281	8.254	7.903	8.252
13	4.349	4.523	7.616	7.785	8.382	8.358	8.080	8.351
12	5.186	5.330	7.823	7.953	8.434	8.415	8.198	8.410
11	5.889	6.009	7.962	8.049	8.412	8.402	8.233	8.399
10	6.516	6.608	8.027	8.069	8.306	8.300	8.172	8.306
9	7.106	7.164	8.015	8.008	8.104	8.106	8.016	8.121
8	7.663	7.684	7.913	7.864	7.802	7.807	7.759	7.829
7	8.167	8.149	7.708	7.620	7.382	7.393	7.395	7.422
6	8.620	8.561	7.366	7.249	6.837	6.850	6.916	6.881
5	9.024	8.920	6.845	6.705	6.142	6.161	6.304	6.185
4	9.356	9.197	6.079	5.933	5.281	5.300	5.539	5.307
3	9.440	9.212	5.005	4.867	4.221	4.239	4.590	4.222
2	8.593	8.297	3.554	3.444	2.937	2.953	3.421	2.902
1	4.620	4.388	1.602	1.543	1.343	1.355	1.827	1.296
<b>Max</b>	<b>9.440</b>	<b>9.212</b>	<b>8.027</b>	<b>8.069</b>	<b>8.434</b>	<b>8.415</b>	<b>8.233</b>	<b>8.410</b>
<b>Min</b>	<b>2.169</b>	<b>2.440</b>	<b>1.602</b>	<b>1.543</b>	<b>1.343</b>	<b>1.355</b>	<b>1.827</b>	<b>1.296</b>

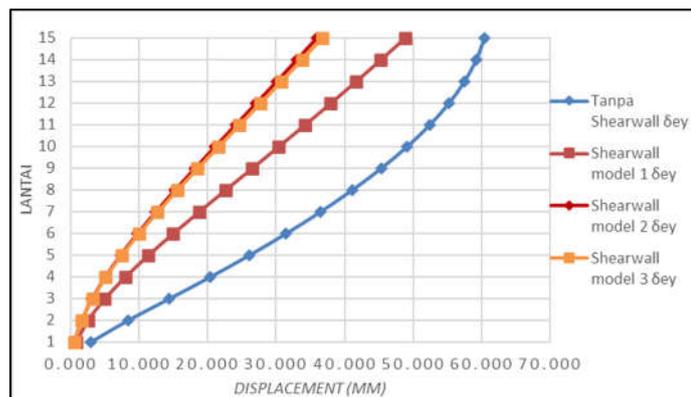
Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil nilai perbandingan drift ratio maksimum yang didapat pada masing-masing model struktur adalah sebesar 9,440% pada arah x yaitu pada struktur tanpa shearwall dan 9,212% pada arah y yaitu pada struktur tanpa shearwall akibat pengaruh beban gempa respons spektrum.

Sedangkan nilai perbandingan drift ratio minimum yang didapat pada masing-masing model struktur didapatkan sebesar 1,343% pada arah x yaitu pada struktur shearwall model 2 dan 1,296% pada arah y yaitu pada struktur shearwall model 3 akibat pengaruh beban gempa respons spektrum. Semakin besar nilai drift ratio pada suatu struktur bangunan maka struktur bangunan tersebut memiliki sifat yang fleksibel/kurang kaku, sehingga dengan pemberian dinding geser pada suatu struktur bangunan bisa menurunkan nilai simpangan yang terjadi pada setiap tingkat bangunan dan membuat bangunan tersebut lebih kaku dibanding struktur bangunan tanpa dinding geser.



**Gambar 10.** Grafik Perbandingan Nilai Displacement Ke-4 Model Struktur Terhadap Jumlah Lantai Pada Joint 1 Arah X



**Gambar 11.** Grafik Perbandingan Nilai Displacement Ke-4 Model Struktur Terhadap Jumlah Lantai Pada Joint 1 Arah Y

**Tabel 4.** Nilai Displacement Joint 1 Akibat Gempa Respons Spektrum

Lantai	Displacement (mm)							
	Tanpa Shearwall		Shearwall model 1		Shearwall model 2		Shearwall model 3	
	$\delta_{ex}$	$\delta_{ey}$	$\delta_{ex}$	$\delta_{ey}$	$\delta_{ex}$	$\delta_{ey}$	$\delta_{ex}$	$\delta_{ey}$
15	56.799	60.412	47.003	48.823	36.143	35.914	33.960	36.770
14	55.848	59.205	43.720	45.293	33.203	33.003	31.357	33.790
13	54.399	57.496	40.341	41.676	30.222	30.051	28.681	30.772
12	52.398	55.228	36.869	37.981	27.213	27.070	25.957	27.724
11	49.868	52.422	33.301	34.207	24.189	24.071	23.200	24.659
10	46.840	49.113	29.649	30.369	21.171	21.077	20.432	21.594
9	43.345	45.333	25.935	26.492	18.186	18.113	17.680	18.557
8	39.409	41.110	22.187	22.605	15.265	15.210	14.972	15.580
7	35.060	36.476	18.447	18.747	12.446	12.406	12.342	12.698
6	30.325	31.459	14.768	14.973	9.769	9.742	9.825	9.958
5	25.225	26.085	11.223	11.353	7.283	7.266	7.462	7.409
4	19.785	20.382	7.910	7.984	5.043	5.034	5.301	5.113
3	14.055	14.408	4.955	4.990	3.113	3.110	3.396	3.138
2	8.216	8.366	2.517	2.527	1.569	1.568	1.814	1.566
1	2.876	2.897	0.783	0.783	0.493	0.494	0.633	0.484

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 10 menunjukkan bahwa struktur dengan dinding geser model 3 memiliki nilai displacement joint 1 arah x akibat beban gempa respons spektrum lebih kecil dibandingkan struktur model lainnya sebesar 17,474%, dan dari Gambar 11 menunjukkan bahwa nilai displacement joint 1 arah y akibat beban respons spektrum yang lebih kecil ditunjukkan pada struktur dinding geser model 2 sebesar 17,399%. Hal ini berarti bahwa pemberian struktur dinding geser pada model tersebut memiliki kekakuan yang besar terhadap gempa respons spektrum, karena memiliki nilai simpangan yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur model lainnya.

## 5. KESIMPULAN

Kesimpulan berdasarkan hasil analisis terhadap variasi penempatan dinding geser dengan analisis respons spektrum adalah nilai drift ratio yang didapat pada masing-masing model struktur menunjukkan presentase yang paling kecil yaitu pada struktur dinding geser model 3 sebesar 1,296%, yaitu model struktur dengan letak shear wall yang berada pada inti gedung. Nilai displacement yang didapat pada masing-masing model struktur menunjukkan presentase yang paling kecil yaitu pada struktur dinding geser model 3 sebesar 17,474%, yaitu model struktur dengan letak shear wall yang berada pada inti gedung. Berdasarkan dari nilai drift ratio dan nilai displacement, maka didapatkan model struktur shear wall yang paling kaku yaitu struktur shear wall model 3, yaitu model struktur dengan letak shear wall yang berada pada inti gedung.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widodo, *Respons Dinamik Struktur Elastik*. Yogyakarta: UII press 2001, 2001.
- [2] B. S. Nasional, "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2012." BSN, Jakarta, p. 149, 2012.
- [3] F. Nugroho, "Pengaruh Dinding Geser Terhadap Perencanaan Kolom dan Balok Bangunan Gedung Beton Bertulang," *J. Momentum*, vol. 19, no. 1, pp. 19–26, 2017.
- [4] W. Schueller, *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*. Bandung: PT. Eresco Bandung, 1989.
- [5] I. Imran, E. Yuliari, Suhelda, and A. Kristiano, "Aplicability Metoda Desain Kapasitas pada Perancangan Struktur Dinding Geser Beton Bertulang," 2008.
- [6] A. Nursandah, "Pengaruh Bentuk Dinding Geser Terhadap Deformasi Gedung Pada Gempa Zone 5," *Agregat*, vol. 1, no. 1, pp. 16–22, 2016.
- [7] B. S. Nasional, "Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung SNI 03-1727-1989." BSN, Jakarta, p. 19, 1987.
- [8] B. S. Nasional, "Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727:2013." BSN, Jakarta, p. 196, 2013, [Online]. Available: [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id).
- [9] T. Paulay and M. J. N. Priestley, *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. United States: John Wiley & Sons, Inc., 1992.
- [10] H. Manalip, E. J. Kumaat, and F. I. Runtu, "Penempatan Dinding Geser Pada Bangunan Beton Bertulang Dengan Analisa Pushover," *J. Ilm. Media Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 283–293, 2015.
- [11] B. O. Majore, S. E. Wallah, and S. O. Dapas, "Studi Perbandingan Respons Dinamik Bangunan Bertingkat Banyak Dengan Variasi Tata Letak Dinding Geser," *J. Sipil Statik*, vol. 3, no. Juni, pp. 435–446, 2015.
- [12] W. Pawirodikromo, *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012.
- [13] A. N. Jannah, "Kajian Perbandingan Respon Struktur Bangunan Bertingkat dengan Variasi Tata Letak Dinding Geser Akibat Beban Gempa Dinamik Respon Spektrum," Universitas Islam Indonesia, 2018.

## ANALISIS KEMACETAN LALU LINTAS PADA PASAR TUMPAH JI. ZAINAL ZAKSE KOTA MALANG

Hilarius Mali Loe<sup>1\*</sup>, Aji Suraji<sup>2</sup>, M. Cakrawala<sup>3</sup>

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

<sup>\*</sup>Email korespondensi : [hilariusmaliloe@gmail.com](mailto:hilariusmaliloe@gmail.com)

### ABSTRAK

Pasar Tumpah merupakan salah satu tata guna lahan yang menyebabkan tarikan lalu lintas menjadi tinggi sehingga terjadi kemacetan yang disebabkan oleh berkurangnya lebar efektif jalan karena adanya hambatan samping di badan jalan, tingginya volume kendaraan yang tidak diimbangi dengan ketersediaan infrastruktur (prasarana) jalan yang memadai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat pelayanan jalan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 serta bertujuan untuk mengetahui volume lalu lintas, penggunaan ruang jalan, kapasitas ruas jalan, kinerja ruas jalan Zainal Zakse. Data dalam penelitian ini diperoleh melalui observasi. Lokasi penelitian hanya dibatasi ruas jalan Zainal Zakse ( $\pm 600$  m), objek penelitian hanya pada aspek kelancaran lalu lintas, waktu survey yang dibutuhkan 6 hari dan 8 jam. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan angka hambatan samping sangat tinggi (VH) terjadi pada pukul 08.00-09.00 yaitu nilai total kejadian mencapai  $>900$  SF/jam (2136 SF/jam) dengan adanya parkir di sisi jalan yang mengurangi lebar efektif, didapat volume jam puncaknya berada pada jam 03.00-04.00 dengan total volume kendaraan yaitu 1186,7 smp/jam dan kapasitas 2061,90 smp/jam.

**Kata kunci :** Lalu Lintas, Kemacetan, Pasar Tumpah, Kota Malang, Volume, Kapasitas, Kinerja Ruas Jalan.

### ABSTRACT

*The Tumpah market is one of the land uses that causes high traffic pull, resulting in congestion caused by the reduced effective width of the road due to side barriers on the road, the high volume of vehicles that are not matched by the availability of adequate road infrastructure. This study aims to analyze the level of road service based on the 1997 Indonesian Road Capacity Manual and aims to determine traffic volume, road space usage, road capacity, and the performance of the Zainal Zakse road. The data in this study were obtained through observation. The research location is only limited to the Zainal Zakse road ( $\pm 600$  m), the object of research is only the aspect of traffic smoothness, the survey time required is 6 days and 8 hours. Based on the results of the study, the very high number of side barriers (VH) occurred at 08.00-09.00, namely the total value of the incident reached  $>900$  SF/hour (2136 SF/hour) with parking on the side of the road which reduced the effective width, the peak hour volume was found to be at 03.00-04.00 with a total volume of vehicles that is 1186.7 pcu/hour and capacity 2061.90 pcu/hour.*

**Keywords :** Traffic, Congestion, Tumpah Market, Malang City, Volume, Capacity, Road Performance.

## 1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan suatu wilayah biasanya diikuti oleh meningkatnya volume lalu lintas yang terjadi di perkotaan. Peningkatan arus lalu lintas menyebabkan masalah kemacetan sehingga seiring berjalannya waktu kondisi, kemacetan yang terjadi semakin memburuk. Hal ini dikarenakan perilaku masyarakat yang biasa dilakukan di area pasar berdampak terhadap arus lalu lintas. Hal lain yang mempengaruhi kemacetan lalu lintas disebabkan oleh pergerakan kendaraan yang keluar masuk pasar pada pagi hari dan sore hari. Keadaan tersebut masih pula diperparah dengan adanya parkir di badan jalan dan adanya pedagang kaki lima yang berjualan di badan jalan. Aktivitas tersebut dapat meningkatkan kepadatan lalu lintas dan menurunkannya kecepatan dan menimbulkan penumpukan kendaraan pada titik tertentu.

Pasar Rakyat tumpah terletak di Jalan Zainal Zakse, Kabupaten Kota Malang. Dengan perkembangan jaman yang semakin pesat, perkembangan sarana transportasi pada ruas jalan Zainal Zakse semakin ramai oleh pengunjung. Hal ini dilihat dari adanya masalah yaitu kemacetan arus lalu lintas pada ruas jalan Zainal Zakse, kawasan pasar tumpah yang merupakan salah satu pusat perniagaan/perdagangan di Kabupaten Kota Malang. Fenomena yang mengakibatkan kemacetan adalah aktifitas pasar yang menghasilkan hambatan samping, pelaku aktivitas pasar sering kali memarkirkan kendaraannya di bahu jalan yang mengakibatkan tingkat kejenuhan jalan melebihi kapasitas yang akhirnya membuat lalu lintas terhenti [1].

Kemacetan lalu lintas merupakan permasalahan yang dapat merugikan pengguna jalan dalam kenyamanan berkendara, kelelahan perjalanan, pemborosan waktu dan materi, sehingga dapat merugikan aktifitas perekonomian masyarakat [2]. Kemacetan arus lalu lintas terjadi karena adanya perilaku pemakai jalan yang tidak disiplin baik itu kendaraan bermotor maupun kendaraan tidak bermotor yang menaikkan, menurunkan penumpang dan atau aktivitas bongkar muat barang yang tidak teratur, pejalan kaki yang sering kali berjalan pada badan jalan dan menyeberang jalan tidak pada zebra cross serta penyalahgunaan tempat parkir oleh pemakai kendaraan bermotor maupun tidak bermotor pada kawasan pasar, tidak adanya rambu-rambu lalu lintas pada sepanjang Jalan Zainal Zakse, pedagang kaki lima yang salah menyalahgunakan bahu jalan untuk tempat transaksi jual beli. Permasalahannya adalah secara visual terlihat bahwa sirkulasi arus lalu lintas kendaraan bermotor (baik itu roda empat maupun roda dua) dan kendaraan lambat serta aktifitas manusia yang melewati ruas jalan pada kawasan pasar tersebut tidak teratur sehingga terjadinya kemacetan arus lalu lintas. Melihat permasalahan lalu lintas yang terjadi pada ruas jalan Zainal Zakse kawasan pasar rakyat maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas, derajat kejenuhan, kecepatan dan tingkat pelayanan pada ruas jalan Zainal Zakse Kota Malang.

Adapun upaya yang telah dilakukan pemerintah untuk mengatasi kemacetan diantaranya adalah dengan membuat peraturan perundang-undangan diantaranya adalah Undang-Undang Republik Indonesia No 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan [3], Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor PM 96 tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas [4], dan Manual Kapasitas Jalan Indonesia tahun 1997 [5].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Arus dan Komposisi Lalu Lintas

Kemacetan adalah keadaan dimana pada saat tertentu kendaraan yang sedang berjalan melewati suatu ruas jalan berhenti dalam waktu yang singkat maupun lama. Kemacetan merupakan bukti ketidakberesan pengaturan lalu lintas yang terjadi pada daerah perkotaan, tetapi kemacetan bukanlah sebuah fenomena baru [6]. Hampir semua kota besar baik di negara maju maupun negara yang sedang berkembang masih menghadapi masalah kemacetan paling sedikit pada jam-jam sibuk pagi dan sore hari. Kemacetan adalah kondisi dimana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas rencana jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan bebas ruas jalan tersebut mendekati atau melebihi 0 km/jam sehingga menyebabkan terjadinya antrian. Pada saat terjadinya kemacetan, nilai derajat kejenuhan pada ruas jalan akan ditinjau dimana kemacetan akan terjadi bila nilai derajat kejenuhan mencapai lebih dari 0,5 [5]. Kemacetan apabila ditinjau dari tingkat pelayanan jalan (Level of Service), pada saat  $LOS < C$ , kondisi arus lalu lintas mulai tidak stabil, kecepatan operasi menurun relatif cepat akibat hambatan samping yang timbul dan kebebasan bergerak relative kecil. Pada kondisi ini volume-kapasitas lebih besar atau sama dengan 0,8 ( $V/C > 0,8$ ). Dan pada akhirnya nilai LOS sudah mencapai tingkat pelayanannya, maka aliran lalu lintas menjadi tidak stabil sehingga terjadi tundaan berat yang disebut kemacetan lalu lintas [7]. Berdasarkan penyebab kemacetan yang dijelaskan oleh Aris [8], setiap penyebab kemacetan memiliki tingkat keseringan yang berbeda-beda. Tiga penyebab kemacetan terbesar, yaitu hambatan fisik (physical bottlenecks) dengan persentase 40%, kecelakaan lalu lintas (traffic incident) dengan persentase 25% dan keadaan cuaca yang buruk (bad weather) dengan persentase 15% [9].

Arus lalu lintas merupakan gabungan dari beberapa kendaraan dan pejalan kaki yang bergerak melalui lintasan yang sama [5]. Untuk mengukur arus ditentukan oleh kemampuan pengemudi dan pejalan kaki untuk mengantisipasi penggunaan jalan lainnya. Arus lalu lintas ( $Q$ ) untuk setiap arus gerakan kendaraan ringan, kendaraan berat, dan sepeda motor (QLV, QHV, dan QMC) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekuivalen kendaraan penumpang (emp). Arus lalu lintas jalan perkotaan dibagi menjadi empat jenis:

1. Kendaraan ringan (*Light Vehicle* = LV) yaitu kendaraan bermotor ber-as dua dengan 4 roda dan dengan jarak as 2,0-3,0 m (meliputi: mobil penumpang, mini bus, *pick-up*, oplet dan truk kecil).
2. Kendaraan berat (*Heavy Vehicle* = HV) yaitu kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,50 m, biasanya beroda lebih dari 4 (termasuk bis, truk 2 as, truk 3 as dan truk kombinasi).
3. Sepeda Motor (*Motor Cycle* = MC) yaitu kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi: sepeda motor dan kendaraan roda 3).
4. Kendaraan tak bermotor (*un motorized* = UM) yaitu klasifikasi-nya kendaraan yang menggunakan tenaga manusia atau hewan termasuk becak, sepeda. Kendaraan tak bermotor dimasukkan sebagai kejadian terpisah dalam faktor penyesuaian hambatan samping [5].

Dalam pengendalian arus lalu lintas, salah satu aspek yang sangat penting yaitu kapasitas jalan yang erat hubungannya dengan kecepatan dan volume lalu lintas. Besarnya kapasitas jalan tergantung pada lebar jalan dan penggunaan terhadap lalu lintas jalan tersebut. Nilai arus lalu lintas ( $Q$ ) mencerminkan komposisi lalu lintas, dengan menyatakan arus dalam satuan mobil penumpang (SMP). Semua ini arus lalu lintas (per arah dan total) diubah menjadi satuan penumpang (SMP) dengan menggunakan Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP). Ekuivalensi Mobil Penumpang untuk masing-masing tipe kendaraan tergantung pada tipe jalan dan arus lalu lintas total yang dinyatakan dalam (kend/jam).

## 2.2 Karakteristik Utama Arus Lalu Lintas

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, Ada 3 (tiga) karakteristik utama dari arus lalu lintas yang saling terkait yaitu volume, kecepatan, dan kepadatan. Sedangkan karakteristik sekunder yang terpenting yaitu antara kendaraan (*Headway*) yang terdiri dari jarak dan waktu antara kendaraan [5]. Volume arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati satuan penampang tertentu pada suatu ruas jalan tertentu dalam satuan waktu tertentu. Volume ( $Q$ ) dapat dihitung pada periode-periode waktu yang lain, tetapi pencahayaan-nya harus cukup panjang untuk menjamin bahwa variasi-variasi yang pendek tidak sampai mempengaruhi angka rata-rata. Volume dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q = Q_{LV} \times emp_{LV} + Q_{HV} \times emp_{HV} + Q_{MC} \times emp_{MC} \dots \dots \dots (1)$$

Kecepatan Arus Lalu lintas. Banyak kendaraan yang melewati satu titik pada ruas jalan dalam satu satuan waktu disebut kendaraan.

$$Q = N / T \dots \dots \dots (2)$$

Kecepatan arus bebas ( $FV$ ) didefinisikan sebagai kecepatan pada tingkat arus nol, yaitu kecepatan yang akan dipilih pengemudi jika mengendarai kendaraan bermotor tanpa dipengaruhi oleh kendaraan bermotor lain di jalan. Persamaan untuk penentuan kecepatan arus bebas mempunyai bentuk umum berikut:

$$FV = (FV_0 + FV_w) \cdot FFV_{SF} \cdot FFV_{CS} \dots \dots \dots (3)$$

Jumlah kendaraan yang menempati panjang ruas jalan tertentu atau lajur yang umumnya dinyatakan sebagai jumlah kendaraan per kilometer, atau jumlah kendaraan per kilometer per lajur (jika dalam ruas jalan tersebut terdiri dari banyak lajur). Kepadatan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$K = Q / L \dots \dots \dots (4)$$

Kepadatan/kerapatan sukar diukur secara langsung (karena diperlukan titik ketinggian tertentu untuk dapat mengamati jumlah kendaraan dalam panjang ruas jalan tersebut), sehingga besarnya kerapatan dapat ditentukan dari dua parameter sebelumnya, yaitu kecepatan dan volume yang mempunyai hubungan sebagai berikut:

$$K = Q / V \dots\dots\dots (5)$$

### 2.3 Kinerja Ruas Jalan

Kinerja ruas jalan adalah ukuran kuantitatif yang digunakan dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. Fungsi utama dari suatu jalan adalah memberikan pelayanan transportasi sehingga pemakai jalan dapat berkendara dengan aman dan nyaman. Parameter arus lalu lintas yang merupakan faktor penting dalam perencanaan lalu lintas adalah volume lalu-lintas, kecepatan arus bebas, kapasitas, derajat kejenuhan dan kecepatan tempuh [5].

### 2.4 Kapasitas

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu. Untuk jalan dua lajur dua arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah), tetapi untuk jalan dengan banyak lajur, arus dipisahkan per arah dan kapasitas ditentukan per lajur. Persamaan dasar untuk menentukan kapasitas adalah sebagai berikut:

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS} \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots (7)$$

### 2.5 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio volume (Q) terhadap kapasitas (C), digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan tingkat pelayanan yaitu untuk mengetahui kapasitas jalan bermasalah atau tidak. Derajat kejenuhan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$DS = Q / C \dots\dots\dots (6)$$

### 2.6 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan dinyatakan oleh tingkat kualitas arus lalu lintas yang sesungguhnya terjadi [5]. Tingkat pelayanan ini dinilai oleh pengemudi atau penumpang berdasarkan tingkat kemudahan dan kenyamanan pengemudi. Penilaian kenyamanan mengemudi dilakukan berdasarkan kebebasan memiliki kecepatan dan kebebasan bergerak (manuver). Manual kapasitas jalan Indonesia menyatakan bahwa kinerja ruas jalan minimal diukur berdasarkan hubungan antara lain  $Q/C$  dan kecepatan perjalanannya. Apabila  $Q/C > 0.75$  maka ruas jalan tersebut dikatakan bermasalah dengan kapasitas layanan. Tingkat pelayanan jalan merupakan kondisi gabungan seperti yang di tunjukkan pada grafik hubungan antara rasio volume terhadap kapasitas ( $Q/C$ ) dan kecepatan yang menggambarkan bahwa apabila volume kendaraan meningkat maka kecepatan kendaraan akan berkurang [5].

### 2.7 Karakteristik Jalan Perkotaan

Jalan perkotaan adalah jalan yang terdapat perkembangan secara permanen dan menerus disepanjang atau hampir seluruh jalan, minimum pada satu sisi jalan, baik berupa perkembangan lahan atau bukan. Yang termasuk kelompok jalan perkotaan adalah jalan yang berada di dekat pusat perkotaan dengan jumlah penduduk lebih dari seratus ribu jiwa.

### 2.8 Aktivitas Samping Jalan (hambatan samping)

Hambatan samping yaitu aktivitas samping jalan yang dapat menimbulkan konflik dan berpengaruh terhadap pergerakan arus lalu lintas serta menurunkan fungsi kinerja jalan. Banyak aktivitas samping jalan di Indonesia sering menimbulkan konflik, kadang-kadang besar pengaruhnya terhadap arus lalu-lintas. Tingkat hambatan samping dikelompokkan ke dalam lima kelas sebagai fungsi dari frekuensi kejadian hambatan samping sepanjang segmen jalan. Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, adapun tipe hambatan samping terbagi menjadi:

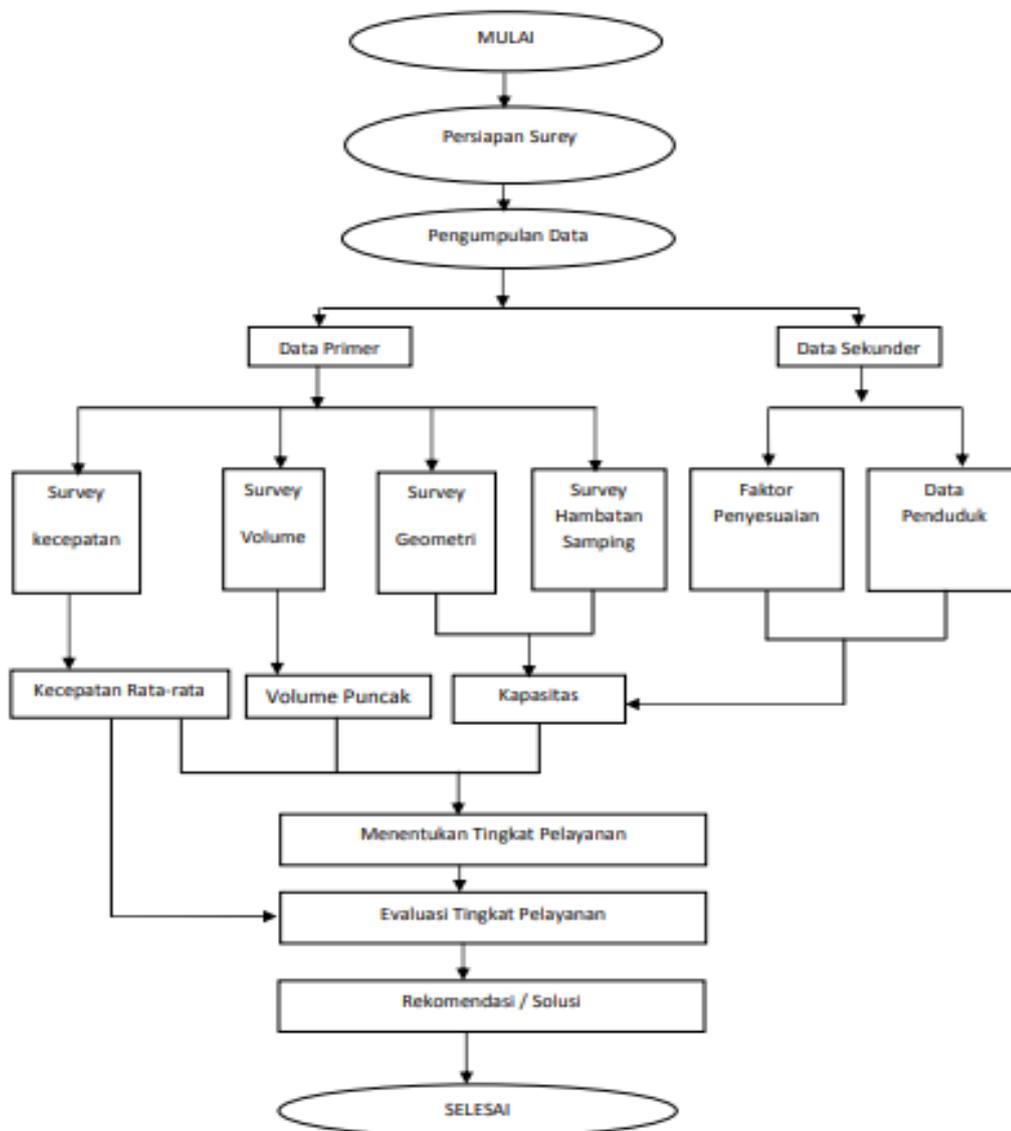
- a) Pejalan kaki dan penyeberangan jalan.
- b) Jumlah kendaraan berhenti dan parkir.

- c) Jumlah kendaraan bermotor yang masuk dan keluar dari lahan samping jalan dan jalan samping.
- d) Arus kendaraan lambat, yaitu arus total (kend/jam) sepeda, becak, delman, pedati, traktor, dll.

Lestari [10] melakukan Analisis Dampak Lalu Lintas pada Pasar Pagi di Pangkal Pinang, adanya penurunan kecepatan diakibatkan oleh adanya hambatan samping yang memengaruhi kondisi Jalan. Mustikarani [11] melakukan analisis penyebab kemacetan lalu lintas di Jl. H Rais A Rahman Kota Pontianak, didapatkan hasil kegiatan pasar tradisional dan pasar modern serta kegiatan parkir sembarangan menyebabkan kemacetan lalu lintas di sepanjang jalan tersebut. Adapula penelitian yang dilakukan Setiana [12] di Ruas Jalan Palmerah Barat DKI Jakarta, didapatkan hasil nilai tundaan di depan pasar akibat adanya hambatan samping yang disebabkan oleh pedagang kaki lima dan angkot berhenti, yaitu 10 menit.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir

#### 3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Dalam penelitian ini survei lapangan akan dilakukan pada lokasi pengamatan yaitu pada Ruas Jalan Zainal Zakse, Kabupaten Malang, Jawa Timur



**Gambar 2.** Peta Lokasi Penelitian

*Sumber: google earth*

Penelitian dilaksanakan pada hari Senin tanggal 24 Desember tahun 2020 sampai hari Sabtu tanggal 26 Desember tahun 2020. Arus lalu lintas selalu berubah sepanjang hari, banyaknya kendaraan yang lewat pada suatu tempat atau titik pada sore hari akan berbeda dengan siang hari atau pagi harinya. Pencatatan arus lalu lintas kendaraan dilakukan saat jam puncak di pagi hari, siang hari dan sore hari. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian ini adalah enam hari, dengan periode pengamatan hanya pada jam-jam sibuk yaitu pada pagi hari (dimulai dari pukul 06.00-09.00), pada siang hari (dimulai dari pukul 11.00-01.00), dan pada sore hari (dimulai dari pukul 03.00-05.00) dengan interval waktu 15 menit. Alasan pemilihan waktu survey pada jam-jam tersebut dikarenakan hasil dari survey pendahuluan menunjukkan pada jam-jam tersebut merupakan waktu sibuk untuk arus lalu lintas pada jalan Zainal Zakse.

### 3.3 Metode Pelaksanaan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Deskriptif diartikan sebagai suatu penjelasan yang memberikan gambaran tentang suatu objek, peristiwa, kegiatan atau fenomena yang terjadi. Sedangkan kuantitatif dimaksudkan untuk memberikan penjelasan, penilaian dan analisis dengan menggunakan besaran-besaran yang dapat diukur, dinyatakan dengan angka-angka. Pendekatan deskriptif dipakai untuk menggambarkan situasi dan kondisi kawasan serta untuk memperkirakan perkembangan kawasan, sedangkan pendekatan kuantitatif dipakai untuk menganalisis kapasitas dan kinerja jalan tersebut. Data diperoleh dengan cara pengamatan langsung di lapangan berupa:

#### A. Survei Pendahuluan

Survey pendahuluan dilakukan sebelum melakukan survey lapangan dengan tujuan menentukan waktu survey dan jumlah titik lokasi yang akan diteliti serta jumlah surveyor untuk membantu melakukan survey. Pada survey ini juga ditetapkan waktu pengamatan yaitu pada hari kerja normal, antara hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat dan Sabtu dengan jam pengamatan terbagi menjadi 3 (tiga) sesi pengamatan yaitu jam sibuk pagi, siang dan sore. Lokasi penelitian berlokasi di jalan Zainal Zakse. Dibutuhkan 15 orang surveyor, pada tiap titik ditempatkan 5 orang Surveyor untuk menghitung volume lalu lintas yang melewati titik pengamatan dengan pembagian tugas.

#### B. Survei Volume Jam Puncak

Survei perhitungan arus lalu lintas dilakukan dengan cara menghitung langsung jumlah kendaraan yang melewati di sepanjang koridor Jalan Zainal Zakse. Titik-titik penempatan surveyor ditetapkan di 2 (dua) lokasi titik survey di sepanjang lokasi kajian, yang dianggap mewakili titik terpadat dari volume lalu lintas yang melintas di sepanjang ruas jalan yang ditinjau. Alat yang digunakan dalam survei ini adalah alat tulis, stopwatch dan formulir survei, semua jenis kendaraan yang melewati titik pengamatan dicatat dan dihitung dalam periode 15 menit. Metode ini dikenal dengan istilah “*Manual count*”. Langkah-langkah melakukan survei ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan posisi pos pengamatan pada ruas jalan yang diamati.
- 2) Pencatatan dilakukan untuk semua jenis kendaraan yang melewati titik pengamatan
- 3) Jenis kendaraan yang dicatat adalah semua jenis kendaraan (kendaraan pribadi dan kendaraan umum) seperti sedan, jeep, mikrolet, mobil box, truk dan bus.

### C. Survei Kecepatan

Alat yang di gunakan pada survei kecepatan ini adalah alat tulis, Stopwatch, kendaraan contoh dan formulir survei (lihat Tabel 1). Kecepatan perjalanan di ukur menggunakan metode kendaraan contoh. Langkah-langkah survei kecepatan adalah sebagai berikut:

- 1) Tentukan titik awal dan titik akhir perjalanan kendaraan contoh.
- 2) Saat kendaraan contoh bergerak meninggalkan titik awal, perhitungan dimulai. Kendaraan ini harus bergerak sesuai dengan kecepatan arus.
- 3) Saat kendaraan contoh mencapai titik akhir jalur yang akan dihitung, perhitungan dengan stopwatch dihentikan kemudian dicatat waktu tempuh-nya.
- 4) Perhitungan ini dilakukan tiga sampai enam kali pada satu hari survei.
- 5) Data ini diambil nilai rata-rata-nya untuk menghitung kecepatan arus.

### D. Survei hambatan samping

- 1) Jumlah pejalan kaki yang melewati titik pengamatan per termin waktu tertentu, termasuk pola perjalanannya apakah berjalan pada bahu jalan atau pada trotoar.
- 2) Jumlah pejalan kaki yang menyeberang pada zebra cross dan pada sembarang tempat.
- 3) Jumlah kendaraan parkir dan pola parkir-nya, apakah parkir sejajar atau parkir berganda.
- 4) Jumlah kendaraan yang bergerak lambat, seperti kereta atau gerobak.
- 5) Jumlah kendaraan masuk dan keluar dari dan lahan samping jalan.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

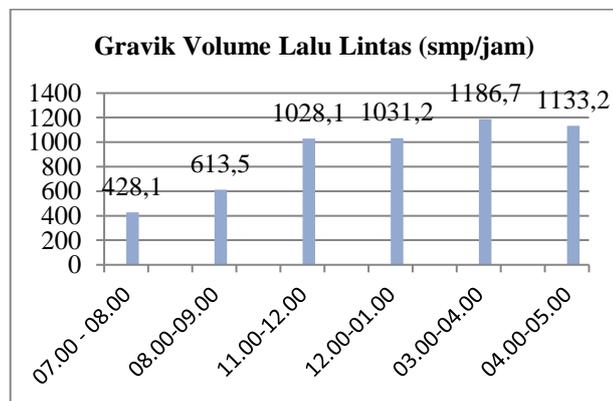
### 4.1 Volume Lalu Lintas

Perhitungan volume lalu lintas maksimum di rekapitulasi dari hasil penelitian selama enam hari, jam 07.00-08.00 = 428,1 smp/jam, 08.00-09.00 = 613,5 smp/jam, 11.00-12.00 = 1028,1 smp/jam, 12.00-01.00 = 1031,2 smp/jam, 03.00-04.00 = 1186,7 smp/jam, 04.00-05.00 = 1133,2 smp/jam. Dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1. Hasil perhitungan dan rekapitulasi semua hasil perhitungan maka didapatkan volume jam puncaknya berada pada jam 03.00 – 04.00 dengan total volume kendaraan yaitu 1186,7 smp/jam.

**Tabel 1.** Volume Lalu Lintas

Waktu	Volume (Kendaraan/Jam)		
	Titik 1 - Titik2	Titik 2 - Titik 1	Total (smp/jam)
07.00-08.00	177.7	250.4	428.1
08.00-09.00	253.9	359.6	613.5
11.00-12.00	456.2	571.9	1028.1
12.00-01.00	471.2	560	1031.2
03.00-04.00	565.1	621.6	1186.7
04.00-05.00	582.6	550.6	1133.2

*Sumber: Hasil Perhitungan*



**Gambar 3.** Grafik Volume Lalu Lintas

*Sumber: Hasil Perhitungan*

## 4.2 Kapasitas

Hasil nilai kapasitas di dapat dari rumus perhitungan kapasitas yang ada pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. Hasil perhitungan nilai kapasitas berada pada 2061,90 smp/jam. Dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kapasitas

Jam	Kapasitas $C = Co * FCw * FCsp * FCsf * FCcs$					Kapasitas (C) (smp/jam)
	kapasitas dasar $C_o$ (smp/jam)	Faktor penyesuaian lebar jalan ( $FC_w$ )	Faktor penyesuaian arah ( $FC_{sp}$ )	Faktor ukuran kota ( $FC_{cs}$ )	Faktor hambatan samping ( $FC_{sf}$ )	
07.00-08.00	2900	1	1	0.9	0.79	2061.90
08.00-09.00	2900	1	1	0.9	0.79	2061.90
11.00-12.00	2900	1	1	0.9	0.79	2061.90
12.00-01.00	2900	1	1	0.9	0.79	2061.90
03.00-04.00	2900	1	1	0.9	0.79	2061.90
04.00-05.00	2900	1	1	0.9	0.79	2061.90

*Sumbar: Hasil Perhitungan*

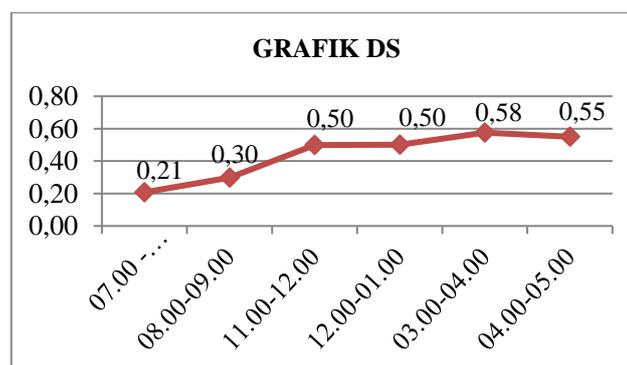
## 4.3 Derajat Kejenuhan

Perhitungan derajat kejenuhan memakai volume jam puncak yang sudah didapat yang berada pada jam 03.00 – 04.00 dan juga memakai data hasil hitungan kapasitas. Derajat kejenuhan berada pada jam puncak 03.00 – 04.00 dengan angka derajat kejenuhan 0,58. Dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4.

**Tabel 3.** Derajat Kejenuhan

Jam	Derajat Kejenuhan (DS) (det/smp)
07.00-08.00	0.21
08.00-09.00	0.30
11.00-12.00	0.50
12.00-01.00	0.50
03.00-04.00	0.58
04.00-05.00	0.55

*Sumber: Hasil Perhitungan*



**Gambar 4.** Grafik Derajat Kejenuhan

*Sumber: Hasil Perhitungan*

## 4.4 Kecepatan

Kecepatan diambil dari sampel kendaraan yang diamati dimulai dari start kendaraan macet/antrean hingga kendaraan melewati titik kemacetan. Hasil survey lapangan dikonversikan ke satuan km/jam sehingga didapat kecepatan kendaraan di lapangan. Kecepatan kendaraan sepeda motor 4,81 km/jam, kendaraan ringan 4,40 km/jam, kendaraan berat 4,81 dan kendaraan tak bermotor 3,58 km/jam. Dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Kecepatan Kendaraan

Arah	Kecepatan Rata-Rata			
	Jenis Kendaraan			
	Sepeda Motor (MC)	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat (HV)	Kendaraan Tak Bermotor (UM)
	( Km / Jam)	( Km / Jam)	( Km / Jam)	( Km / Jam)
Titik1 - Titik 2	4.81	4.40	4.81	3.58

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.5 Tingkat Pelayanan

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan dikendalikan, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan, batas lingkup V/C 0,45 – 0,74, tingkat pelayanan C. Tingkat pelayanan yang terjadi pada kondisi eksisting, derajat kejenuhan 0,58 berada pada tingkat pelayan C dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan			
Arus lalu lintas (Q) (smp/jam)	Kapasitas (C) (smp/jam)	Derajat kejenuhan (DS)	Tingkat Pelayanan Simpang
1186.70	2061.90	0.58	C

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan analisis data awal dan rekomendasi pada perhitungan di atas didapatkan permasalahan yang terjadi pada ruas Jalan Zainal Zakse Kota Malang yaitu permasalahan pada lebar jalan, sedangkan lebar jalan sebelumnya adalah 7 meter (m) tetapi karena adanya parkir kendaraan dan kendaraan angkutan umum yang melakukan bongkar muat penumpang pada ruas jalan tersebut sehingga memakai sebagian badan jalan yang mengakibatkan lebar jalan tersisa hanya 3 meter (m) dan kecepatan untuk sepeda motor 16 km/jam, kendaraan ringan 12 km/jam, kendaraan berat 10 km/jam dimana berdasarkan perhitungan data di lapangan tidak sesuai lagi dengan aturan pada fungsi jalan dan dari parkir kendaraan dan aktifitas kendaraan angkutan umum ini yang mengakibatkan terjadinya kemacetan pada volume jam puncak yang dikarenakan lebar jalan yang telah berkurang ada pula terjadi kemacetan di luar jam puncak karena adanya hambatan samping berupa pejalan kaki, kendaraan yang berhenti pada badan jalan karena ingin berbelanja pada penjual sayuran dan yang ingin menumpang pada angkutan umum yang berada pada pinggir ruas jalan tersebut dan pedagang kaki lima yang berjualan di tepi jalan.

## 5. KESIMPULAN

Volume jam puncak yang berada pada jam 03.00 – 04.00 memiliki total volume kendaraan yaitu 1186,7 smp/jam. Hasil nilai kapasitas yang telah di dapat adalah 2061,90 smp/jam yang mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. Derajat kejenuhan berada pada jam puncak 03.00 – 04.00 dengan angka derajat kejenuhan 0,58. Kecepatan kendaraan pada ruas jalan Zainal Zakse mengalami kemacetan (antrean) kecepatan yang terjadi, sepeda motor 4,81 km/jam, kendaraan ringan 4,40 km/jam, kendaraan berat 4,81 km/jam dan kendaraan tak bermotor 3,58 km/jam. Tingkat pelayanan yang terjadi pada kondisi existing dengan kategori pelayanan C, jalan kolektor sekunder jalan kota.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Birawan Aulia Abshar, Soedwihajono, and K. Nurhadi, "Pengaruh Aktivitas Pasar Terhadap Karakter Lalu Lintas: Studi Kasus Area Pasar Gede Surakarta," *Jurnal Desa-Kota UNS*, vol. 2, no. 2, pp. 175–185, 2020, [Online]. Available: <http://jurnal.uns.ac.id/jdk>
- [2] R. Aprilianto and T. Sudibyo, "Analisis Kemacetan dan Perkiraan Tingkat Pelayanan Jalan Pada Masa Mendatang (Studi Kasus Jalan Raya Sawangan Depok)," *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 03, no. 02, Aug. 2018.
- [3] DPR Republik Indonesia and Presiden Republik Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009*. Indonesia: Undang-Undang Dasar Negara Republik

- Indonesia Tahun 1945, 2009.
- [4] Menteri Perhubungan Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015*. Indonesia: UUD 1945, 2015.
  - [5] Direktorat Jenderal Bina Marga, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. 1997.
  - [6] O. H. Clarkson and Gary R. H., *Teknik Jalan Raya*, 4th ed. Jakarta: Erlangga, 1988.
  - [7] O. Z. Tamin, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2000.
  - [8] A. Aris and K. Ashar, “Analisis Dampak Sosial Ekonomi Pengguna Jalan Akibat Kemacetan Lalulintas (Studi Kasus Area Sekitar Universitas Brawijaya Malang),” *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB*, vol. 1, no. 2, pp. 1–14, 2012.
  - [9] A. Aris, “Analisis Dampak Sosial Ekonomi Pengguna Jalan Akibat Kemacetan Lalulintas (Studi Kasus Area Universitas Brawijaya Malang),” *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB*, vol. 1, no. 2, Jul. 2013.
  - [10] F. A. Lestari and Y. Apriyani, “Analisis Dampak Lalu Lintas Akibat Adanya Pusat Perbelanjaan Dikawasan Pasar Pagi Pangkalpinang Terhadap Kinerja Ruas Jalan,” *Jurnal Fropil*, vol. 2, no. 1, pp. 32–44, 2014.
  - [11] W. Mustikarani and Suherdiyanto, “Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kemacetan Lalu Lintas di Sepanjang Jalan H Rais A Rahman (Sui Jawi) Kota Pontianak,” *Jurnal Edukasi*, vol. 14, no. 1, pp. 143–155, Jun. 2016.
  - [12] V. A. Setiana and B. H. Susilo, “Analisis Kemacetan Lalu Lintas Pada Pasar Palmerah di Ruas Jalan Palmerah Barat,” in *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, Sep. 2019, pp. 379–384.

## **ANALISA PERCEPATAN WAKTU TERHADAP BIAYA DENGAN SISTEM SHIFT MENGGUNAKAN *PRECEDENCE DIAGRAM METHOD*, *FAST-TRACK* DAN *CRITICAL PATH METHOD***

**Dinda Ayu Devi<sup>1</sup>, Dafid Irawan<sup>2\*</sup>, M. Cakrawala<sup>2</sup>**

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

<sup>\*</sup>Email Korespondensi : [dafidirawan05@yahoo.com](mailto:dafidirawan05@yahoo.com)

### **ABSTRAK**

Proyek adalah sebuah kegiatan yang bersifat sementara yang telah ditetapkan awal pekerjaannya dan waktu selesainya. Proyek dalam studi ini start pekerjaannya mengalami keterlambatan selama 12 hari, sehingga dengan menggunakan kurva S yang telah dibuat oleh kontraktor sebelumnya, dapat dipastikan selesainya proyek tersebut akan mengalami keterlambatan. Oleh karena itu perlu dilakukan penjadwalan ulang dalam proyek tersebut dengan berbagai metode kerja supaya selesai pada batas waktu yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan jam kerja sistem shift untuk dapat mempercepat durasi waktu proyek yang akan dianalisis dengan membandingkan metode Precedence Diagram Method (PDM), Fast-Track dan Critical Path Method untuk mendapatkan pekerjaan yang berada pada jalur kritis dan dilakukan percepatan. Setelah durasi percepatan diketahui, maka akan di analisa mengenai dampak durasi waktu terhadap biaya proyek. Dari hasil Analisa, diperoleh hasil pada durasi normal selama 180 hari mengalami keterlambatan selama 12 hari sehingga pada kondisi normal dibutuhkan tambahan biaya untuk membayar denda sebesar Rp 210.714.001,34. Setelah percepatan durasi waktu dari 180 hari menjadi 152 hari untuk metode CPM dan PDM, sedangkan untuk metode fast track menjadi 147 hari. Dampak percepatan waktu terhadap biaya mengalami peningkatan sebesar 0,55% yakni Rp 96.612.415,31 untuk metode PDM dan CPM, sedangkan metode fast track biaya mengalami peningkatan sebesar 0,53% yakni Rp 92.695.605,71 dari durasi normal.

**Kata Kunci :** Percepatan Waktu, *Shift*, *Precedence Diagram Method*, *Fast-Track*, *Critical Path Method*.

### **ABSTRACT**

*A project is a temporary activity that has a predetermined start and completion time. The project in this study has a 12-day delay in starting work, so by using the S curve that has been made by the previous contractor, it can be ascertained that the completion of the project will experience delays. Therefore, it is necessary to reschedule the project with various work methods so that it is completed within the specified time limit. In this study, researchers used the shift system to speed up the duration of the project to be analyzed by comparing the Precedence Diagram Method (PDM), Fast-Track and Critical Path Method to get work that was on the critical path and accelerated. After the acceleration duration is known, it will be analyzed regarding the impact of time duration on project costs. From the results of the analysis, it was found that the normal duration of 180 days experienced a delay of 12 days so that in normal conditions an additional fee was required to pay a fine of Rp. 210,714,001.34. After accelerating the time duration from 180 days to 152 days for the CPM and PDM methods, while for the fast track method it becomes 147 days. The impact of time acceleration on costs increased by 0.55%, namely Rp. 96,612,415.31 for the PDM and CPM methods, while the cost fast track method increased by 0.53%, namely Rp. 92,695,605.71 from the normal duration.*

**Keywords:** Time Acceleration, *Shift*, *Precedence Diagram Method*, *Fast-Track*, *Critical Path Method*.

## 1. PENDAHULUAN

Proyek adalah sebuah kegiatan yang bersifat sementara yang telah ditetapkan awal pekerjaannya dan waktu selesainya. Biasanya selalu dibatasi oleh waktu dan juga dibatasi oleh sumber pendanaan untuk mencapai tujuan dan hasil mutu yang berkualitas. Suatu proyek bisa berjalan lancar menuju tujuan proyek dengan spesifikasi yang telah ditentukan di awal, tentunya dalam hal ini diperlukan manajemen proyek yang baik. Pada proses ini, banyak hal seperti anggaran, tenggat waktu, mutu dan lingkup proyek yang harus direncanakan. Namun kebanyakan proyek, khususnya konstruksi bangunan gedung seringkali pelaksanaan di lapangan tidak sesuai dengan waktu yang telah dijadwalkan akibatnya berpengaruh pada biaya proyek, Baik biaya langsung maupun biaya tidak langsung. Sehingga dalam perencanaan dan pelaksanaan sebuah proyek perlu diadakan langkah percepatan waktu supaya proyek selesai tepat waktu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempercepat durasi waktu proyek menggunakan sistem *shift* menggunakan metode PDM, *Fast-track* dan CPM serta menganalisa biaya disebabkan perubahan durasi tersebut pada proyek Pengembangan Gedung Laboratorium dan Bengkel Elektronika Polinema.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Percepatan Waktu

Definisi dasar percepatan waktu adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal merupakan pengertian percepatan waktu proyek. Ada kalanya durasi proyek harus dipersingkat dengan memperhatikan berbagai hal dari pemilik proyek [1]. Durasi percepatan maksimum dibatasi oleh luas proyek atau lokasi kerja, namun ada faktor untuk melaksanakan percepatan suatu aktivitas, yaitu meliputi penambahan jumlah tenaga kerja, penjadwalan lembur, penggunaan alat berat, dan pengubahan metode konstruksi di lapangan [2]. Percepatan dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain: menambah sumber daya berkualitas, penambahan waktu kerja (lembur), mengatur kembali jadwal yang terlambat maupun saling tukar tenaga kerja yang memiliki keahlian yang sama [3]. Namun, pada penelitian ini hanya akan dilakukan percepatan dengan metode penambahan jam kerja (lembur). Dalam metode ini harus diperhatikan beberapa hal antara lain kondisi ruang gerak di tempat kerja yang mengharuskan menggunakan sejumlah pekerja tertentu dan penggunaan pekerja yang lebih banyak akan menurunkan produktifitas kelompok kerja tersebut.

### 2.2 Biaya Proyek Konstruksi

Biaya konstruksi adalah biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan suatu proyek. Kebijakan pembiayaan biasanya dipengaruhi oleh kondisi keuangan perusahaan yang bersangkutan [4]. Bila kondisi keuangan tidak dapat menunjang kegiatan pelaksanaan proyek, dapat ditempuh dengan cara peminjaman kepada bank atau lembaga keuangan untuk keperluan pembiayaan secara tunai agar dapat menekan biaya, namun harus membayar bunga pinjaman atau tidak meminjam uang, namun menggunakan kebijakan kredit barang atau jasa yang diperlukan. Dengan menggunakan cara ini akan dapat menghindari bunga pinjaman, namun harga yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan cara tunai. Perhitungan biaya proyek sangat penting dilakukan dalam mengendalikan sumber daya yang ada mengingat sumber daya yang ada semakin terbatas. Untuk itu, peran seorang cost engineer ada dua yaitu, memperkirakan biaya proyek dan mengendalikan (mengontrol) realisasi biaya sesuai dengan batasan-batasan yang ada pada estimasi [5].

### 2.3 Sistem *Shift*

Salah satu solusi yang paling mungkin digunakan untuk pemenuhan tuntutan seiring semakin bertambahnya permintaan barang-barang produksi adalah sistem *shift*. Sistem ini dipandang akan bisa menambah tingkat produktifitas suatu perusahaan yang menggunakannya [6]. Dalam jurnal yang dipublikasikan tentang *shift* kerja [7], dikatakan bahwa sistem *shift* kerja berbeda. *Shift* kerja

dapat dibagi menjadi 3 jenis, yakni:

- a. *Permanent*, yaitu orang bekerja secara teratur pada satu shift saja yaitu pagi atau sore atau malam hari, atau dirotasi (beberapa orang bergantian secara periodik pada shift yang berbeda).
- b. *Continous*, bekerja selama seminggu penuh, atau discontinuous yaitu libur pada akhir pekan atau pada hari minggu saja.
- c. *With or without night work*, waktu kerja dapat dilakukan pada semua atau hanya sebagian malam saja, dan jumlah kerja malam per minggu/bulan/tahun dapat bervariasi.

Berikut ini adalah tahapan analisa sistem *shift* yaitu:

### 1) Perhitungan Biaya Normal (*Normal Cost*)

Normal cost adalah total cost yang dikeluarkan dari setiap kegiatan, yakni dari biaya normal upah dan biaya normal material [8]. Normal cost dapat ditemukan pada Rencana Anggaran Biaya proyek tersebut.

- Nilai Koefisien Upah dan Bahan

Koefisien adalah jumlah bahan yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah item pekerjaan. Untuk menghitung harga normal bahan dan upah dibutuhkan menentukan koefisien bahan dan koefisien upah terlebih dahulu. Untuk menentukan nilai koefisien bahan dan upah adalah sebagai berikut:

$$\text{Koefisien bahan} = \frac{\text{biaya bahan}}{\text{biaya bahan dan upah}} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Koefisien upah} = \frac{\text{cost upah}}{\text{cost bahan dan upah}} \dots\dots\dots (2)$$

- Biaya Normal Bahan

Biaya Normal bahan adalah biaya yang dikeluarkan dari pekerjaan dan dapat dilihat pada Rencana Anggaran Biaya pada proyek tersebut. Untuk menghitung biaya normal bahan adalah sebagai berikut :

$$\text{Biaya Normal Bahan} = \text{koef. bahan} \times \text{biaya upah dan bahan} \times \text{volume pekerjaan} \dots\dots\dots (3)$$

- Biaya Normal Upah

Biaya Normal upah merupakan biaya yang dikeluarkan dari pekerjaan dan dapat dilihat pada Rencana Anggaran Biaya pada proyek tersebut. Untuk menghitung biaya upah bahan adalah sebagai berikut :

$$\text{Biaya Normal Upah} = \text{koef. upah} \times \text{biaya upah dan bahan} \times \text{volume pekerjaan} \dots\dots\dots (4)$$

### 2) Penjadwalan dan Penentuan kegiatan Kritis

Pada penjadwalan, harus mengetahui masing-masing item pekerjaan pada proyek terlebih dahulu, dengan melihat *time schedule* proyek durasi setiap item pekerjaan dalam penelitian ini bisa diketahui. Setelah ditemukan, langkah selanjutnya adalah menentukan hubungan tiap item pekerjaan atau pekerjaan awal dari setiap pekerjaan yang ditinjau dalam kondisi normal pada jaringan kerja tiap-tiap pekerjaan yang dimodelkan pada *Microsoft Project 2010*. Akan didapat item pekerjaan yang termasuk dalam jalur kritis dengan ciri bar chart dan network diagram berwarna merah. Pekerjaan yang termasuk pada lintasan kritis inilah selanjutnya dilakukan percepatan (*crashing*). Setelah hubungan pekerjaannya di input ke software *Microsoft Project 2010*, didapatkan hasil beberapa pekerjaan apa saja yang berada di lintasan kritis [9].

### 3) Analisis Produktifitas Tenaga

Setelah item pekerjaan jalur kritis diketahui, selanjutnya dapat dilakukan analisa percepatan pada item pekerjaan-pekerjaan di lintasan kritis. Namun sebelum dilakukan percepatan, harus dilakukan analisa jumlah kebutuhan pekerja pada pekerjaan normal sesuai dengan nilai

koefisien pada Analisa Harga Satuan Pekerjaan.

- Produktivitas Kerja Per Hari  
Kapasitas kerja per hari dipakai untuk menentukan banyaknya kebutuhan pekerja pada pekerjaan yang berada di jalur kritis, sebelum akhirnya memperoleh nilai produktivitas. Kapasitas kerja per hari dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas kerja} = \frac{1}{\text{koefisien tenaga kerja}} \dots\dots\dots (5)$$

- Jumlah Tenaga per Hari  
Langkah selanjutnya setelah nilai produktivitas tenaga kerja ditentukan ialah menghitung jumlah pekerja per hari dengan rumus sebagai berikut ini:

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{kapasitas kerja} \times \text{durasi pekerjaan}} \dots\dots\dots (6)$$

- Menghitung Upah per-hari Tenaga Kerja Pekerjaan Normal  
Untuk mencari nilai upah per hari tenaga kerja pada pekerjaan normal maka dibutuhkan data jumlah tukang pada pekerjaan normal, dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Harga upah} = \text{Jumlah tenaga kerja} \times \text{Harga satuan tenaga kerja} \dots\dots\dots (7)$$

#### 4) Perhitungan Biaya dan Durasi Percepatan

Pada penelitian ini proses percepatan (*crashing*) adalah dengan menggunakan sistem shift. Sehingga hasil tersebut akan dianalisis dengan durasi dan dampak terhadap biaya pada pekerjaan normal [10].

- Menentukan Produktivitas Kerja Shift Per-Hari  
Kapasitas kerja Shift per hari memiliki perbedaan dengan menentukan produktivitas kerja biasa, menurut penelitian Harma [11] koefisien produktifitas tenaga kerja pada sistem *shift* adalah dari 11%-17%. Namun dalam penelitian ini, peneliti mengambil 15% untuk produktifitas shift malam dari produktifitas *shift* pagi.
- Menentukan Jumlah Tenaga per Hari  
Kebutuhan tenaga kerja per hari pada proyek Laboratorium, dihitung berdasarkan volume masing-masing pekerjaan. Kemudian dicari produktifitas dari setiap pekerjaan dan menggunakan koefisien dari SNI beton.
- Menentukan Durasi Kerja *Crashing*  
Proyek Pembangunan Laboratorium Polinema akan dipercepat dengan mengurangi durasi pada pekerjaan yang berada pada jalur kritis dengan perhitungan dari system shift. Kemudian durasi normal dikalikan dengan volume pekerjaan dan dibagi dengan produktifitas shift.

#### 5) Menentukan *Cost Slope*

Mencari nilai *cost slope* per hari dan menghitung *cost slope* total pada semua kegiatan yang berada pada jalur kritis. Dimana guna dari nilai *cost slope* adalah untuk mengetahui perbandingan antara penambahan biaya dan percepatan waktu penyelesaian proyek [12].

#### 2.4 Precedence Diagram Method (PDM)

*Precedence Diagram Method* (PDM) diperkenalkan oleh J. W. Fondahl [13] dari Universitas Stanford USA pada awal dekade 60-an. Metode PDM adalah jaringan kerja yang termasuk klasifikasi aktivitas berada di node atau disebut juga *Activity On Node* (AON). Aktivitas dituliskan di dalam node yang umumnya berbentuk segi empat, sedangkan anak panah hanya sebagai petunjuk hubungan antara aktivitas yang bersangkutan dan bukan menyatakan kurun waktu aktivitas seperti pada metode *Critical Path Method*. Kelebihan metode PDM dibandingkan dengan diagram panah (*arrow diagram*) adalah [14]:

- a. Tidak memerlukan kegiatan fiktif (*dummy*) sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana
- b. Hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan

### 2.5 Fast-Track

Metode *Fast-track* adalah metode pengelolaan penjadwalan proyek secara paralel yang mengakibatkan waktu pelaksanaan lebih cepat dari perencanaan semula [15]. Dalam perhitungan durasi, metode *fast-track* menggunakan *constrain start to start*. Maka dari itu, dalam studi ini untuk menghitung kebutuhan durasi metode *fast-track*, peneliti merubah *predecessors* dari *finish to start* atau *finish to finish* menjadi *start to start* dengan bantuan program *Microsoft project*, sehingga muncul durasi yang dibutuhkan secara otomatis [16].

Keuntungan *Fast-Track*:

- a. Fungsi infrastruktur yang bersangkutan jadi lebih cepat.
- b. Mendapatkan profit finansial dari dimanfaatkannya infrastruktur tersebut.
- c. Pereduksian penjadwalan.

Kelemahan *Fast-Track*:

- a. Resiko kesalahan pekerjaan bertambah.
- b. Peningkatan jumlah sumber daya

Tahapan metode *Fast-track* adalah :

- a. Memasukkan kemajuan proyek ke dalam *Ms. project*.
- b. Mencari lintasan kritis setelah progress yang belum dilakukan pelaksanaan pekerjaan.
- c. Mempercepat lintasan kritis tersebut dengan menariknya.
- d. Bila masih belum lakukan kembali penarikan lintasan kritis.

Tjaturono [17] mengemukakan tahapan atau syarat yang harus dilakukan dalam pengoperasian metode *fast-track* terhadap kegiatan pada lintasan kritis adalah sebagai berikut:

- a. Prinsip *start to start* yakni aktifitas pada jalur kritis dibuat prinsip sistem paralel atau penyelesaian aktivitas satu dengan aktivitas yang lain.
- b. Penjadwalan yang masuk akal antara aktivitas satu dengan yang lainnya sehingga masuk akal untuk dapat diterapkan yang meliputi: tenaga kerja, produktivitas pekerja, kebutuhan bahan, peralatan, teknis, dan finansial).
- c. *Fast-track* digunakan hanya pada jalur kritis saja, terutama pada aktivitas yang mempunyai durasi waktu yang lama.
- d. Waktu tersingkat yang akan dilakukan operasi *fast-track* ialah  $\geq 2$  hari.
- e. Hubungan antar aktivitas kritis yang akan dilakukan *fast-track*:
  - Jika durasi  $j >$  durasi  $i$ , maka aktivitas kritis  $j$  bisa dimulai setelah durasi aktivitas  $i$  telah berjalan  $\geq 1$  hari dan aktivitas  $i$  harus selesai awal atau bisa selesai secara bersamaan.
  - Jika durasi  $j <$  durasi  $i$ , maka aktivitas  $j$  bisa dilaksanakan bila sisa durasi aktivitas  $i \leq$  durasi  $j$ . Dan selayaknya dua aktivitas tersebut bisa selesai bersamaan.
- f. Cek *float* pada aktivitas yang tidak di jalur kritis, masih memenuhi syarat dan statusnya tidak kritis setelah dilakukan *fast-track*.
- g. Jika sesudah dilakukan *fast-track* tahap pertama, dan diikuti jalur kritis yang geser, maka lakukan tahapan yang sama seperti sebelumnya pada aktivitas jalur kritis yang baru. Ini dilakukan kontinyu sampai beberapa tahap dan tercapainya waktu jenuh yakni sampai tidak ada aktifitas yang dapat dilakukan *fast-track*, kemudian hitung waktu yang didapatkan setelah *fast-track* melalui beberapa tahap sampai waktu jenuh
- h. Sebaiknya percepatan yang dilakukan tidak melebihi 50% dari durasi normal. Karena pengaplikasian *fast-track* untuk mereduksi durasi yang melebihi 50% justru sering atau bisa menghasilkan pembengkakan biaya yang sangat besar sehingga *fast-track* menjadi tidak efisien dan ekonomis.

## 2.6 Critical Path Method (CPM)

*Critical Path Method (CPM)* atau metode lintasan kritis merupakan model kegiatan proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan. Kegiatan yang digambarkan sebagai titik pada jaringan dan peristiwa yang menandakan awal atau akhir dari kegiatan digambarkan sebagai busur atau garis antara titik. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Dari Kurva S dilakukan penyusunan urutan kegiatan sesuai logika ketergantungan. Kemudian dilakukan penjadwalan dengan menggunakan jaringan kerja metode CPM untuk mengetahui lintasan kritis dari beberapa kegiatan dalam proyek tersebut.
- b. Melakukan percepatan untuk mempercepat pekerjaan kolom yang berada pada jalur kritis. Pada pekerjaan kolom setiap zona di masing-masing lantai dipercepat 1 hari.
- c. Menghitung biaya langsung, biaya tidak langsung, dan total biaya pada kondisi normal dan kondisi percepatan pada pekerjaan kolom yang terdapat pada jalur lintasan kritis.
- d. Mempercepat pekerjaan pelat lantai dan balok yang terdapat dalam jalur kritis. Pada pekerjaan pelat lantai dan balok masing-masing zona di tiap lantai dipercepat 1 hari.
- e. Hitung biaya langsung, biaya tidak langsung, dan total biaya pada kondisi normal dan kondisi crashing pada pekerjaan pelat lantai dan balok yang berada di jalur kritis.
- f. Melakukan percepatan pekerjaan kolom, pelat lantai dan balok yang berada pada jalur kritis (Skenario 3).
- g. Hitung biaya langsung, biaya tidak langsung, dan total biaya pada kondisi normal dan kondisi percepatan pada pekerjaan kolom, pelat lantai dan balok yang berada pada jalur kritis.
- h. Gambarkan dalam bentuk grafik perbandingan antara waktu dan biaya untuk mengetahui titik paling optimum sehingga didapatkan durasi pekerjaan tercepat dengan biaya yang optimal.
- i. Dari teori di atas perbedaan antara CPM dan PDM terletak pada penggambaran diagram, dimana CPM menggunakan *Activity On Arrow (AOA)* sedangkan PDM menggunakan *Activity On Node (AON)*. Mengenai hasil perhitungan durasi pekerjaan, PDM dan CPM memiliki hasil yang sama.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Penelitian

Ditinjau dari metodenya, penelitian ini adalah jenis penelitian bersifat kuantitatif menggunakan analisis untuk optimalisasi waktu proyek yang akan dilakukan *crashing* dengan cara membuat jam kerja sistem *shift* dengan menggunakan tiga metode.

### 3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian Skripsi dengan judul “Analisa Percepatan Waktu dan Biaya dengan Sistem *Shift* menggunakan *Precedence Diagram Method, Fast-Track* dan *Critical Path Method* (Studi Kasus: Proyek Pengembangan Gedung Laboratorium dan Bengkel Elektronika Polinema)” yaitu:

- Nama Proyek : Pengembangan Gedung Laboratorium dan Bengkel Program Studi Teknik Elektronika
- Lokasi Proyek : Jalan Soekarno Hatta No. 9 Lowokwaru, Malang
- Luas Lahan : 1.632 m<sup>2</sup>
- Fungsi Bangunan : Laboratorium dan Bengkel Teknik Elektro
- Pemilik : Politeknik Negeri Malang
- Konsultan Pengawas : PT. Biola Teknik Indonesia
- Kontraktor Sipil : PT. Reka Yakti Sadhana
- Sub Kontraktor MEP : CV. Mahardhika Jaya
- Waktu Pelaksanaan : 18 Juni 2019 – 16 Desember 2019

### 3.3 Teknik Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data yang sesuai dengan masalah yang diteliti atau yang akan dibahas, peneliti menggunakan teknik pengumpulan data berdasarkan sumber yang digunakan yaitu data internal yakni data dari dalam suatu organisasi yang menggambarkan keadaan suatu organisasi tersebut. Contoh : suatu perusahaan, jasa kontraktor dan lain sebagainya. Data eksternal yakni data dari luar suatu organisasi yang dapat menggambarkan faktor yang kemungkinan dapat mempengaruhi hasil kerja dalam suatu organisasi. Berdasarkan dari cara memperolehnya, dibagi menjadi dua yaitu Data Primer (*Primary data*), yakni data yang dikumpulkan yang secara langsung diperoleh dari objek yang diteliti dan untuk kepentingan studi yang bersangkutan dapat berupa data atau *interview* dari pelaku pengerjaan proyek tersebut. Contohnya antara lain : *Time schedule* proyek, Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek, Gambar dan Desain perencanaan proyek. Data Sekunder (*Secondary data*), yakni data yang diperoleh atau dikumpulkan dan disatukan oleh peneliti sebelumnya yang berkorelasi pada pembahasan studi peneliti. Biasanya sumber tidak langsung berupa data dokumentasi dan arsip-arsip resmi, seperti penelitian terdahulu, jurnal dll.

### 3.4 Analisis Data

Dalam melakukan *crashing* terhadap durasi proyek dilakukan dengan cara membuat jam kerja sistem *shift* yaitu *shift* pagi dan *shift* malam, sehingga diharapkan dalam sehari volume pekerjaan yang dihasilkan lebih banyak [18]. Pada studi ini peneliti menggunakan *Precedence Diagram Method* (PDM), *Fast-Track* dan *Critical Path Method* dengan bantuan *Microsoft Project* 2010 untuk mengetahui jalur kritis pada proyek pembangunan Laboratorium dan selanjutnya akan dilakukan perhitungan percepatan proyek (proyek *crashing*) pada aktifitas di jalur kritis.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis data dari ketiga metode yakni *Precedence Diagram Method*, *Fast-Track* dan *Critical Path Method* dengan menggunakan sistem *shift* adalah seperti pada tabel berikut ini :

**Tabel 1.** Pekerjaan Gedung Keseluruhan

		NORMAL	PDM	CPM	FAST TRACK
Durasi	hari	180	152	152	147
Percepatan waktu	hari		28	28	33
Total Biaya	Rp	17,770,214,113.11	17,656,112,527.07	17,656,112,527.07	17,652,195,717.47
Penambahan Biaya	Rp	210,714,001.34	96,612,415.31	96,612,415.31	92,695,605.71
Prosentase Penambahan Biaya	%	1.20%	0.55%	0.55%	0.53%

Note :

biaya RAB normal	17,559,500,111.77
biaya pekerjaan beton	7,818,400,167.73

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa durasi normal pekerjaan Pembangunan Gedung Laboratorium selama 180 hari dengan sistem *Shift* menggunakan 3 metode tersebut yakni PDM, CPM maupun *Fast Track*. Dan dapat dipercepat selama 28 hari untuk metode PDM dan CPM sehingga durasi pekerjaan tersebut menjadi 152 hari dan lebih cepat 33 hari untuk metode *Fast Track* sehingga durasi waktu menjadi 147 hari.

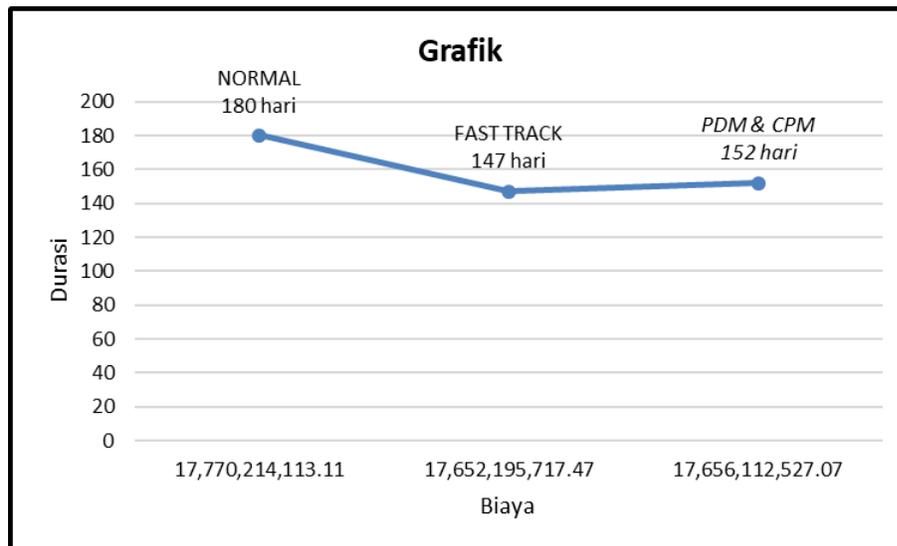
**Tabel 2.** Pekerjaan Beton Lantai 1 – 4

		NORMAL	PDM	CPM	FAST TRACK
Durasi hari		121	86	86	72
Biaya Langsung	Cost Bahan	7,362,604,191.13	7,362,604,191.13	7,362,604,191.13	7,362,604,191.13
	Cost Upah	455,795,976.60	511,871,062.31	511,871,062.31	511,871,062.31
Biaya Tambahan		Rp -	96,612,415.31	96,612,415.31	92,695,605.71
Total Biaya		Rp 7,818,400,167.73	7,971,087,668.75	7,971,087,668.75	7,967,170,859.15
Penambahan Biaya		Rp -	152,687,501.02	152,687,501.02	148,770,691.42
Prosentase Penambahan Biaya		% 0.00%	1.95%	1.95%	1.90%

Note:

Cost upah 13%	1,100,159,246.95
Upah normal	455,795,976.60

Ditinjau dari biaya, jaringan kerja *fast track* adalah metode dengan penambahan biaya terendah yakni Rp 148,770,691.42 dan dapat mempersingkat pekerjaan keseluruhan beton dari lantai 1 hingga 4 selama 49 hari, dari durasi normal 121 hari menjadi 72 hari. Sedangkan PDM dan CPM membutuhkan penambahan biaya sebesar Rp 152,687,501.02, durasi dapat dipersingkat selama 35 hari, dari durasi normal 121 hari menjadi 86 hari. Dari hasil di atas dampak percepatan durasi terhadap biaya dapat digambarkan dengan grafik di bawah ini :



Gambar 1. Grafik Dampak Percepatan Durasi Terhadap Biaya Berdasarkan Metode Fast Track, PDM, dan CPM

Hasil dari pembahasan analisa ketiga metode tersebut, metode *Fast Track* adalah jaringan kerja paling efisien untuk pekerjaan Pengembangan Gedung Laboratorium dan Bengkel Program Study Teknik Elektronika dibandingkan metode PDM maupun CPM. Dimana durasi pekerjaan lebih cepat 33hari dengan penambahan biaya sebesar Rp 148,770,691.42.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil Analisis Percepatan Waktu terhadap biaya dengan system *shift* menggunakan metode Precedence Diagram Method, Critical Path Method dan Fast Track pada Proyek Pengembangan Gedung Laboratorium dan Bengkel Elektronika Polinema dapat disimpulkan pada kondisi normal, proyek mengalami keterlambatan hingga 6,67% yakni selama 12 hari. Metode PDM dan CPM dapat mempersingkat durasi pekerjaan hingga 15,56% yakni dari durasi normal 180 hari menjadi 152 hari. Sedangkan metode Fast Track dapat mempersingkat durasi pekerjaan hingga 18,33%. Yakni dari durasi normal 180 hari menjadi 147 hari. Pada kondisi normal membutuhkan

tambahan biaya untuk membayar denda sebesar 1,20% yakni Rp 210.714.001,34. Metode PDM dan CPM membutuhkan penambahan biaya 0.55% yakni Rp. 96.612.415,31. Sedangkan metode Fast Track membutuhkan penambahan biaya 0.53% yakni Rp.92.695.605,71. Ditinjau dari segi waktu maupun biaya metode Fast Track adalah metode yang paling efisien dibandingkan metode PDM, CPM maupun kondisi normal. Kontraktor dapat menyelesaikan pekerjaan 21 hari lebih cepat dari batas akhir kontrak dengan menghemat biaya sebesar Rp 118.018.395,63. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan kesimpulan di atas, penulis memberikansaran yaitu percepatan baiknya dilakukan untuk semua pekerjaan yang berada pada lintasan kritis keseluruhan gedung, baik pekerjaan struktur maupun arsitektur. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai resiko setiap pekerjaan yang dipercepat dari ketiga metode tersebut. Baik dari segi mutu maupun kemungkinan resiko yang terjadi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Novitasari, “Penambahan Jam Kerja Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Belitung Dengan Time Cost Trade Off,” *Tugas Akhir, Jur. Tek. Sipil Univ. Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta*, 2014.
- [2] A. Frederika, “Analisis Percepatan Pelaksanaan Dengan Menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Badung),” *J. Ilm. Tek. Sipil*, Vol. 14, No. 2, Pp. 113–126, 2010.
- [3] I. P. Talimbo, J. Tjakra, and P. A. K. Prataxis, “Produktivitas Tenaga Kerja Pada Pekerjaan Beton Bertulang (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Ruang Kantor dan Ruang Kelas Yayasan Eben Heazer Jalan 14 Februari Teling Atas, Manado),” *J. Sipil Statik*, Vol. 4, No. 10, 2016.
- [4] H. H. Ariyanto, “Hubungan Karakteristik Konsumen Dalam Evaluasi Terhadap Brand Imitation,” *Jakarta Elex Media Komputindo*, 2003.
- [5] W. I. Ervianto, “Teori-Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi,” *Yogyakarta Andi*, 2004.
- [6] S. W. Ekaningtyas, “Pengaruh Sistem Shift Kerja Terhadap Stres Kerja Karyawan Bagian Operator di Spbu Baratan Jember,” 2016, [Online]. Available: [Http://Repository.Unej.Ac.Id/Handle/123456789/78603](http://Repository.Unej.Ac.Id/Handle/123456789/78603).
- [7] I. A. For R. On Cancer, *Painting, Firefighting, and Shiftwork.*, Vol. 98. Lyon: Iarc Press, International Agency For Research on Cancer, 2010.
- [8] R. G. Stevens *Et Al.*, “Considerations of Circadian Impact For Defining ‘Shift Work’ In Cancer Studies: Iarc Working Group Report,” *Occup. Environ. Med.*, Vol. 68, No. 2, Pp. 154–162, 2011.
- [9] A. Husein, *Penjadwalan, dan Pengendalian Proyek (Edisi Revisi)*, 2nd Ed. Yogyakarta: Andi, 2011.
- [10] D. Setiawan, “Analisis Percepatan Waktu Proyek Dengan Tambahan Biaya Yang Optimum,” Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2014.
- [11] M. Härmä, M. Sallinen, S. Puttonen, S. Salminen, and C. Hublin, “Risk Factors and Risk Reduction Strategies Associated With Night Work With The Focus On Extended Work Periods and Work Time Arrangement Within The Petroleum Industry In Norway,” 2007.
- [12] D. Irawan, “Analisa Perbandingan Desain dan Biaya Fondasi Strauss, Fondasi Sumuran dan Fondasi Telapak Pada Gedung Stikes Widyagama Husada Malang,” *Widya Tek.*, Vol. 19, No. 2, Pp. 16–22, 2011, Doi: <https://doi.org/10.31328/Jwt.V19i2.22>.
- [13] J. W. Fondahl, “The History of Modern Project Management. Precedence Diagramming Methods: Origins and Early Development,” *Proj. Manag. J.*, Vol. 18, No. 2, Pp. 33–36, 1987.
- [14] A. A. Hendriputri, “Percepatan Jadwal (Crashing) Menggunakan Sistem Shift Dengan Analisis PDM (Precedence Diagramming Method),” Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [15] T. Tjaturono and I. B. Mochtar, “Pengembangan Metode Fast-Track Untuk Mereduksi Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek Studi Kasus Rumah Menengah di Malang, Jawa

- Timur,” *Media Komun. Tek. Sipil*, Vol. 17, No. 1, Pp. 39–54, 2009, Doi: <https://doi.org/10.14710/Mkts.V17i1.3775>.
- [16] A. P. Rahayu, E. Mulyani, and B. Arpan, “Analisa Percepatan Waktu Dengan Metode Fast Track Pada Proyek Konstruksi,” *Jelast J. Pwk, Laut, Sipil, Tambang*, Vol. 5, No. 3, Pp. 1–10, 2008, Doi: <http://dx.doi.org/10.26418/Jelast.V5i3.30478>.
- [17] Tjaturono, “Effect of Construction Labour Group Composition On Optimal Field Labour’s Productivity In Malang-East Java,” *Media Komun. Tek. Sipil*, Vol. 18, No. 1, Pp. 13–27, 2014, Doi: <https://doi.org/10.14710/Mkts.V18i1.7843>.
- [18] R. R. B. Adi, D. E. Traulia, A. Wibowo, and F. Kistiani, “Analisa Percepatan Proyek Metode Crash Program Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Mixed Use Sentraland,” *J. Karya Tek. Sipil*, Vol. 5, No. 2, Pp. 148–158, 2016.

## PENGARUH PENCAMPURAN LIMBAH KARBIT TERHADAP STABILISASI SWELLING VOLUMETRIK (3D) TANAH LEMPUNG EKSPANSIF

Antonius Diki Oematan<sup>1</sup>, Agus Tugas Sudjianto<sup>2\*</sup>, Riman<sup>3</sup>

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

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

### ABSTRAK

Tanah lempung ekspansif adalah jenis tanah yang memiliki sifat kembang susut yang sangat tinggi. Volume pori tanah lempung ekspansif akan mengalami pembesaran ketika terjadi musim kemarau sehingga akan terjadi proses penyusutan, sedangkan volume tanah akan mengalami pengembangan ketika terjadi musim hujan. Bila suatu konstruksi dibangun di atas tanah lempung ekspansif maka akan terjadi kerusakan-kerusakan yang berakibat buruk bagi konstruksi tersebut. Untuk memperbaiki tanah lempung ekspansif bisa dilakukan dengan metode stabilisasi tanah secara kimiawi dengan memanfaatkan limbah dari bengkel las karbit yang tidak digunakan. Pada penelitian ini akan menggunakan limbah karbit sebagai bahan stabilisasi swelling volumetrik (3D) tanah lempung ekspansif di daerah Kecamatan Tirtoyudo. Komposisi campuran limbah karbit dan tanah lempung ekspansif yang akan digunakan adalah Tanah 100% + limbah karbit 0%, tanah 95% + limbah karbit 5%, tanah 90% + limbah karbit 10%, tanah 85% + limbah karbit 15% dan tanah 80% + limbah karbit 20%. Pengujian yang dilakukan pada tanah lempung ekspansif Tirtoyudo meliputi uji sifat fisis, sifat mekanis dan uji swelling volumetrik (3D). Dari penelitian yang telah dilaksanakan didapat nilai swelling volumetrik tanah lempung ekspansif dengan penambahan limbah karbit 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%, nilai swelling volumetrik yang dihasilkan adalah 20,93%, 16,68%, 10,37%, 13,68%, dan 6,18%.

**Kata kunci :** Stabilisasi Tanah, Swelling Volumetrik, Limbah Karbit.

### ABSTRACT

*Expansive clay is a type of soil that has very high swelling and shrinkage properties. The pore volume of expansive clay will increase during the dry season so that a shrinkage process will occur, while the volume of the soil will experience expansion during the rainy season. If a construction is built on an expansive clay soil, there will be damage that is bad for the construction. To improve the expansive clay soil can be done by chemical soil stabilization method by utilizing waste from the carbide welding workshop that is not used. In this study, carbide waste will be used as a stabilizing agent for swelling volumetric (3D) expansive clay soil in the Tirtoyudo sub-district. The composition of the mixture of waste carbide and expansive clay to be used is 100% soil + 0% carbide waste, 95% soil + 5% carbide waste, 90% soil + 10% carbide waste, 85% soil + 15% carbide waste and 80 soil % + 20% carbide waste. Tests carried out on Tirtoyudo expansive clay include physical properties, mechanical properties and volumetric (3D) swelling tests. From the research that has been carried out, the volumetric swelling value of expansive clay with the addition of carbide waste 0%, 5%, 10%, 15% and 20%, the resulting volumetric swelling value is 20.93%, 16.68%, 10.37 %, 13.68%, and 6.18%.*

**Keywords :** Soil Stabilization, Volumetric Swelling, Carbide Waste.

### 1. PENDAHULUAN

Tanah lempung ekspansif merupakan contoh jenis tanah yang dapat merusak konstruksi bangunan, karena mempunyai kemampuan kembang susut yang sangat tinggi. Banyak proses pengembangan pada tanah lempung ekspansif yang ada di lapangan terjadi pada arah tiga dimensi (*swelling volumetrik*). Negara kita terletak di Daerah Tropis, sehingga selalu terjadi siklus pembasahan dan pengeringan akibat musim hujan dan kemarau. Akibatnya pada daerah yang mempunyai Tanah Dasar Ekspansif akan terjadi kembang susut akibat perubahan kadar air dan

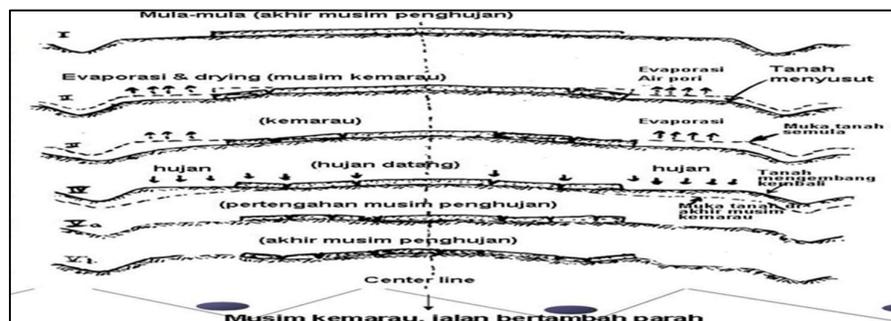
*suction* [1]. Untuk memperbaiki tanah lempung ekspansif bisa dilakukan dengan cara stabilisasi tanah secara kimiawi dengan memanfaatkan limbah dari bengkel las karbit yang tidak digunakan. Limbah karbit digunakan karena mempunyai kandungan unsur kimia CaO yang sangat tinggi. Kandungan kapur (CaO) yang dimiliki oleh limbah karbit merupakan unsur yang dibutuhkan dalam proses kimiawi dengan tanah lempung ekspansif, yang akan memproduksi ion-ion kalsium tinggi yang bisa mengikat dan berada di sekeliling partikel-partikel tanah lempung ekspansif sehingga bisa mengurangi tarikan terhadap partikel air. CaO tersebut bisa membuat perbaikan terhadap sifat-sifat tanah khususnya tanah yang memiliki ukuran diameter butiran halus seperti tanah lempung ekspansif. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pencampuran limbah karbit terhadap sifat fisis dan mekanis tanah lempung ekspansif dan pengaruh pencampuran limbah karbit terhadap swelling volumetrik tanah lempung ekspansif. Setelah mengetahui hal-hal tersebut, maka dapat diketahui persentase campuran limbah karbit yang paling bagus yang bisa digunakan sebagai referensi perbaikan tanah lempung ekspansif yang akan datang.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah Lempung Ekspansif

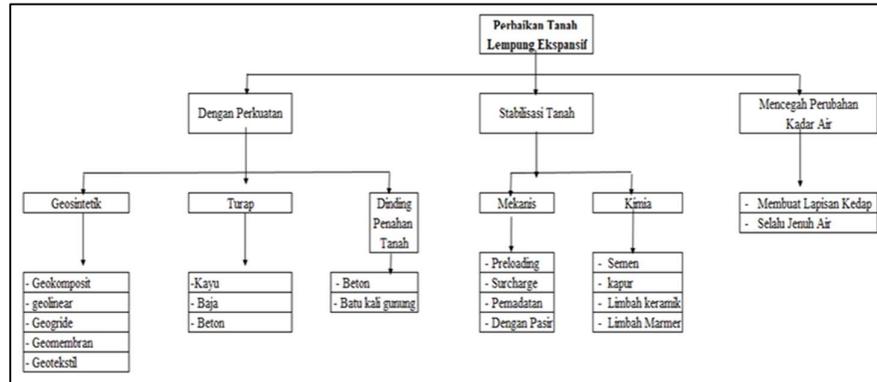
Pada umumnya tanah lempung ekspansif yang berada di berbagai belahan dunia berada pada keadaan tidak jenuh selama musim kemarau terjadi, berbeda dengan kandungan mineral lempung yang sangat tinggi membuat volume mengalami perubahan yang signifikan, jika terjadi pembasahan tanah. Konstruksi yang di bangun di atas permukaan tanah lempung ekspansif banyak mengalami kehancuran yang diakibatkan oleh perubahan volume. Victorine, dkk. (1997) menyatakan bahwa transformasi volume pada bagian yang paling dalam tanah lempung ekspansif sangat sulit terjadi [2]. Transformasi volume pada umumnya berlangsung di beberapa meter atas deposit tanah, yang dipengaruhi oleh kadar air akibat berubahnya iklim pertimbangan pada desain pondasi struktur [3]. Menurut Soehardi (2017) Tanah Lempung merupakan jenis tanah berbutir halus yang sangat dipengaruhi oleh kadar air dan mempunyai sifat yang cukup rumit. Kadar air mempengaruhi sifat kembang susut dan kohesi pada tanah berbutir halus jenis lempung. Tanah Lempung yang mempunyai fluktuasi kembang susut yang tinggi disebut lempung ekspansif [4]. Tanah lempung ekspansif ini sering menimbulkan kerusakan pada bangunan seperti jalan bergelombang, retaknya dinding, dan terangkatnya pondasi.

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk merubah atau memperbaiki sifat-sifat teknis tanah agar memenuhi syarat teknis tertentu. Proses stabilisasi tanah meliputi pencampuran tanah dengan tanah lain untuk memperoleh gradasi yang diinginkan, atau pencampuran tanah dengan bahan tambah buatan pabrik, sehingga sifat-sifat teknis tanah menjadi lebih baik [5]. Tanah berbutir halus yang mempunyai ukuran koloidal yang dibentuk akibat dari mineral-mineral ekspansif (*montmorillonite, illite, kaolinite, halloysite, chlorite, vermiculite dan attapulgite*) merupakan pengertian dari tanah lempung ekspansif. Tanah ini mempunyai kemampuan kembang susut yang besar, jika terjadi perubahan kadar air. Sifat kembang susut yang dimiliki oleh tanah lempung ekspansif ini berkaitan langsung dengan kadar mineral lempung terutama mineral *montmorillonite* dan *illite*. Apabila kadar mineral lempung meningkat, akan mengakibatkan luas permukaan meningkat, dan batas cair serta indeks plastisitas juga akan meningkat, akibatnya kemampuan kembang susut tanah lempung ekspansif akan mengalami peningkatan [3].



Gambar 1. Mekanisme Kerusakan Jalan Kembang Susut [6]

Terdapat tiga metode untuk memperbaiki tanah lempung ekspansif, yaitu : stabilisasi tanah, mencegah terjadinya proses perubahan kadar air tanah dan memberikan penambahan kekuatan tanah. Metode stabilisasi dengan menggunakan bahan kimia merupakan metode yang paling menghemat anggaran biaya dan banyak dikembangkan saat ini [7]. Stabilisasi yang dilakukan secara kimia biasanya banyak memanfaatkan bahan aditif, contohnya : kapur, semen, fly ash, aspal. Bahan aditif tersebut merupakan *pozzolan* yang dapat memadatkan tanah lempung ekspansif bila diberi air.



Gambar 2. Perbaikan Tanah Lempung Ekspansif [7]

## 2.2 Limbah Karbit

*Calcium karbida* ( $\text{CaC}_2$ ) yang biasa dikenal dengan nama karbit, biasanya digunakan pada bengkel las karbit untuk melakukan proses las logam serta bisa mempercepat proses waktu pematangan buah. Limbah karbit merupakan hasil sisa pembuangan dari proses penyambungan logam dengan logam (pengelasan) dengan memakai gas karbit (*gas asetiline* =  $\text{C}_2\text{H}_2$ ) sebagai bahan pembakaran, prosesnya adalah melakukan pembakaran bahan bakar gas dengan  $\text{O}_2$  yang menyebabkan nyala api dengan suhu yang bisa mencairkan logam induk dan logam pengisi [8]. Limbah karbit merupakan sisa pembakaran karbit yang tidak digunakan atau dibuang begitu saja. Sampah karbit jenis ini mempunyai sifat fisik berupa serbuk, yaitu berwarna abu-abu pada kondisi lembab, berwarna putih pada kondisi kering, berbau menyengat, dan tidak larut [9]. Salah satu metode yang digunakan untuk memperbaiki kualitas tanah ekspansif adalah dengan menambahkan bahan aditif, baik yang bersifat alami maupun kimia [10]. Limbah karbit dapat pula meningkatkan stabilitas sifat tanah lempung menjadi lebih baik karena memiliki kandungan  $\text{CaO}$  yang cukup tinggi.  $\text{CaO}$  ini merupakan senyawa yang dibutuhkan dalam proses kimiawi dengan tanah lempung, yang akan menghasilkan ion-ion kalsium tinggi yang dapat mengikat dan berada di sekeliling partikel-partikel tanah lempung sehingga dapat mengurangi tarikan terhadap air [11]. Dalam penelitian unsur-unsur pada Limbah Karbit seperti silica dan kalsium oksida yang bereaksi mengisi pori-pori tanah yang kosong dan kekuatan ikat antara partikel semakin besar, sehingga pori-pori dalam tanah semakin berkurang. Selain Tanah Lempung Ekspansif, Penambahan Limbah Karbit juga dilakukan pada Tanah Gambut (Daerah Rawa), berdasarkan pengujian CBR, pencampuran Limbah Karbit pada Tanah Gambut (Ds. Lueng gayo, Kab. Aceh Jaya) menunjukkan hasil meningkat seiring bertambahnya nilai persentase penambahan limbah karbit [8].

Penggunaan limbah karbit (additive) pada tanah lempung ekspansif memberikan peningkatan nilai unconfined compressive strength (UCS) yang tinggi dan mengurangi swelling pada tanah lempung ekspansif. Pemanfaatan limbah karbit juga akan mendatangkan efek ganda pada tindak penyelamatan lingkungan, yaitu penggunaan limbah karbit mengurangi dampak terhadap lingkungan jika bahan sisa ini bisa dimanfaatkan serta tidak dibuang begitu saja [8]. Dalam penelitian Sauri [12] dilakukan penambahan Abu Ampas Tebu dan Kapur pada Tanah Ekspansif (Ngasem Bojonegoro) sehingga nilai CBR meningkat, nilai swelling lebih kecil dan semakin lama periode siklus basah kering yang dilalui, nilai *swelling* semakin kecil. Sedangkan Soehardi [4] melakukan penambahan kapur terhadap Tanah Ekspansif mendapatkan hasil nilai CBR terbesar terjadi pada variasi penambahan kapur 15% dengan lama waktu pemeraman 14 Hari yaitu sebesar 79.27% dengan hasil, semakin lama waktu pemeraman, maka semakin tinggi pula

nilai CBR. Dari penelitian Ridwan [13] didapatkan hasil semakin banyak penambahan limbah karbit pada tanah lempung ekspansif maka semakin turun nilai potensial swelling. Sedangkan menurut Fauzan [11] semakin besar penambahan limbah karbit maka semakin besar pula kenaikan nilai kuat tekan bebas tanah tersebut.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Pengambilan Sampel Tanah Lempung Ekspansif

Pengambilan sampel tanah lempung ekspansif, diambil secara langsung di daerah Kecamatan Tirtoyudo, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Dipilihnya daerah ini, karena dampak kerusakan konstruksi jalan raya dan bangunan akibat tanah lempung ekspansif yang sangat dirasakan oleh masyarakat dan pengguna jalan yang melintas di daerah Kecamatan Tirtoyudo.



**Gambar 3.** Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Lempung Ekspansif (a) dan Limbah Karbit (b)

#### 3.2 Lokasi Pengambilan Sampel Limbah Karbit

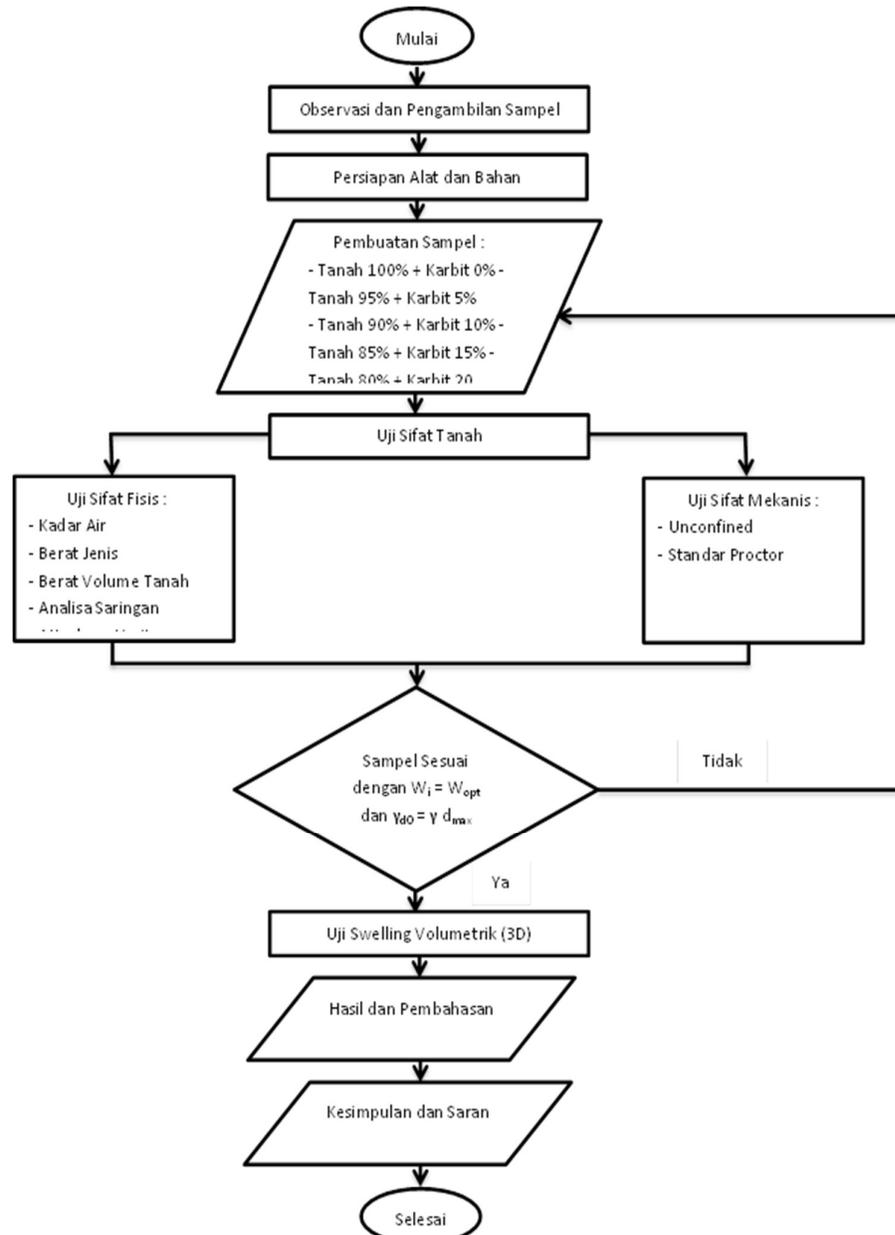
Pengambilan sampel limbah karbit diambil secara langsung dari limbah bengkel las karbit listrik milik Pak Toyo yang tidak digunakan sebanyak 5 karung (250 kg), lokasi bengkel las karbit listrik berada di Jalan Mergang Gang 2C, Kota Malang, Provinsi Jawa Timur.

#### 3.3 Persiapan Bahan dan Peralatan Uji di Laboratorium

Mempersiapkan peralatan maupun sampel untuk uji pendahuluan maupun uji utama di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang. Spesifikasi benda uji tanah lempung ekspansif kecamatan Tirtoyudo adalah tanah asli (undisturbed) dan tanah terganggu (disturbed). Untuk mencampurkan tanah adalah tanah lempung ekspansif ditambahkan Limbah Karbit selanjutnya dibuat benda uji dengan komposisi campuran adalah : Tanah Lempung Ekspansif 100% + 0 % Limbah Karbit, Tanah Lempung Ekspansif 95 % + 5% Limbah Karbit, Tanah Lempung Ekspansif 90% + 5% Limbah Karbit, Tanah Lempung Ekspansif 85% + 15% Limbah Karbit, dan Tanah Lempung Ekspansif 80% + 20% Limbah Karbit.

Pada penelitian ini, pengujian yang dilakukan pada tanah lempung ekspansif meliputi uji sifat fisis (kadar air, berat jenis, berat volume tanah, analisa ayakan dan atterberg limit), sifat mekanis (unconfined dan standar proctor) dan uji utama (swelling volumetrik). Urutan proses kegiatan penelitian ini dibuat mulai dari memperoleh data sampai data tersebut digunakan sebagai data untuk membuat keputusan. Kegiatan ini mulai dari proses pengumpulan data, pengolahan analisis data dan cara pengambilan keputusan secara umum. Sesuai dengan diagram alir, maka penelitian dapat dibagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut ini.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan uji swelling volumetrik pada tanah lempung ekspansif yang di campur dengan limbah karbit, didapatkan data-data sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Swelling Volumetrik Tanah Asli

Hari	Diameter (mm)			Average	Tinggi (mm)			Average	Volume (mm <sup>3</sup> )			Average
	DA	DB	DC		HA	HB	HC		VA	VB	VC	
0	35,28	35,18	35,09	35,18	37,52	37,12	37,45	37,36	36659,76	36063,62	36198,30	36307,23
1	35,48	35,41	35,39	35,43	38,06	37,67	38,02	37,92	37610,20	37079,06	37380,31	37356,52
2	35,75	35,70	35,72	35,72	38,62	38,31	38,60	38,51	38746,64	38328,18	38661,60	38578,81
3	36,13	36,01	36,11	36,08	39,13	38,92	39,14	39,06	40097,33	39617,65	40063,18	39926,05
4	36,41	36,37	36,45	36,41	39,65	39,54	39,66	39,62	41262,37	41057,54	41363,51	41227,81
5	36,76	36,69	36,84	36,76	40,17	40,13	40,19	40,16	42611,08	42406,68	42818,05	42611,93
6	37,04	36,94	37,23	37,07	40,68	40,69	40,73	40,70	43811,95	43586,41	44316,98	43905,11

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Swelling Volumetrik T 95% + K 5%

Hari	Diameter (mm)			Average	Tinggi (mm)			Average	Volume (mm <sup>3</sup> )			Average
	DA	DB	DC		HA	HB	HC		VA	VB	VC	
0	35,25	35,22	35,06	35,18	38,45	38,31	38,35	38,37	37504,57	37304,44	37004,87	37271,29
1	35,56	35,69	35,42	35,56	38,87	38,80	38,80	38,82	38584,04	38796,67	38211,89	38530,87
2	35,83	36,01	35,78	35,87	39,29	39,31	39,21	39,27	39595,45	40014,64	39404,62	39671,57
3	36,14	36,39	36,09	36,21	39,71	39,79	39,68	39,73	40714,19	41362,59	40570,94	40882,57
4	36,50	36,74	36,44	36,56	40,17	40,34	40,12	40,21	42010,44	42744,86	41820,32	42191,87
5	36,88	37,05	36,83	36,92	40,59	40,78	40,55	40,64	43338,17	43943,36	43178,14	43486,56

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Swelling Volumetrik T 90% + K 10%

Hari	Diameter (mm)			Average	Tinggi (mm)			Average	Volume (mm <sup>3</sup> )			Average
	DA	DB	DC		HA	HB	HC		VA	VB	VC	
0	35,12	35,14	35,06	35,11	38,61	38,43	38,68	38,57	37383,37	37251,48	37323,29	37319,38
1	35,33	35,37	35,32	35,34	38,99	38,91	38,96	38,95	38204,12	38212,11	38153,11	38189,78
2	35,58	35,63	35,64	35,62	39,42	39,38	39,40	39,40	39174,02	39244,34	39286,31	39234,89
3	35,79	35,85	35,93	35,86	39,88	39,77	39,85	39,83	40100,35	40123,94	40384,29	40202,86
4	36,02	36,12	36,23	36,12	40,29	40,06	40,28	40,21	41034,99	41027,60	41504,56	41189,05

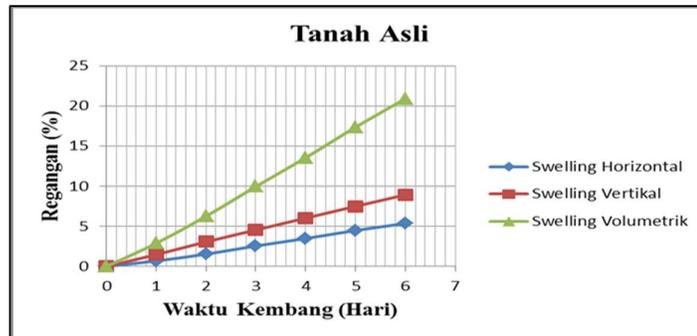
**Tabel 4.** Hasil Pengujian Swelling Volumetrik T 85% + K 15%

Hari	Diameter (mm)			Average	Tinggi (mm)			Average	Volume (mm <sup>3</sup> )			Average
	DA	DB	DC		HA	HB	HC		VA	VB	VC	
0	35,32	35,31	35,28	35,30	38,59	38,46	38,41	38,49	37790,78	37642,15	37529,36	37654,09
1	35,60	35,55	35,59	35,58	38,98	38,89	38,85	38,91	38780,33	38582,18	38629,28	38663,93
2	35,91	35,81	35,88	35,87	39,37	39,29	39,23	39,30	39853,45	39551,26	39645,40	39683,37
3	36,26	36,05	36,23	36,18	39,70	39,63	39,57	39,63	40974,70	40430,05	40772,97	40725,91
4	36,54	36,32	36,53	36,46	40,11	40,01	39,97	40,03	42039,68	41431,43	41870,02	41780,38
5	36,80	36,58	36,76	36,71	40,55	40,44	40,38	40,46	43107,83	42478,41	42833,84	42806,69

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Swelling Volumetrik T 80% + K 20%

Hari	Diameter (mm)			Average	Tinggi (mm)			Average	Volume (mm <sup>3</sup> )			Average
	DA	DB	DC		HA	HB	HC		VA	VB	VC	
0	35,05	35,24	35,41	35,23	37,22	37,32	37,53	37,36	35894,02	36381,71	36940,27	36405,33
1	35,32	35,49	35,70	35,50	37,54	37,45	37,67	37,55	36762,52	37028,27	37687,88	37159,56
2	35,61	35,77	35,96	35,78	37,88	37,56	37,83	37,76	37707,14	37725,34	38401,25	37944,57
3	35,84	35,98	36,21	36,01	38,16	37,70	38,06	37,97	38478,14	38311,87	39173,78	38654,59

Grafik swelling volumetrik, tanah lempung ekspansif tirtoyudo 100% + limbah karbit 0% dengan lama proses mengembang selama 6 hari.



**Gambar 5.** Grafik Uji Swelling Volumetrik Tanah Asli

Grafik swelling volumetrik, tanah lempung ekspansif tirtoyudo 95% + limbah karbit 5% dengan lama proses mengembang selama 5 hari.



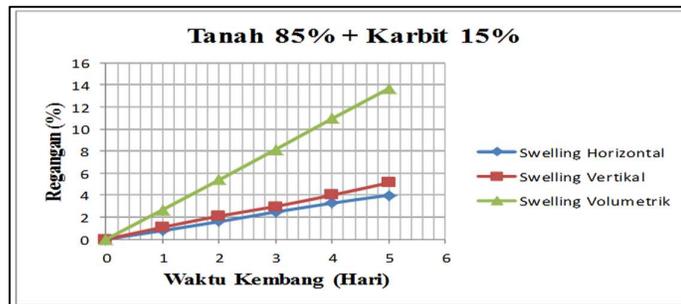
Gambar 6. Grafik Uji Swelling Volumetrik T 95% + K 5%

Grafik swelling volumetrik, tanah lempung ekspansif tirtoyudo 90% + limbah karbit 10% dengan lama proses mengembang selama 4 hari.



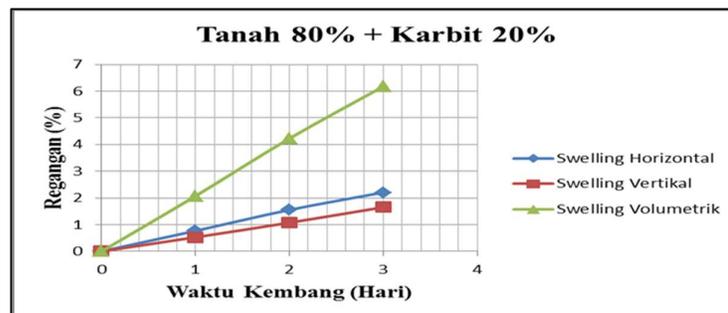
Gambar 7. Grafik Uji Swelling Volumetrik T 90% + K 10%

Grafik swelling volumetrik, tanah lempung ekspansif tirtoyudo 85% + limbah karbit 15% dengan lama proses mengembang selama 5 hari.



Gambar 8. Grafik Uji Swelling Volumetrik T 85% + K 15%

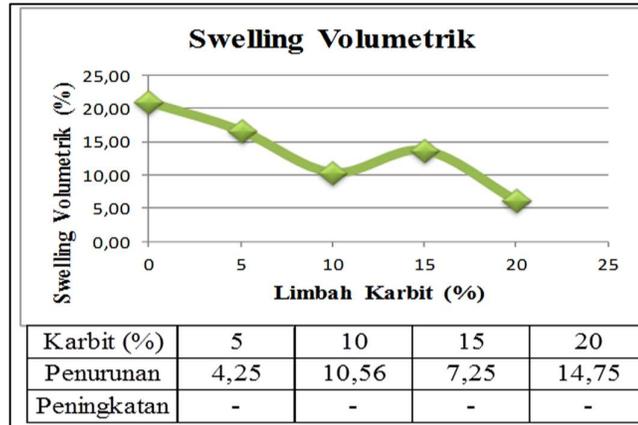
Grafik swelling volumetrik, tanah lempung ekspansif tirtoyudo 80% + limbah karbit 20% dengan lama proses mengembang selama 3 hari.



Gambar 9. Grafik Uji Swelling Volumetrik T 80% + K 20%

**Tabel 6.** Perhitungan Swelling Volumetrik

Campuran Karbit (%)	Sweling Volumetrik (%)			Average (%)
	Sampel A	Sampel B	Sampel C	
20	7,20	5,31	6,05	6,18
15	14,07	12,85	14,13	13,68
10	9,77	10,14	11,20	10,37
5	15,55	17,80	16,68	16,68
0	19,51	20,86	22,43	20,93

**Gambar 10.** Grafik Pengaruh Limbah Karbit Terhadap Swelling Volumetrik

Dari grafik pengaruh limbah karbit terhadap swelling volumetrik dapat disimpulkan bahwa limbah karbit bisa menurunkan swelling volumetrik tanah lempung ekspansif tirtoyudo. Swelling arah volumetrik tanah asli sebesar 20,93%, jika tanah dicampur dengan limbah karbit sebesar 5% mampu menurunkan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 16,68%, pada campuran limbah karbit sebesar 10% mampu menurunkan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 10,37%, pada campuran limbah karbit 15% mampu menurunkan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 13,68%, dan pada campuran limbah karbit 20% mampu menurunkan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 6,8%.

## 5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan yaitu pengaruh pencampuran limbah karbit terhadap stabilisasi swelling volumetrik (3D) tanah lempung ekspansif dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu pencampuran limbah karbit mempengaruhi sifat fisis dan mekanis tanah lempung ekspansif. Semakin bertambahnya persentase campuran limbah karbit maka kadar air dan berat jenis tanah akan mengalami penurunan. Pada uji kadar air dan berat jenis yang paling terendah ada pada komposisi campuran limbah karbit 20% yaitu 35,53% kadar air dan 2,229 berat jenis. Pada uji *Atterberg* limit limbah karbit mampu menurunkan indeks plastisitas tanah, nilai indeks plastisitas yang terendah terdapat pada campuran limbah karbit 5% sebesar 3,54%. Sedangkan pada sifat mekanis tanah, campuran limbah karbit bisa menaikkan nilai kuat tekan bebas, nilai kuat tekan bebas yang paling tinggi terdapat pada campuran limbah karbit 10% sebesar 0,540 kg/cm<sup>2</sup>.

Penambahan limbah karbit pada uji swelling volumetrik dapat menurunkan persentase kembang arah volumetrik dan lamanya waktu sampai tanah berhenti mengembang. Swelling arah volumetrik tanah asli sebesar 20,93%, campuran 5% limbah karbit terjadi penurunan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 16,68%, campuran 10% limbah karbit terjadi penurunan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 10,37%, campuran 15% limbah karbit terjadi penurunan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 13,68%, dan campuran limbah karbit 20% limbah karbit terjadi penurunan swelling arah volumetrik tanah asli menjadi 6,8%. Dari uji swelling volumetrik (3D) tanah lempung ekspansif yang telah dilakukan, persentase campuran maksimum limbah karbit terdapat pada campuran limbah karbit 10% dengan nilai swelling volumetrik 10,37 % dengan waktu berhenti mengembang 4 hari.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] A. Tugas Sudjianto, “Pengaruh Perubahan Kadar Air dan Suction Terhadap Perilaku Kembang Volumetrik Tanah Lempung Ekspansif,” *Widya Teknika*, vol. 22, no. 1, pp. 13–19, Mar. 2014.
- [2] T. Victorine, Z. Zhang, D. W. Fowler, and W. R. Hudson, “Basic Concepts, Current Practices, and Available Resources for Forensic Investigation on Pavements,” Washington D.C., 1997.
- [3] A. T. Sudjianto, *Tanah Ekspansif (Karakteristik dan Pengukuran Perubahan Volume)*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2015.
- [4] F. Soehardi, F. Lubis, and L. D. Putri, “Stabilisasi Tanah Dengan Variasi Penambahan Kapur dan Waktu Pemeraman,” Feb. 2017.
- [5] E. Setyono, Sunarto, and A. Moro Gumilang, “Pengaruh Penggunaan Bahan Serbuk Marmer Pada Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif,” *Media Teknik Sipil*, vol. 16, no. 2, pp. 99–107, 2018.
- [6] D. Myers, “Expansive Clays and Road Subgrade an Analysis,” *www.godismyjudgeok*, Aug. 31, 2007.
- [7] I. B. Mochtar, “Rekayasa Penanggulangan Masalah Pembangunan Tanah-Tanah Yang Sulit,” *Science and Technology Index*, 2002.
- [8] I. N. Amarullah and M. Zardi, “Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Stabilisasi Tanah Daerah Rawa,” *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2019.
- [9] L. Juniasy Somalinggi, F. Phengkarsa, and L. Febriani, “Pengaruh Limbah Karbit / Calcium Carbit Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Beton,” *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 2, no. 4, pp. 289–297, 2020.
- [10] N. A. Budiman, “Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Tanah Lempung Ekspansif,” *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 17, no. 1, 2013.
- [11] N. Fauzan and N. Andajani, “Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Driyorejo Gresik,” *Rekayasa Teknik Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 192–200, 2017.
- [12] S. Sauri, A. Rachmansyah, and Y. Zaika, “Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu dan Kapur pada Tanah Ekspansif di Bojonegoro terhadap nilai CBR, Swelling dan Durabilitas,” *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, vol. 1, no. 2, 2016.
- [13] M. Ridwan and N. Fauziah, “Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Potensial Swelling Pada Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Driyorejo Gresik,” *Rekayasa Teknik Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 371–380, 2017.

## PENGARUH PENAMBAHAN DAMDEX PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON

Wiling Ardiano Prakaryuda<sup>1</sup>, Abdul Halim<sup>2\*</sup>, Candra Aditya<sup>3</sup>

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

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

### ABSTRAK

Produk *admixture* telah banyak tersedia di pasaran dan mulai digunakan oleh masyarakat umum dalam pembangunan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan dan modulus elastisitas beton dengan penambahan variable Damdex agar mendapatkan komposisi terbaik. Pada penelitian ini dilakukan penelitian dengan menggunakan dua campuran beton berbeda yaitu 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr dan 1 Pc : 3 Ps : 2 Kr yang masing-masing ditambah Damdex sebesar 0,0% 0,2% 0,4% 0,6%. Sesuai hasil penelitian maka di hasilkan kuat tekan dan modulus elastisitas tertinggi pada beton campuran 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr dengan variable penambahan Damdex 0,2% dengan hasil kuat tekan sebesar Fc 15,11 MPa dan modulus elastisitas 19084.009 MPa. Sedangkan untuk hasil kuat tekan dan modulus elastisitas terendah di dapatkan pada beton campuran 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr dengan variable penambahan Damdex 0,6% dengan hasil kuat tekan sebesar Fc 12,90 MPa dan modulus elastisitas 17049,898 MPa. Pada beton Campuran 1 Pc : 3 Ps : 2 Kr kuat tekan dan modulus elastisitas lebih kecil dibandingkan dengan campuran beton 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr dengan hasil tertinggi pada variable penambahan Damdex 0,2% dengan hasil kuat tekan sebesar Fc 9,89 MPa dan modulus elastisitas 13846.477 MPa. Dengan hasil ini dapat disimpulkan bahwa penambahan Damdex sebesar 0,2% adalah campuran terbaik karena dapat meningkatkan kuat tekan dan modulus elastisitas dibanding dengan beton tanpa tambahan Damdex, penambahan Damdex di atas 0,2% menyebabkan penurunan kuat tekan dan modulus elastisitas beton.

**Kata kunci :** Damdex, Bahan Tambah, Kuat tekan dan Modulus elastisitas.

### ABSTRACT

*Adimixture products have been widely available in the market and are starting to be used by the general public in construction. The purpose of this study was to determine the compressive strength and modulus of elasticity of concrete with the addition of variable damdex in order to get the best composition. In this study, research was conducted using two different concrete mixtures, namely 1 Pc: 2 Ps: 3 Cr and 1 Pc: 3 Ps: 2 kr, each of which was added with damdex of 0.0% 0.2% 0.4% 0 6%. According to the results of the study, the highest compressive strength and modulus of elasticity were produced in a mixed concrete of 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr with a variable addition of 0.2% Damdex with a compressive strength of Fc 15.11 MPa and an elastic modulus of 19084.009 MPa. As for the results of the lowest compressive strength and modulus of elasticity obtained in the mixed concrete of 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr with a variable addition of 0.6% Damdex with a compressive strength of Fc 12.90 MPa and a modulus of elasticity 17049.898 MPa. In mixed concrete 1 Pc: 3 Ps: 2 Kr the compressive strength and modulus of elasticity are smaller than that of the 1 Pc: 2 Ps: 3 Kr concrete mixture with the highest yield of 0.2% Damdex addition variable with a compressive strength of Fc 9.89 MPa and modulus of elasticity 13846,477 MPa. With these results it can be concluded that the addition of Damdex of 0.2% is the best mixture because it can increase the compressive strength and modulus of elasticity compared to concrete without the addition of Damdex, the addition of Damdex above 0.2% causes a decrease in the compressive strength and modulus of elasticity of concrete.*

**Keywords :** Damdex, added material, compressive strength and modulus of elasticity.

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu solusi untuk meningkatkan kualitas campuran beton adalah menggunakan zat tambahan (*admixture*) [1]. Bahan tambah tersebut dapat mempengaruhi sifat-sifat beton dan pasta semen sehingga dapat mempercepat proses ikatan campuran beton, dan meningkatkan kekuatan beton. Sesuai dengan perkembangan zaman, kebutuhan material beton dengan kualitas yang lebih baik untuk rancangan bangunan yang semakin tinggi dan bentang yang semakin panjang memerlukan struktur yang kuat dan efisien [2]. Penggunaan *Admixture* menjadi salah satu pilihan yang dapat dengan mudah diaplikasikan pada setiap pembangunan, dengan produk-produk *Admixture* yang sudah banyak di jual di pasaran [3]. Pada penelitian ini produk yang di gunakan adalah Damdex karena di pasaran produk ini mudah didapatkan. Penelitian ini dimaksudkan agar mendapatkan campuran yang tepat dalam penggunaan Damdex dengan mencari nilai peningkatan kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton, dan pemberian komposisi kadar admixture (Damdex) dengan persentase variasi campuran Damdex 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6%. Pengujian yang dilakukan menggunakan 2 campuran beton yang berbeda yang umum digunakan kebanyakan masyarakat Indonesia 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr dan 1 Pc : 3 Ps : 2 Kr dan diharapkan bisa mendapatkan campuran yang menghasilkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton lebih baik dari pada beton tanpa campuran *admixture* [3].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Beton adalah campuran antara semen Portland, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat yang digunakan sebagai bahan konstruksi struktur bangunan [4].



**Gambar 1.** Sampel Benda Uji Beton

Bahan tambah yang digunakan dapat berupa bahan kimia, serat maupun bahan buangan atau limbah non kimia, dengan perbandingan tertentu. Bahan air dan semen disatukan akan membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat, sedangkan agregat halus dan agregat kasar sebagai bahan pengisi [5]. Sebagai bahan konstruksi, beton mempunyai kelebihan dan kekurangan, kelebihan beton antara lain [6]:

1. Biaya produksi relatif murah.
2. Mampu memikul beban berat sesuai dengan desain rencana.
3. Mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
4. Biaya perawatan kecil.

Kekurangan beton antara lain:

1. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air.
2. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak, oleh karena itu perlu diberi baja tulangan.
3. Bentuk yang telah tercetak / sudah jadi sulit diubah.
4. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan tingkat ketelitian dan pengawasan yang tinggi.

## 2.1 Bahan Penyusun Beton

Semen adalah bahan yang memiliki sifat adhesi maupun kohesif, yaitu bahan pengikat. Menurut Standar Industri Indonesia, SII 0013-1981 [7] ada dua macam semen, yaitu semen hidraulis dan semen non-hidraulis. Semen non-hidraulis adalah semen yang dapat mengeras tetapi tidak stabil dalam air. Semen hidraulis adalah semen yang akan mengeras bisa bereaksi dengan air, tahan terhadap air (water resistance) dan stabil di dalam air setelah mengeras [8]. Agregat halus adalah pengisi yang berupa pasir, agregat yang terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, yaitu terik matahari dan hujan. Ukurannya bervariasi antara ukuran No. 4 – No. 100 atau dengan kata lain agregat halus adalah batuan yang ukuran butirnya lebih kecil dari 4.75 mm [9]. Agregat kasar adalah agregat yang terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak lebih dari 20% dari berat agregat seluruhnya, agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4.75 mm (Standar ASTM). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap *disintegrasi* beton, cuaca, dan efek – efek perusak lainnya [10]. Air yang dimaksud adalah air sebagai bahan pembantu dalam konstruksi bangunan meliputi kegunaannya dalam pembuatan dan perawatan beton [11].

## 2.2 Bahan Tambah

Bahan tambah (admixture) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Berdasarkan ACI (*American Concrete Insitute*), Damdex adalah produk *admixture* yang diklaim oleh produsennya dapat meningkatkan kuat tekan beton.

## 2.3 Kuat Tekan Beton

Beberapa faktor seperti ukuran dan bentuk agregat, jumlah pemakaian semen, jumlah pemakaian air, proporsi campuran beton, perawatan beton (*curing*), usia beton ukuran dan bentuk sampel, dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton [12]. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton yaitu : faktor air semen dan kepadatan, umur beton, jenis semen, jumlah semen sifat agregat [13].

## 2.4 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan angka yang digunakan untuk mengukur objek atau ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan pada beton. Modulus elastisitas suatu benda didefinisikan sebagai kemiringan dari kurva tegangan-regangan di wilayah deformasi elastis.

## 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan yaitu penelitian experiment yang bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan modulus elastisitas beton menggunakan bahan tambahan Damdex.

### 3.1 Populasi

Tabel 1. Tabel Populasi Benda Uji Penelitian

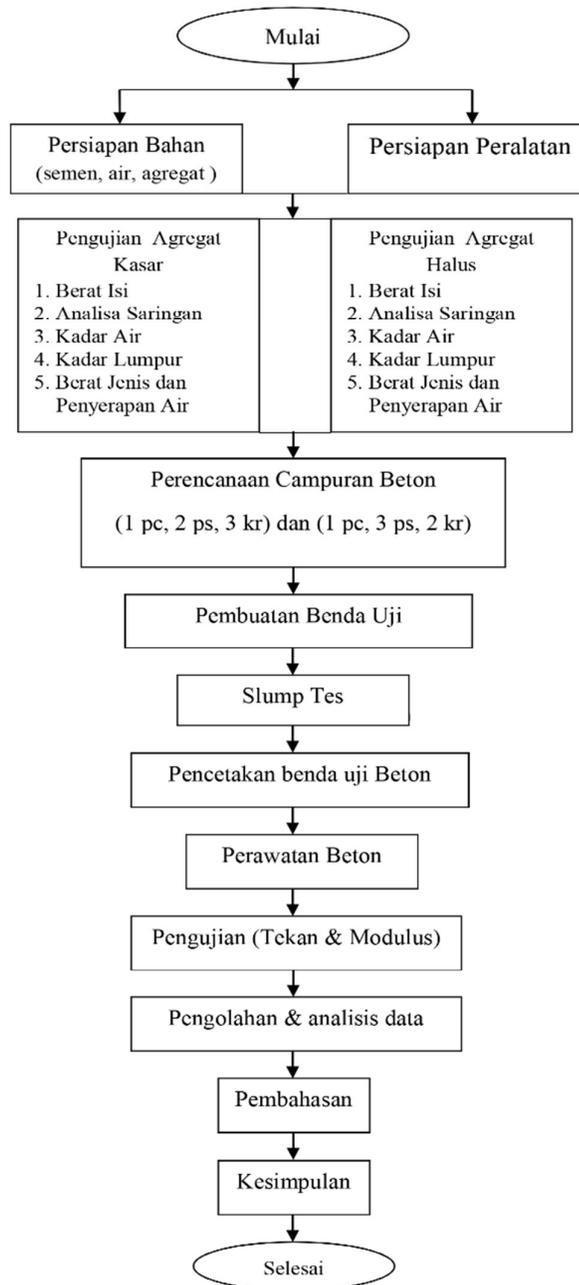
Komposisi beton	Variable Damdex	Benda uji (silinder)	Jumlah
1 Pc : 2 Ps : 3 Kr	0.00%	Dia 15 cm Tinggi 30 cm	5 bh
	0.20%	Dia 15 cm Tinggi 30 cm	5 bh
	0.40%	Dia 15 cm Tinggi 30 cm	5 bh
	0.60%	Dia 15 cm Tinggi 30 cm	5 bh
1 Pc : 3 Ps : 2 Kr	0.00%	Dia 15 cm Tinggi 30 cm	5 bh
	0.20%	Dia 15 cm Tinggi 30 cm	5 bh
	0.40%	Dia 15 cm Tinggi 30 cm	5 bh
	0.60%	Dia 15 cm Tinggi 30 cm	5 bh

### 3.2 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian yang akan dilaksanakan, cetakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran tinggi 30 cm dengan diameter 15 cm. Pembuatan, benda uji, perawatan dan pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Sipil Widyagama Malang. Dalam pelaksanaan penelitian ada beberapa tahapan yang akan dilakukan diantaranya:

- Mengumpulkan material bahan untuk pembuatan benda uji.
- Mempersiapkan peralatan untuk membuat benda uji.
- Membuat campuran mortar dengan komposisi 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr dan 1 Ps : 3 Ps : 2 Kr.
- Damdex yang akan ditambahkan dengan perbandingan variasi 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6%.
- Dilakukan pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas.

### 3.3 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 2.** Diagram Alir Penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan terdapat proses tahapan sebagai berikut :

##### 4.1 Hasil Kualitas Bahan Penyusun Beton

Agregat Kasar mendapatkan hasil analisis sebagai berikut:

**Tabel 2.** Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	ASTM
1	Berat Isi agregat	1.421 kg/m <sup>3</sup>	0,4 - 1,9 kg/m <sup>3</sup>
2	Analisa Saringan , modulus butir	Zona II, 3.17	Max 4,75
3	Kadar air	1.32%	-
4	Kadar Lumpur	1.20%	Max 1 %
5	Berat Jenis dan Penyerapan	2,412 gr/cm <sup>3</sup> gr/cm <sup>3</sup> -- dan 0,6 %	1,2 gr/cm <sup>3</sup> – 2,8 gr/cm <sup>3</sup> Max 2,30%

Sumber: Hasil Pengujian

Agregat Halus mendapatkan hasil analisis sebagai berikut:

**Tabel 3.** Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standart ASTM
1	Berat Isi agregat	1.543 kg/m <sup>3</sup>	0,4 - 1,9 kg/m <sup>3</sup>
2	Analisa Saringan , modulus butir	Zona II , 3.47	Max 4.75
3	Kadar air	2.23%	Max 5
4	Kadar Lumpur	2.50%	Max 5,%
5	Berat Jenis dan Penyerapan	2,427 gr/cm <sup>3</sup> --	1,2 gr/cm <sup>3</sup> – 2,8 gr/cm <sup>3</sup> Max 2,30%

Sumber: Hasil Pengujian

##### 4.2 Pengujian Dan Perhitungan Berat Jenis, Kuat Tekan, Dan Modulus Elastisitas Beton

1. Pengujian Berat Jenis Beton menggunakan rumus :

$$\text{Berat volume, } V = \frac{\text{Berat benda uji}}{\text{Volume benda uji}} \dots\dots\dots (1)$$

2. Pengujian kuat tekan ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton pada umur 28 hari. Setelah benda uji berumur 28 hari, maka benda uji ditimbang beratnya dan dites kuat tekanannya. Dan di hitung menggunakan rumus :

$$\text{Kuat Tekan Beton, } \sigma = P/A \dots\dots\dots (2)$$

$\sigma$  = Kuat tekan beton uji (Mpa)

Dimana, P = Daya tahan beton uji (N)

A = Luas permukaan tekan (m<sup>2</sup>)

3. Pengujian Modulus Elastisitas ini bertujuan untuk mengetahui modulus elastisitas beton pada umur 28 hari. Setelah benda uji berumur 28 hari, maka benda uji modulus elastisitasnya. Benda uji diletakkan pada tempat yang telah tersedia pada mesin tekan, pada benda uji juga dipasang dial gauge. Data yang diperoleh dari pembacaan dial gauge selanjutnya digunakan untuk menghitung tegangan dan regangan. hasil pengujian di catat dan dihitung menggunakan rumus :

4. Metode SNI

$$E_C = WC^{1.5} \cdot 0.043 \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (3)$$

$$E_C = 2265^{1.5} \cdot 0.043 \sqrt{10.191} \dots\dots\dots (4)$$

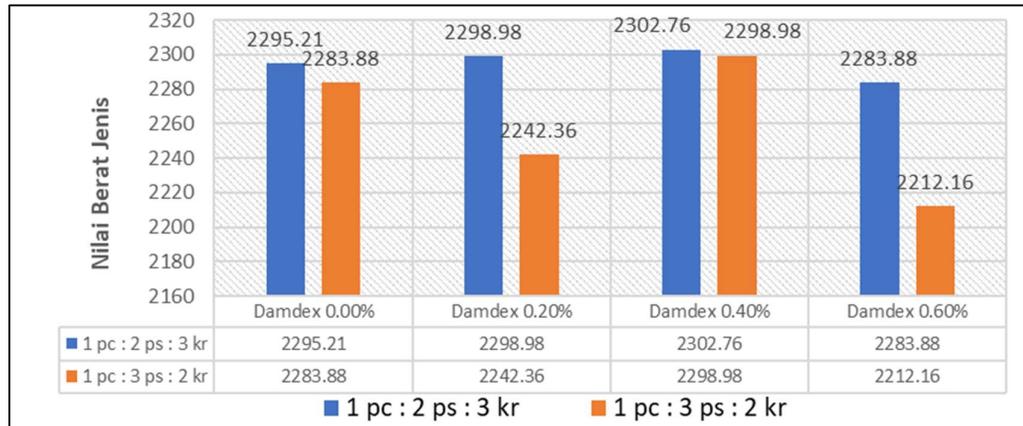
$$E_C = 14797.303 \dots\dots\dots (5)$$

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan Berat Jenis, Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Rata-rata

Campuran beton 1 pc 2 ps 3 kr					Campuran beton 1 pc 3 ps 2 kr				
No	Variable Damdex	Berat Volume Kg/m <sup>3</sup>	Kuat tekan (MPa)	Modulus Elastisitas	No	Variable Damdex	Berat Volume Kg/m <sup>3</sup>	Kuat tekan (MPa)	Modulus Elastisitas
1	0.00%	2295.21	10.28	16037.398	1	0.00%	2283.88	8.35	13657.779
2	0.20%	2298.98	15.11	18975.061	2	0.20%	2242.36	9.89	14254.842
3	0.40%	2287.66	13.02	17616.134	3	0.40%	2298.98	7.56	13023.101
4	0.60%	2283.88	12.9	16681.279	4	0.60%	2212.16	6.25	11672.573

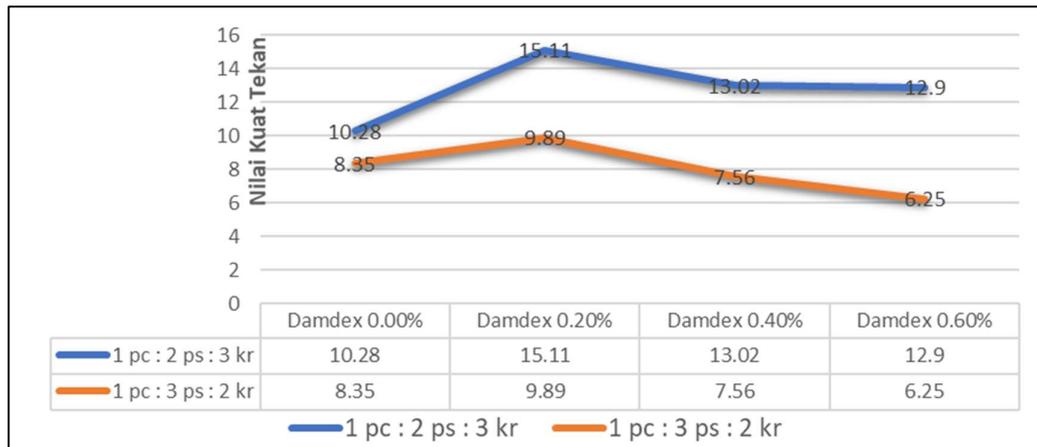
Sumber: Hasil Pengujian

Dari hasil perhitungan pada Tabel 3 maka di dapatkan data berat jenis, kuat tekan, dan modulus elastisitas rata-rata sebagai berikut :



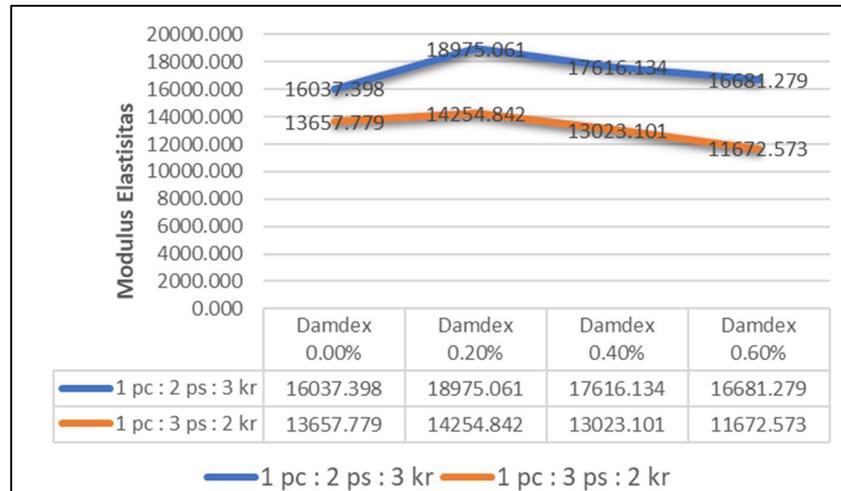
**Gambar 3.** Grafik Hasil Berat Jenis Rata-Rata

Berdasarkan Gambar 3 di atas berat jenis beton rata – rata di dapatkan pada nilai berat jenis beton tertinggi pada variable Damdex 0,00% dengan campuran beton 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr sebesar 2336,73 Kg/m<sup>3</sup>, dan nilai berat jenis beton terendah pada variable Damdex 0,60% dengan campuran beton 1 Pc : 3 Ps : 2 Kr sebesar 2212.16 Kg/m<sup>3</sup>.



**Gambar 4.** Diagram Hasil Kuat Tekan Rata-Rata

Berdasarkan Gambar 4 di atas kuat tekan beton rata – rata di dapatkan nilai kuat tekan tertinggi pada variable Damdex 0,20% dengan campuran 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr sebesar fc 15,11 Mpa, dan nilai kuat tekan terendah pada variable Damdex 0,40% dengan campuran 1 Pc : 3 Ps : 2 Kr sebesar fc 6,25 Mpa.



Gambar 5. Diagram Hasil Modulus Elastisitas Rata-Rata

Berdasarkan Gambar 5 di atas Modulus elastisitas rata-rata di dapatkan nilai tertinggi pada variable Damdex 0,20% dengan campuran 1 pc : 2 ps : 3 kr sebesar 18975.061 MPa, dan nilai terendah pada campuran 1 pc : 3 ps : 2 kr variable Damdex 0,60% sebesar 11672.573 MPa.

## 5. KESIMPULAN

Pada hasil penelitian menggunakan campuran beton 1 Pc : 3 Ps : 2 Kr dengan variasi tambahan damdex 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% menghasilkan kuat tekan tertinggi pada varian penambahan Damdex 0.2% dengan nilai kuat tekan sebesar  $f_c$  9.89 MPa, meningkat 15.40% dibandingkan campuran beton normal / tanpa menggunakan damdex ( damdex 0% ) dan untuk modulus elastisitas didapatkan nilai tertinggi pada varian penambahan damdex 0.2% sebesar 14254.842 MPa meningkat 13.21% dibandingkan campuran beton normal/tanpa menggunakan damdex (damdex 0%). Hal ini dapat disimpulkan bahwa penambahan damdex dapat mempengaruhi kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Untuk hasil penelitian menggunakan campuran beton 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr dengan variasi tambahan damdex 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% menghasilkan kuat tekan tertinggi pada varian penambahan Damdex 0.2% dengan nilai kuat tekan sebesar  $f_c$  15.11 MPa, meningkat 48.30% dibandingkan campuran beton normal/tanpa menggunakan damdex ( damdex 0% ), untuk modulus elastisitas didapatkan nilai tertinggi pada varian penambahan damdex 0.2% sebesar 18975.061 MPa meningkat 47.18% dibandingkan campuran beton normal/tanpa menggunakan damdex (damdex 0%). Hal ini dapat disimpulkan bahwa penambahan damdex dapat mempengaruhi kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Sehingga didapatkan nilai maksimum kuat tekan beton pada variable tambahan damdex 0.2% dengan campuran beton 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr sebesar  $f_c$  15.11 MPa. Lebih tinggi 52.20% dari campuran beton 1 Pc : 3 Ps : 2 Kr dan nilai maksimum modulus elastisitas beton pada variable tambahan damdex 0.2% dengan campuran beton 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr sebesar 18975.061 MPa lebih tinggi 65.11% dari campuran beton 1 Pc : 3 Ps : 2 Kr.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Aprilianti and Nadia, "Analisis Pengaruh Beton Dengan Bahan *Admixture naphthalene* dan *Polycarboxilate* Terhadap Kuat Tekan Beton Normal," *Jurnal Konstruksia*, vol. 3, no. 2, pp. 33–40, Apr. 2012.
- [2] A. Purwati, S. As'ad, and Sunarmasto, "Pengaruh Ukuran Butiran Agregat Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi Grade 80," *Matriks Teknik Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 58–63, 2014.
- [3] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 1972*. Indonesia: SNI, 2008.

- [4] S. Arian, Roestaman, and S. Permana, "Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar Kerikil Alami Terhadap Mutu Beton," *Jurnal Konstruksi*, vol. 19, no. 1, pp. 52–59, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.sttgarut.ac.id/>
- [5] P. Nugraha and Antoni, *Teknologi Beton*. Jakarta: Andi Offset, 2007.
- [6] T. Mulyono, *Teknologi Beton*. Jakarta: Andi Offset, 2004.
- [7] S. Zuraidah and K. Budihastono, "Pengaruh Rongga Dalam Beton Terhadap Kuat Tekan Beton," 2013.
- [8] Nurmaidah, "Penggunaan Bahan Tambah Damdex (Waterproofing) Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton," *Juncto*, vol. 2, no. 1, 2016.
- [9] A. P. Pujianto, "Beton Mutu Tinggi dengan Admixture Superplastisizer dan Aditif Silicafume," *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, vol. 14, no. 2, pp. 177–185, 2011.
- [10] S. Putra Naully, C. Djaya Mungok, and C. P. Handalan, "Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Admixture Betonmix Dengan Menggunakan Semen PPC Terhadap Kuat Tekan Beton," *Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, vol. 1, no. 1, pp. 1–17, 2016.
- [11] J. A. Harianja and E. Barus, "Penggunaan Damdex Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Beton," Yogyakarta, Dec. 2008.
- [12] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 03 2834*. Indonesia: SNI, 2000.
- [13] Nawy and Edward, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT. Refika Aditama, 1998.