



# Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (PROTEKSI)

Vol. 4 No. 1 Juni (2022)

The Commencement of PROTEKSI

- **Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal dan Fasilitas Keselamatan Jalan di Simpang Kletek – Sawunggaling Taman Sidoarjo**  
G. Mauludi Nizar, Adhi Muhtadi
- **Identifikasi Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Cost Overrun pada Proyek Konstruksi Gedung di Surabaya**  
Bagus Dwipurwanto
- **Abu Sekam Padi dan Carbon Nanotube sebagai Material Alternatif Penyusun Beton Ringan Seluler**  
Yogie Risdianto, Nur Andajani, Andang Widjaya, Krisna Dwi Handayani, Meity Wulandari
- **Penjadwalan Penyelesaian Proyek Revitalisasi Aula Muzdalifah Asrama Haji dengan Menggunakan Sumber Daya Terbatas**  
Maulidya Octaviani Bustamin, Bambang Sujatmiko, Nando Winnet Mazaya
- **Studi Perilaku Dinding Geser Pelat Baja Berlubang dengan Pembebanan Siklik**  
Mochamad Ridwan
- **Karakteristik Campuran Asphalt Concrete – Binder Course pada Paket Pembangunan Jalan Sumberjo Sidodadi Jember**  
Rudy Santosa, Bambang Sujatmiko, Dhevin Baswara Hendatama
- **Identifikasi Risiko pada Pekerjaan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung sebagai Tempat Tinggal**  
Puguh Novi Prasetyono, Hasan Dani
- **Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan**  
Anton Cristiyan, Anna Rosytha
- **Perilaku Penghuni dalam Melestarikan Fungsi Lingkungan Perumahan Massal**  
Nurmi Frida Dorintan Bertua Pakpahan

## Kata Pengantar

Jurnal Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (PROTEKSI) Universitas Negeri Surabaya (UNESA) ini telah mendapatkan e-ISSN dari LIPI dan Proteksi saat ini menduduki peringkat SINTA 4 (Indeks Sains dan Teknologi) [ranked SINTA 4 \(Science and Technology Index\) published in Director Decree SK no. 158/E/KPT/2021.](#) Proteksi menerbitkan Volume 4, Nomor 1, Juni 2022. Penerbitan jurnal ini dimaksudkan untuk memberikan informasi ilmiah mengenai perkembangan ilmu teknik sipil yang meliputi hasil penelitian, kajian pustaka dan telaah kritis pada kasus-kasus ilmu ketekniksipilan. Pada Volume 4, Nomor 1 ini menerbitkan 9 judul artikel ilmiah yang kami sajikan. Penulis pada Volume 4, Nomor 1 ini merupakan sivitas akademika dari dalam maupun luar Universitas Negeri Surabaya. Redaksi mengucapkan terima kasih kepada para mitra bestari dan penyunting yang telah menyediakan waktunya untuk menyunting naskah artikel yang dimuat. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada para penulis dan semua pihak yang telah membantu hingga terbitnya jurnal ini. Kami sangat mengharapkan peran aktif semua pihak sebagai penulis artikel, baik dari lingkungan akademisi maupun praktisi dan lain-lain khususnya bidang teknik sipil. Semoga materi yang disampaikan dapat berguna bagi pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan secara umum. Kritik dan saran sangat redaksi harapkan untuk perbaikan penerbitan berikutnya. Terimakasih dan Selamat Membaca.

Volume 4, No. 1, Juni 2022

E-ISSN : 2655-6421

# Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (PROTEKSI)

---

---

## **Pimpinan Redaksi :**

Dr. Gde Agus Yudha P.A., ST., MT. (UNESA)

## **Dewan Penasihat Editor :**

Prof. Dr. E. Titiek Winanti, MS. (UNESA)

Prof. Dr. Ir. H. Kusnan, SE., MM., MT. (UNESA)

Prof. Dr. Erina Rahmadyanti, ST., MT. (UNESA)

Dr. Ir. H. Dadang Supriyatno, MT. (UNESA)

Arie Wardhono, ST., M.MT., MT., Ph.D. (UNESA)

## **Editor :**

R. Endro Wibisono, S.Pd., M.T. (UNESA)

Meity Wulandari S.T., M.T. (UNESA)

Hendro Sutowijoyo (Universitas Narotama)

Dr. Ir. Hitapriya Suprayitno, M.Eng. (ITS)

Anita Intan Nura Diana, S.T., M.T. (UNIJA)

Putu Aryastana. S.T., M.Eng. M.Si. (WARMADEWA)

Kencana Verawati, S.S.T., M.M.Tr. (UNJ)

Vivian Karim Ladesi, S.T., M.T. (UNJ)

## **Mitra Bestari :**

Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D (UMS Surakarta)

Mochamad Solikin, ST., MT., Ph.D (UMS Surakarta)

Budi Yulianto ST., MSc., Ph.D (UNS)

Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., Ph.D (ITS)

Ferry Hermawan ST., MT., Ph.D (UNDIP)

Dr. Winoto Hadi, S.T., M.T.

Dr. Ir. Adi Prawito, M.T. (UNNAR)

## **Alamat Penerbit :**

Jurusan Teknik Sipil

Gedung A4, Fakultas Teknik

Universitas Negeri Surabaya

Telp. (031) 8280009

Website: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/proteksi/index>

Email : proteksi@unesa.ac.id

**Frekuensi terbit setahun 2 kali (Juni dan Desember)**

**Jurnal Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil merupakan suatu wadah karya tulis ilmiah para dosen dan praktisi yang bergerak dibidang teknik sipil meliputi struktur, lingkungan, rekayasa jalan, rekayasa tanah, rekayasa air, manajemen kontruksi sebagai perwujudan tri darma perguruan tinggi.**

# DAFTAR ISI

## PROTEKSI

Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil

Halaman Judul .....	i
Kata Pengantar.....	ii
Susunan Dewan Redaksi .....	iii
Daftar Isi .....	iv
Petunjuk Penulisan .....	v

**Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal dan Fasilitas Keselamatan Jalan di Simpang Kletek – Sawunggaling Taman Sidoarjo**

G. Mauludi Nizar, Adhi Muhtadi..... 1-6

**Identifikasi Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Cost Overrun pada Proyek Konstruksi Gedung di Surabaya**

Bagus Dwipurwanto..... 7-13

**Abu Sekam Padi dan Carbon Nanotube sebagai Material Alternatif Penyusun Beton Ringan Seluler**

Yogie Risdianto, Nur Andajani, Andang Widjaya, Krisna D.Handayani, Meity W ..... 14-20

**Penjadwalan Penyelesaian Proyek Revitalisasi Aula Muzdalifah Asrama Haji dengan Menggunakan Sumber Daya Terbatas**

Maulidya Octaviani Bustamin, Bambang Sujatmiko, Nando Winnet Mazaya..... 21-27

**Studi Perilaku Dinding Geser Pelat Baja Berlubang dengan Pembebanan Siklik**

Mochamad Ridwan..... 28-33

**Karakteristik Campuran Asphalt Concrete – Binder Course pada Paket Pembangunan Jalan Sumberjo Sidodadi Jember**

Rudy Santosa, Bambang Sujatmiko, Dhevin Baswara Hendatama ..... 34-41

**Identifikasi Risiko pada Pekerjaan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung sebagai Tempat Tinggal**

Puguh Novi Prasetyono, Hasan Dani..... 42-47

**Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan**

Anton Cristiyani, Anna Rosytha..... 48-58

**Perilaku Penghuni dalam Melestarikan Fungsi Lingkungan Perumahan Massal**

Nurmi Frida Dorintan Bertua Pakpahan..... 59-66

## Judul Jurnal: Pedoman Penulisan Artikel Pada Jurnal Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (PROTEKSI)

*Journal Title in English: Guidelines for Writing Articles in Journal Publication  
Research Orientation of Civil Engineering (Proteksi)*

### Nama Pengarang Tanpa Gelar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cantumkan alamat institusi dan alamat e-mail yang bisa dihubungi, secara lengkap dan jelas. Contoh :  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya. Telp: (031)  
1234567. Email : [proteksi@unesa.ac.id](mailto:proteksi@unesa.ac.id)

### Abstrak

Abstrak dan kata kunci ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Apabila artikel menggunakan Bahasa Indonesia, maka abstrak yang ditampilkan terlebih dahulu adalah abstrak yang berbahasa Indonesia begitupula sebaliknya. Abstrak ditulis secara ringkas dengan memuat masalah penelitian, tujuan, metode, hasil dan kesimpulan dalam 1 (satu) paragraph dan tidak lebih dari 200 kata. Gunakan font times new roman, format italic, ukuran 10 point, dan dalam format spasi tunggal.

**Kata Kunci:** Berikan 3-5 kata kunci berdasarkan urutan alphabetic; kata kunci dipisahkan dengan titik koma

### Abstract

*Abstract and keyword should be written both in English and Bahasa Indonesia. The version that appears first will be of the same language used in writing the manuscript. Abstract should be written in straightforward sentences consisting research problem and or purpose, method, result and conclusion in 1(one) paragraph and not exceed 200 words. Please use italics regular 10 point times new romanfont, in a single space format.*

**Keywords:** Attach 3 to 5 keywords in alphabetical order; keywords separated by semi-colon

## PENDAHULUAN

Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi) adalah wadah bagi para akademisi untuk mempublikasikan kegiatan penelitian ilmiah/riset di bidang Civil Engineering. Proteksi diterbitkan oleh Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya – Indonesia dengan periode penerbitan dua kali dalam setahun.

Artikel-artikel yang diterbitkan pada Proteksi melalui proses penyuntingan dan penilaian secara ketat dari pihak ketiga yang tergabung sebagai mitra bestari. Proses penyuntingan ini bertujuan untuk memastikan tingkat akurasi isi artikel serta memberikan jaminan kebenaran informasi seperti yang diharapkan oleh pembaca.

Artikel yang diterbitkan di Proteksi dapat diakses secara online dan dapat didownload. Redaksi Proteksi menerima artikel hasil penelitian dari para peneliti, dosen, mahasiswa maupun praktisi, baik dalam bahasa Inggris maupun dalam bahasa Indonesia.

### Format Gaya Selingkung

Format gaya selingkung jurnal Proteksi digunakan untuk menjaga konsistensi tampilan jurnal. Untuk memberikan kemudahan dan efisiensi dalam memformat penulisan, gunakan *template* ini dengan mengkopi, mendownload dan atau meminta email *attachment* dari redaksi, kemudian menggantinya dengan materi penulis sendiri. Berkas (file) *template* ini akan memuat beberapa gaya pemformatan tertentu.

<https://doi.org/10.26740/proteksi.vxxn.px-x>

### Bahasa, Gaya Penulisan dan Isi

Penulisan artikel minimum dalam 6 halaman. Jumlah halaman artikel diusahakangenap (8, 10 atau 12 halaman). Urutan penulisan yang diharuskan adalah sebagai berikut; pendahuluan yang memuat masalah yang diangkat termasuk teori/literatur mutakhir yang mendasari arah penyelesaian masalah, metode yang digunakan, hasil dan pembahasan dan diakhiri simpulan, saran dan atau rekomendasi. Apabila diperlukan untuk menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak yang mendukung penelitian, maka ditempatkan sebelum referensi. Penulisan referensi diletakkan paling akhir. Referensi yang ditulis haruslah yang diacu pada seluruh tulisan, dan sebaliknya, literatur yang dikutip dalam tulisan harus dinyatakan dalam daftar referensi.

Untuk lebih meningkatkan kualitas artikel, dianjurkan agar penulis memanfaatkan hasil kajian pustaka untuk mendukung argumentasi, baik dalam pendahuluan (uraian mengapa perlunya penelitian dilakukan) dan dalam pembahasan (uraian perbandingan dengan temuan-temuan penelitian sebelumnya/teori yang ada). Dalam penulisan gunakan gaya langsung dan singkat. Hindarkan kalimat-kalimat yang kompleks dan ambigu. Definisikan secara singkat semua istilah teknik yang mungkin belum umum untuk pembaca. Jelaskan singkatan yang digunakan pada awal kemunculan. Misalnya: '*Optimum Moisture Content (OMC)*'. Jelaskan acuan lokal yang dipakai (istilah-istilah yang tidak semua orang tahu pada suatu pulau tertentu).

Ukuran Kertas, Margin dan Kolom Artikel dicetak dalam kertas ukuran A4(21x29.7cm). Margin atas, bawah, kanan dan kiri masing-masing adalah 2 cm. Penulisan artikel (kecuali abstrak) dilakukan pada 2 kolom. Lebar kolom adalah 8.15 cm dengan jarak antar kolom 0.7 cm. Paragraf diketik dengan alinyemen *justified*. Antar judul bab, sub bab dengan paragraf di bawahnya tidak diberi jarak. Antar paragraf diberi jarak 1 spasi baris.

### Format Tabel

Tabel harus diterangkan dalam batang tubuh. Tabel dibuat dalam ukuran huruf yang lebih kecil daripada batang tubuh. Tabel hanya menggunakan border horizontal di tepi atas, bawah dan batas judul kolom, tanpa border vertikal (lihat Tabel 1). Judul tabel ada di atas tabel, menggunakan Times New Roman (TNR) 11, hanging pada 1.5 cm. Tabel yang diperbesar boleh 2 kolom penuh dan diletakkan

pada bagian atas atau bagian bawah suatu halaman. Lihat Tabel 2.

### Format Gambar

Semua gambar harus dijelaskan dalam paragraf. Tampilan gambar harus jelas (lihat Gambar 1), tulisan-tulisan harus terbaca. Gambar dapat diperbesar menjadi 2 kolom penuh dan diletakkan pada awal bagian atas atau bagian bawah suatu halaman. Lihat Gambar 2. Gambar berupa foto berwarna harus cukup jelas dicetak dalam warna hitam putih/*Grayscale*.

Tabel 1. Ukuran dan jenis huruf untuk bagian-bagian dalam artikel di jurnal Proteksi

Bagian	Huruf	Point	Keterangan
Judul	Arial narrow	16	Huruf besar, bold, spasi baris 1, justified
Nama pengarang	TNR	12	Title case, bold, spasi baris 1, center
Footnote	TNR	9	Sentence case, spasi baris 1, justified, hanging 0,5 cm
Abstrak, Kata kunci	TNR	10	Sentence case, italic, spasi baris 1, justified
Judul Bab	TNR	12	Huruf besar, bold, spasi baris 1, rata kiri
Judul Sub bab	TNR	11	Title case, bold, spasi baris 1, rata kiri
Paragraf	TNR	11	Sentence case, spasi baris 1, setelah paragraf diberi jarak spasi 1 spasi, justified

Tabel 2. Contoh tabel ukuran besar

Bagian	Huruf	Point	Keterangan
Judul Tabel	TNR	11	Sentence case, spasi baris 1, hanging 1,5 cm
Isi Tabel	TNR	8-10	Sentence case, spasi baris 1
Judul Gambar	TNR	11	Sentence case, spasi baris 1, tengah



Gambar 1. *Indirect Tensile Stiffness Modulus (ITSM) test*

<https://doi.org/10.26740/proteksi.vvnx.px-x>

**Format Persamaan**

Persamaan yang sudah biasa digunakan di dunia teknik sipil, tidak perlu dicantumkan dalam artikel. Persamaan-persamaan yang secara langsung mendukung dan merupakan hasil penelitian mutakhir yang dicantumkan, ditulis dengan menggunakan *Microsoft Equation* dan diberi nomor. Penomoran dilakukan dengan tabulasi kanan pada 7.75 cm dengan didahului titik-titik. Contoh dapat dilihat pada Persamaan [1].

$$n = \frac{z_{(\alpha/2)}^2 + \sigma^2}{B^2} \dots\dots\dots[1]$$

Semua singkatan dalam persamaan harus dijelaskan dengan kalimat, contoh: n adalah jumlah simulasi yang diperlukan; Z nilai invers dari distribusi normal;  $\sigma$  standar deviasi dan B adalah interval kesalahan (*margin of error*)

Atau dengan cara sbb:  
 keterangan :

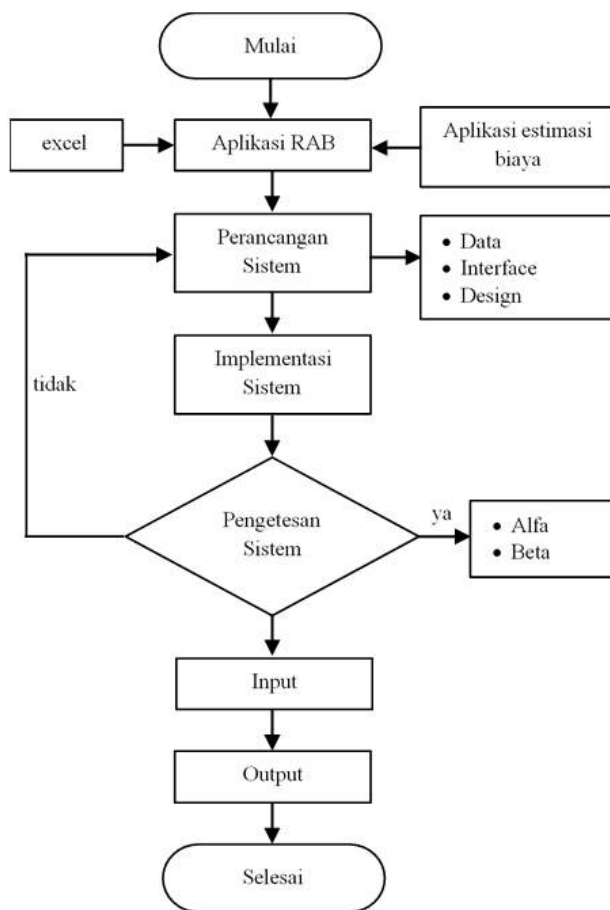
- n = jumlah simulasi yang diperlukan
- Z = nilai invers dari distribusi normal
- $\sigma$  = standar deviasi
- B = interval kesalahan (*margin of error*)

**METODE**

Uraikan metode penelitian yang digunakan dengan ringkas. Untuk metode yang tidak umum, uraikan dengan rinci. Prosedur yang digunakan dalam penelitian dapat digambarkan misalkan dalam bentuk antara lain:

- Diagram alir
- Gambar
- Diagram lain yang menunjang.

Contoh diagram alur dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan Aplikasi Perhitungan RAB

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dapat dinyatakan dalam narasi, tabulasi, grafik, dan atau gambar. Usahakan untuk menampilkan dengan ringkas dan sekomprensif mungkin. Pembahasan harus terfokus pada hasil dan bagaimana hasil tersebut dapat menjawab masalah yang diangkat.

**KESIMPULAN**

Simpulkan apa yang telah dihasilkan dalam riset, bukan semata-mata apa yang dibayangkan akan dilakukan. Nyatakan dengan jelas apa kontribusi (unik) yang diberikan dalam bidang kajian ini. Simpulan dinyatakan dalam bentuk narasi.



## REFERENSI

Referensi yang digunakan sebagian besar merupakan pustaka primer (hasil penelitian) dan bersifat mutakhir (10 th terakhir). Referensi dicantumkan *Hanging* 1 cm, diurutkan secara Alfabetis. Format penulisan referensi adalah sebagai berikut : nama penulis. Tahun. judul artikel (ditulis tegak dengan diawali dan diakhiri tanda "dobel-apostrop"), nama jurnal/majalah (ditulis miring), volume/Jilid, nomor terbit, bulan terbit, nomor permulaan dan akhir artikel, penerbit, tempat terbit.  
Contoh:

British Standard. 2003. "(BS) 4987-1: Coated Macadam (asphalt concrete) for roads and other paved areas".  
Nichols J.C. and Lay J., 2002, "Crushed Glass in Macadam for Binder Course and Road Base Layers", *Proceedings of 4th European Symposium on Performance of*

*Bituminous and Hydraulic Materials in Pavements*, BITMAT 4, University of Nottingham, U.K., 11-12 April 2002, pp. 197-212, A.A.Balkema Publishers, Netherlands.

Sear, L.K.A., 2001, "*The Properties and Use of Coal Fly Ash*", Thomas Telford Ltd. London.

Sear, L.K.A., 2006, "Blocks Made in UK – 100 % Utilization of Bottom Ash", *ECOBAConference Paper, United Kingdom QualityAshAssociation(UKQAA)*, <http://www.ukqaa.org.uk/Papers/ECOBAConferenceFBAinblock-Sear.pdf>. accessed: 08-02-06.

Smith, E.A., 1983, "Buckling of Four Equal-Leg Angle Cruciform Columns", *Journal of Structural Engineering*. ASCE. Vol. 109 No.2 Feb.

*Panjang kolom di halaman terakhir kurang lebih harus sama,  
Template penulisan ini dapat diakses di: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/proteksi/index>*



## Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal dan Fasilitas Keselamatan Jalan di Simpang Kletek – Sawunggaling Taman Sidoarjo

### *Performance Evaluation of Signalized Intersections and Road Safety Facilities at Simpang Kletek – Sawunggaling Taman Sidoarjo*

**G. Mauludi Nizar<sup>1</sup>, Adhi Muhtadi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Narotama Surabaya, Jln. Arief Rachman Hakim No.51 Surabaya. Telp: (031) 5946404. Email : [gusgoen@gmail.com](mailto:gusgoen@gmail.com)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Narotama Surabaya, Jln. Arief Rachman Hakim No.51 Surabaya. Telp: (031) 5946404. Email : [adhi.muhtadi@narotama.ac.id](mailto:adhi.muhtadi@narotama.ac.id)

#### **Abstrak**

Simpang Kletek Taman merupakan area sering dilalui akses kendaraan yang padat di kota Sidoarjo, karena adanya Pasar Induk Modern Agrobis Puspa Agro dibangun di kawasan tersebut. Perhitungan kinerja simpang peneliti menggunakan metode MKJJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) dan melakukan survai fasilitas keselamatan jalan. Metode penelitian dimulai dengan pengumpulan data (survai volume lalu lintas dan geometrik simpang), selanjutnya mencari data literatur. Tahap selanjutnya melakukan analisa kinerja simpang dan survai langsung fasilitas keselamatan jalan. Kondisi eksisting dua fase menunjukkan tingkat pelayanan simpang masuk zona F, dengan data Derajat kejenuhan 1,19, Panjang antrian adalah 598.5 m, Rasio kendaraan stop adalah 2,392 stop/smp, tundaan simpang rata-rata 93 det/smp. Data kajian persimpangan Kletek - Sawunggaling pada tahun 2026 kajian simpang diganti ke tiga fase kondisi tahun 2026 tingkat pelayanan simpang masuk zona E, dengan data dari kajian menunjukkan Derajat kejenuhan 0,49, Panjang antrian adalah 125,9 m, Rasio kendaraan stop adalah 0.780 stop/smp, tundaan simpang rata-rata 76 det/smp. dari survai fasilitas keselamatan Jalan kondisi sekarang masih kurangnya fasilitas pada simpang. Solusinya adalah geometri simpang (pelebaran Jalan), pengaturan sinyal 3 fase, dan kelengkapan fasilitas Jalan dilengkapi dengan baik.

**Kata Kunci:** Fasilitas; jalan; simpang

#### **Abstract**

*Intersection Kletek Taman is traversed by dense vehicle access in the city of Sidoarjo, because the Agrobis Puspa Agro Modern Main Market was built in the area. The researchers calculated the intersection performance using the MKJJI (Indonesian Road Capacity Manual) method and conducted a survey of road safety facilities. The research method begins with data collection (traffic volume surveys and geometric intersections), then searches for literature data. The existing two-phase condition shows the level of service at the F zone intersection, with data on the degree of saturation 1.19, the queue length is 598.5 m, the vehicle stop ratio is 2,392 stops/smp, the average intersection delay is 93 sec/smp. Data from the study of the intersection in 2026, the study of the intersection was replaced with three phases of conditions in 2026, the service level of the intersection entering zone E, with data from the study showing the degree of saturation was 0.49, the queue length was 125.9 m, the vehicle stop ratio was 0.780 stops/smp, the average intersection delay is 76 sec/smp. From the survey of road safety facilities, the current condition is still lacking in facilities at the intersection. The solution is intersection geometry (road widening), 3-phase signal regulation, and completeness of well-equipped Road facilities.*

**Keywords:** Facilities; intersection; road

## PENDAHULUAN

Persimpangan Kletek Taman merupakan salah satu area yang dilalui akses kendaraan yang padat di kota Sidoarjo, dikarenakan adanya Pasar Induk Modern Agrobis Puspa Agro yang dibangun di kawasan strategis di Jl. Sawunggaling 177 – 183, Jemundo, Taman (Klethek), Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia. Tujuan didirikannya pasar tersebut guna untuk meningkatkan nilai tambah dan pendapatan petani, Meningkatkan Pendapatan Asli Daerah (PAD) Jawa Timur, meningkatkan devisa dari hasil ekspor, dan menciptakan lapangan kerja baru.

Sinyal lalu lintas merupakan cara pengaturan yang paling umum digunakan pada suatu persimpangan. Parameter dasar dalam perhitungan pengaturan lampu lalu lintas secara umum meliputi parameter pergerakan, parameter waktu dan parameter ruang (geometrik). Perhitungan parameter waktu sinyal lalu lintas juga termasuk perhitungan kinerja lalu lintas di persimpangan seperti tundaan, antrian dan jumlah stop. Simpang jalan Kletek - Sawunggaling adalah salah satu simpang di Sidoarjo yang memiliki kegiatan cukup padat, karena jalan ini terletak pada Jalan Nasional merupakan akses untuk menuju pusat kegiatan masyarakat dari kawasan permukiman ke kawasan pertokoan, pasar, perkantoran dan Industri. Perhitungan simpang bersinyal menggunakan metode MKJI (1997) akan diketahui kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan rata – rata dan tingkat pelayanan persimpangan tersebut.

## Rumusan Masalah

Masalah yang dibahas dalam penelitian yang dilakukan berdasarkan latar- belakang masalah diatas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja simpang dan kondisi fasilitas keselamatan Tahun 2021?
2. Bagaimana kinerja simpang dan kondisi fasilitas keselamatan pada Tahun 2026?
3. Bagaimana solusi untuk memperbaiki kinerja simpang dan fasilitas keselamatan jalan ?

## Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kinerja simpang dan kondisi fasilitas keselamatan Tahun 2021.
2. Menghitung kinerja simpang dan kondisi fasilitas keselamatan pada Tahun 2026.

3. Memberikan solusi untuk memperbaiki kinerja simpang dan fasilitas keselamatan jalan.

## METODE

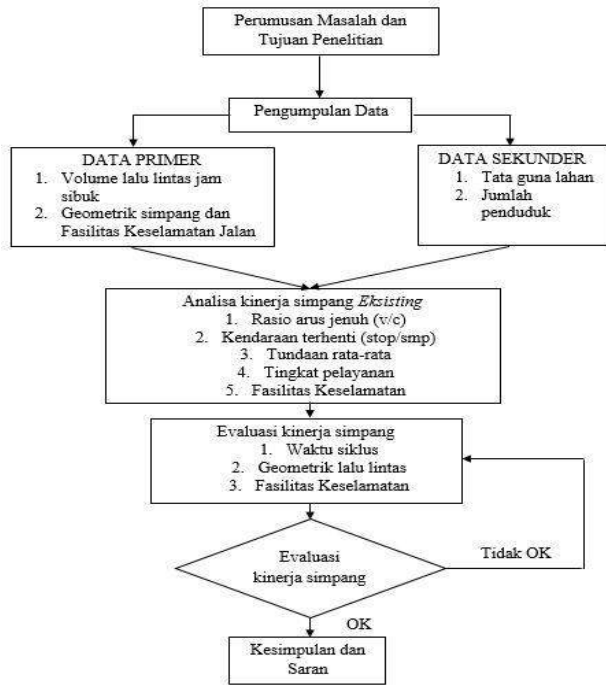
Metode penelitian yang dipakai berdasarkan kajian pustaka dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi masalah, tujuan dan ruang lingkup agar penelitian mencapai sesuai dengan rencana dan tepat sasaran.
- b. Penelitian pendahuluan terhadap lokasi yang menjadi objek penelitian dengan maksud memperoleh daerah penelitian untuk menjadi bahan masukan bagi tahap selanjutnya.
- c. Pengumpulan dan pengolahan data terdiri dari dua macam , yaitu data sekunder dan data primer yang didapat dengan cara survei dan pengamatan di lapangan.
- d. Analisis dan Pembahasan.
- e. Kesimpulan dan Saran.

## Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini dilakukan dengan cara pengambilan sampel data melalui:

1. Survei Data Primer, yaitu :
  - a) Menghitung kendaraan harian rata-rata langsung dilokasi agar diketahui kondisi yang sebenarnya.
  - b) Mengukur dan mendokumentasikan hasil tinjauan langsung dilokasi
2. Survei Data Sekunder, yaitu:
  - a. Menggunakan *study literatur* dari jurnal-jurnal penelitian yang pernah di lakukan sebelumnya dan artikel-artikel untuk pengumpulan data lain yang ideal.
  - b. Menggunakan fasilitas publik dan informasi yang baik  
Contoh diagram alur dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut.



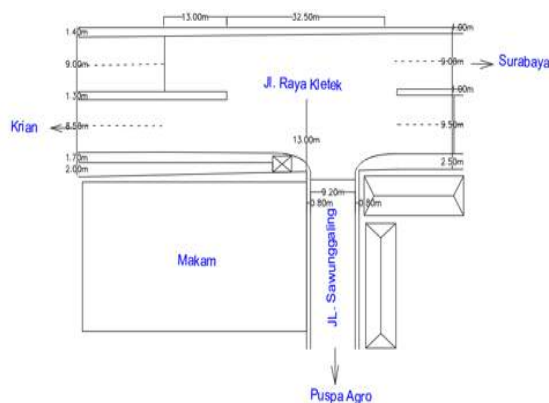
Gambar 1. Diagram Alir Studi

**Volume Lalu Lintas**

Kondisi volume lalu lintas eksisting dihitung berdasarkan survai lalulintas yang didapat dari hasil pengamatan pada jam sibuk 4 hari yaitu hari Rabu (11 Agustus 2021), Kamis (12 Agustus 2021), Sabtu (14 Agustus 2021) dan Minggu (15 Agustus 2021).

**Geometrik Simpang**

Hasil pengukuran situasi dilokasi studi dapat digambarkan seperti terlihat pada gambar 2, sedangkan dari pengamatan dilokasi masih kurangnya fasilitas keselamatan jalan yang belum terpenuhi pada simpang tersebut dan ditemui pula pelanggaran lalu lintas yang terjadi mengakibatkan timbulnya konflik lalu lintas.



Gambar 2. Kondisi Eksisting Simpang Kletek Sawunggaling

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

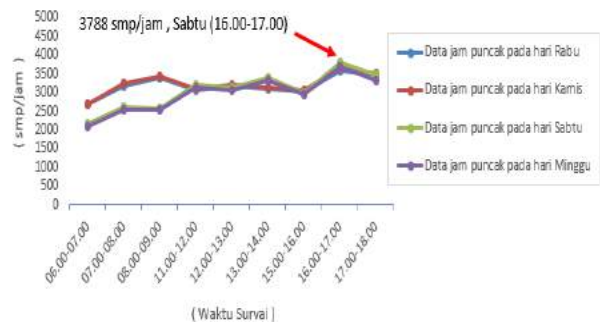
**Perhitungan Eksisting 2 Fase**

Data yang didapat pada saat survey simpang adalah pada tanggal 15 Agustus 2021, persimpangan tersebut memiliki dua fase yaitu timur – barat atau disebut jalan raya kletek dan dari arah selatan atau disebut jalan sawunggaling. Waktu siklus atau disebut dengan c didapat dari penjumlahan Green dan Integreen  $c = 140 + 35 + 6 = 181$  detik, *LTI* didapat dari Integreen  $LTI = 3+3 = 6$  detik

Tabel 1 Hasil survai volume lalu lintas pada hari aktif dan libur

No.	Waktu Survai	Hari Rabu smp/jam	Hari Kamis smp/jam	Hari Sabtu smp/jam	Hari Minggu smp/jam
1	06.00-07.00	2679	2692	2157	2081
2	07.00-08.00	3169	3231	2599	2544
3	08.00-09.00	3376	3430	2593	2534
4	11.00-12.00	3055	3090	3191	3144
5	12.00-13.00	3156	3215	3139	3074
6	13.00-14.00	3092	3147	3406	3328
7	15.00-16.00	3007	3066	3003	2940
8	16.00-17.00	3574	3645	3788	3703
9	17.00-18.00	3456	3515	3476	3326

Dari tabel diatas jam puncak dengan jumlah kendaraan yang melintasi simpang adalah 3788 smp/jam, data tersebut didapat dari penjumlahan kendaraan yang melintas pada pukul 16.00 - 17.00 WIB, atau bisa dilihat pada gambar grafik jam puncak berikut;



Gambar 3. Jam puncak simpang kletek - sawunggaling

### Kapasitas

Hasil perhitungan kapasitas dari arah timur adalah  $3272 \times 140 / 186,2 = 2461$  smp/jam, arah barat adalah  $4372 \times 140 / 186,2 = 3288$  smp/jam, nilai dari arah selatan adalah  $3254 \times 140 / 186,2 = 612$  smp/jam.

### Derajat Kejenuhan

Nilai Derajat kejenuhan untuk masing-masing pendekatan, didapat dari arah timur adalah  $1604 / 2461 = 0,65$  smp/jam, arah barat adalah  $1459 / 3288 = 0,44$  smp/jam, nilai dari arah selatan adalah  $726 / 612 = 1,19$  smp/jam.

### Tundaan rata-rata

Tundaan rata-rata dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan dari masing-masing pendekatan demikian juga dari suatu simpang secara keseluruhan. Untuk simpang LOS ditentukan oleh nilai tundaan kendaraan per detik. Tingkat Pelayanan/Level of service simpang menurut HCM (Highway Capacity Manual) pada Tahun 2021 dapat dilihat menunjukkan tingkat pelayanan simpang masuk zona F karena lebih dari  $> 80$  det/kendaraan.

### Kondisi Hasil Survai Fasilitas Keselamatan Tahun 2021

Dalam Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lau Lintas, yang dimaksud dengan perlengkapan jalan yang berkaitan langsung dengan pengguna jalan antara lain meliputi 21 item fasilitas yang harus dipenuhi. Seperti hasil survai peneliti langsung dilokasi persimpangan yang bisa dilihat pada tabel berikut;

Tabel.2 Survey Fasilitas Keselamatan Jalan di Simpang Kletek – Sawunggaling Kondisi Eksisting 2021

No	Perlengkapan Jalan	Keterangan ada/tidak ada
1	Alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL)	√
2	Rambu lalu lintas	√
3	Marka jalan	√
4	Alat penerangan jalan	√
5	Alat pembatas kecepatan	X
6	Alat pembatas tinggi dan lebar kendaraan	X
7	Pagar pengaman	√
8	Cermin tikungan	X
9	Tanda patok tikungan (delineator)	√
10	Pulau lalu lintas	X
11	Pita penghaduh	X
12	Jalur khusus angkutan umum	X
13	Jalur/lajur sepeda motor	X
14	Jalur/lajur kendaraan tidak bermotor	X
15	Parkir pada badan jalan	X
16	Fasilitas perpindahan moda dalam rangka integrasi pelayanan intra dan antar moda	X
17	Trotoar	√
18	Lajur sepeda	X
19	Tempat penyeberangan pejalan kaki	X
20	Halte	X
21	Fasilitas bagi penyandang disabilitas dan lanjut usia	X

### Perhitungan Kinerja Simpang Tahun 2026

Dengan melihat perkembangan jumlah kendaraan bermotor dikabupaten Sidoarjo tahun 2017-2018 sudah cukup memberikan gambaran bagaimana kondisi jalan yang akan datang, sehingga menimbulkan dampak lalu lintas yang sangat besar diwilayah Sidoarjo. jumlah kendaraan di Kabupaten Sidoarjo selau mengalami peningkatan pada tiap tahunnya. Pertumbuhan kendaraan roda 2 rata-rata mengalami meningkat sebesar 5,52 % dan roda 4 meningkat sebesar 9,16 %. Untuk pertumbuhan kendaraan berat mencapai 1,5 %, peningkatan jumlah kendaraan menyebabkan Kabupaten Sidoarjo mengalami suatu masalah transportasi, yakni kemacetan lalu-lintas. Dari nilai pertumbuhan tersebut maka bisa diakumulasikan kedalam perhitungan kendaraan dalam smp/jam untuk kemudian dijadikan acuan perhitungan di MKJI, didapat dari hasil perhitungan sebagai berikut ;

### Derajat Kejenuhan

Hasil Perhitungan Derajat kejenuhan untuk masing-masing didapat dari arah timur adalah  $1718 / 2044 = 0,84$  smp/jam, arah barat adalah 1563

$1/2276 = 0,69$  smp/jam, nilai dari arah selatan adalah  $772/1586 = 0,49$  smp/jam.

kurangnya fasilitas pada simpang kletek sawunggaling tersebut meliputi tidak adanya fasilitas seperti berikut ;

### Tundaan total

Hasil tundaan total untuk masing-masing simpang (D) dengan mengalikan dengan arus lalu lintas tiap pendekatan, maka didapat nilai pendekatan timur  $1718 \times 72,8 = 124997$  smp.det, pendekatan barat  $1563 \times 76,5 = 119621$  smp.det dan pendekatan selatan  $772 \times 84,6 = 65284$  smp.det. Tundaan total dengan menjumlah seluruh pendekatan didapat nilai 309902 smp.det. membagi jumlah nilai tundaan pada Kolom 16 dengan arus total (QTOT1) dalam smp/jam, maka didapat nilai perhitungan sebagai berikut ;  $309902/4053 = 76$  detik/smp

### Tundaan rata-rata

Tundaan rata-rata dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan dari masing-masing pendekatan demikian juga dari suatu simpang secara keseluruhan. Untuk simpang LOS ditentukan oleh nilai tundaan kendaraan per detik. Tingkat Pelayanan/Level of service simpang menurut HCM (Highway Capacity Manual) pada Tahun 2026 dapat dilihat menunjukkan tingkat pelayanan simpang masuk zona E karena nilai 76 lebih dari  $> 55$  dan  $< 80$  det/kendaraan.

### KESIMPULAN

Berdasarkan data survey dilapangan persimpangan kletek - sawunggaling yang di lihat dari kajian simpang dengan dua fase kondisi eksisting menunjukkan tingkat pelayanan simpang masuk zona F, dengan data dari kajian menunjukkan untuk jalan sawunggaling Derajat kejenuhan 1,19, Panjang antrian adalah 598.5 m, Rasio kendaraan stop adalah 2,392 stop/smp, tundaan simpang rata-rata 93 det/smp.

Berdasarkan data kajian persimpangan Kletek - Sawunggaling pada tahun 2026 akan mengalami perubahan yang besar karena faktor pertumbuhan kendaraan yang tiap tahun bertambah, melihat dari kajian simpang dengan tiga fase kondisi tahun 2026 menunjukkan tingkat pelayanan simpang masuk zona F, dengan data dari kajian menunjukkan jalan Sawunggaling Derajat kejenuhan 0,65, Panjang antrian adalah 178,7 m, Rasio kendaraan stop adalah 0,824 stop/smp, tundaan simpang rata-rata 259 det/smp.

Berdasarkan survai fasilitas keselamatan jalan kondisi sekarang menunjukkan bahwa masih

1. Alat pembatas kecepatan
2. Alat pembatas tinggi dan lebar kendaraan
3. Cermin tikungan
4. Pulau lalu lintas
5. Pita penggaduh
6. Jalur khusus angkutan umum
7. Jalur/lajur sepeda motor
8. Jalur/lajur kendaraan tidak bermotor
9. Parkir pada badan jalan
10. Fasilitas perpindahan moda dalam rangka integrasi pelayanan intra dan antar moda
11. Lajur sepeda
12. Tempat penyeberangan pejalan kaki
13. Halte Fasilitas bagi penyandang disabilitas dan lanjut usia

### Saran

Setelah penelitian ini dilakukan ada beberapa saran untuk kemudian menjadi saran untuk penelitian saran tersebut adalah

1. Persimpangan tersebut harusnya menggunakan 3 fase karena derajat kejenuhan simpang saat ini tidak mencukupi kapasitas.
2. Penataan ulang geometri simpang (pelebaran jalan), pengaturan sinyal, dan kelengkapan fasilitas jalan perlu dilengkapi.
3. Masyarakat dapat memilih angkutan umum agar mengurangi volume kendaraan, kepadatan atau kemacetan lalu lintas pada jam sibuk.

### REFERENSI

- Direktorat Bina Jalan Kota. 1997. "Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Direktorat Bina Jalan Marga Direktorat Bina Jalan Kota", Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Instruksi Direktur Jenderal Bina Marga No. 02/INDB/2012.
- Kementerian Perhubungan Direktorat Jendral Perhubungan Darat. "Tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan Perlengkapan Jalan".
- Keputusan Menteri Perhubungan No KM 17. 1991. "Rambu Lalu Lintas di Jalan", Menteri Perhubungan, Jakarta.
- Kemenpera. 2017. "Modul 6 Perencanaan Perlengkapan Jalan".
- Oglesby, Clarkson. H. 1999. "Teknik Jalan Raya", Erlangga, Jakarta.
- Peraturan Menteri Perhubungan No. 96. 2015.

Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14.  
2006. "*Tentang Manajemen dan Rekayasa  
Lalu Lintas Di Jalan*".

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor  
34. 2006. "*Tentang Jalan Undang-Undang  
Republik Indonesia Nomor 38. 2004. Tentang  
Jalan*".

Susanti, A., Wibisono, R. E., & Kusuma, E. A.  
2020. Model Bangkitan Perjalanan Penduduk

Perumahan Pinggiran Kota (Studi Kasus  
Perumahan Bukit Bambe Driyorejo  
Gresik). *Publikasi Riset Orientasi Teknik  
Sipil (Proteksi)*, 2(2), 55-66.

Wibisono, E. 2021. Penentuan Tingkat Pelayanan  
Simpang Tak Bersinyal Jalan Ngembul-  
Mastrip Blitar Berdasarkan Perhitungan  
Manual Kapasitas Jalan Indonesia dan  
Software KAJI. *AGREGAT*, 6(2).

# Identifikasi Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya *Cost Overrun* pada Proyek Konstruksi Gedung di Surabaya

## *Identifying Factors Causing Cost Overrun Of The Building Construction Projects In Surabaya*

**Bagus Dwipurwanto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya, Email :  
[bagus\\_civil49@ubhara.ac.id](mailto:bagus_civil49@ubhara.ac.id)

### **Abstrak**

Proyek konstruksi merupakan rangkaian kegiatan dengan titik awal dan titik akhir yang menghasilkan hasil tertentu seperti konstruksi bangunan gedung. Perkembangan industri konstruksi berhubungan erat dengan pelaksanaan pembangunan di segala bidang yang saat ini masih terus giat dilaksanakan. Faktor biaya merupakan bahan pertimbangan utama dalam penyelenggaraan konstruksi, sehingga biaya proyek harus dikelola dengan baik untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya *cost overrun*. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan *cost overrun* pada proyek konstruksi gedung di Surabaya. Selain itu, uji korelasi juga dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antar faktor penyebab *cost overrun*. Hasil dari penelitian ini adalah diketahui bahwa 5 sub faktor penyebab terjadinya *cost overrun* pada proyek konstruksi gedung di Surabaya adalah penjadwalan yang kurang baik, kurangnya koordinasi antara kontraktor utama dan sub kontraktor, adanya masalah pendanaan dari *owner*, terlalu banyak pengulangan pekerjaan karena mutu yang kurang baik dan keterlambatan jadwal. 5 sub faktor tersebut merupakan bagian dari faktor Pelaksanaan dan Hubungan Kerja (X2), Keuangan Proyek (X7) dan Waktu Pelaksanaan (X8) yang mana ketiga faktor tersebut terbukti saling berkorelasi signifikan.

**Kata Kunci:** *Cost overrun*; proyek konstruksi gedung; uji korelasi

### **Abstract**

*A construction project is a series of activities with a starting point and an end point that produces certain results, such as the construction of a building. The development of the construction industry is closely related to the implementation of development in all fields which are currently being actively implemented. The cost factor is the main consideration in the implementation of construction, so that project costs must be managed properly to minimize the possibility of cost overruns. This study was conducted to identify the factors that cause cost overrun in building construction projects in Surabaya. In addition, a correlation test was also carried out in this study to determine whether or not there is a relationship between the factors causing cost overrun. The results of this study are known that the 5 sub-factors that cause cost overrun in building construction projects in Surabaya are poor scheduling, lack of coordination between the main contractor and sub contractors, funding problems from the owner, too many repetitions of work due to poor quality. and schedule delays. The 5 sub-factors are part of the Implementation and Employment Relationship (X2), Project Finance (X7) and Implementation Time (X8) factors, where the three factors are proven to be significantly correlated.*

**Keywords:** *Building construction projects; correlation test; cost overrun*

## **PENDAHULUAN**

Proyek merupakan kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan bertujuan untuk

melaksanakan tugas yang sarasannya telah digariskan dengan jelas (Agustin & Firmanto, 2017). Sedangkan proyek konstruksi dapat dikatakan sebagai rangkaian kegiatan dengan titik awal dan titik akhir yang menghasilkan hasil



tertentu seperti konstruksi bangunan gedung. Perkembangan industri konstruksi berhubungan erat dengan pelaksanaan pembangunan di segala bidang yang saat ini masih terus giat dilaksanakan (Darmanto *et al.*, 2020). Pembangunan infrastruktur saat ini sangat pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan ketersediaan ruang hunian, bisnis, keagamaan jalan, maupun gedung pemerintahan (Sari *et al.*, 2020).

Permasalahan yang sering dijumpai pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi gedung adalah permasalahan terkait pembengkakan biaya maupun keterlambatan waktu. Pelaksanaan pekerjaan konstruksi yang mengalami pembengkakan biaya memiliki ketergantungan pada kegiatan perencanaan, koordinasi, dan pengendalian dari kontraktor, agar pekerjaan konstruksi berjalan dengan lancar dan sesuai dengan perencanaan (Bukhori, 2018). Faktor biaya merupakan bahan pertimbangan utama Dalam penyelenggaraan konstruksi, karena biasanya menyangkut jumlah investasi yang besar bagi pemberi tugas. Oleh karena itu, biaya proyek harus dikelola dengan baik sehingga kemungkinan terjadinya *cost overrun* bisa diminimumkan (Saputra *et al.*, 2018)

Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan *cost overrun*. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antar faktor penyebab *cost overrun*. Identifikasi terhadap faktor-faktor penyebab *cost overrun* ini perlu dilakukan karena dengan mengetahui faktor penyebab utama dan hubungan antar faktor, pihak dalam jasa konstruksi akan dapat mengambil langkah dan solusi yang tepat untuk dapat meminimalisir terjadinya *cost overrun*.

### Cost Overrun

Pembengkakan biaya (*cost overrun*) adalah biaya konstruksi suatu proyek yang pada saat tahap pelaksanaan dimana biaya tersebut melebihi anggaran proyek yang ditetapkan di tahap awal, sehingga menimbulkan kerugian yang signifikan bagi pihak kontraktor (Sari *et al.*, 2020). Dalam proyek konstruksi *cost overrun* digolongkan dalam 2 komponen biaya (Walangitan & Pratisis, 2018), yaitu :

1. Biaya Langsung (*Direct Cost*) dalam biaya proyek adalah seluruh biaya yang berkaitan langsung dengan fisik proyek. Biaya ini meliputi seluruh biaya dari kegiatan yang dilakukan proyek mulai dari persiapan hingga penyelesaian termasuk dengan biaya

mendatangkan seluruh sumber daya yang diperlukan dalam proyek. Komponen utama dari biaya langsung ini adalah material, tenaga kerja, sub kontraktor dan peralatan. Biaya langsung ini juga biasa disebut dengan biaya tidak tetap (*Variable Cost*), karena jumlah biaya yang dibutuhkan untuk setiap satuan waktu tidak tetap karena sangat bergantung pada kegiatan proyek yang bersangkutan.

2. Biaya tidak langsung (*Indirect Cost*) dalam proyek adalah biaya yang harus dikeluarkan untuk kegiatan yang tidak berkaitan secara langsung dengan proyek yang bersangkutan, yang hasilnya tidak berbentuk fisik, melainkan bersifat mendukung pekerjaan konstruksi. Jumlah biaya ini tidak dipengaruhi oleh kegiatan proyek.

### Rata-rata (Mean)

Rata-rata (*mean*) merupakan suatu bilangan tunggal yang dipergunakan untuk mewakili nilai sentral dari sebuah distribusi. Rata-rata dapat diperoleh dari menjumlahkan seluruh angka data yang selanjutnya dibagi dengan jumlah data. rata-rata dihitung dengan menggunakan rumus [1].

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots \dots \dots [1]$$

Keterangan :

$X_i$  = Data sampel ke-i

n = Jumlah sampel

### Uji Normalitas

Uji normalitas merupakan sebuah pengujian untuk melihat sebaran atau distribusi suatu data. Salah satu metode pengujian normalitas adalah metode uji Saphiro-Wilk dengan persamaan [2] (Hanusz *et al.*, 2016).

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n a_i X_i}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \dots \dots \dots [2]$$

Keterangan :

$X_i$  = Data sampel ke-i

n = Jumlah sampel

$\bar{X}$  = Rata-rata sampel

a = Koefisien yang ditabulasi

### Uji Korelasi Rank Spearman

Uji Rank Spearman digunakan untuk menguji hipotesis korelasi dengan skala pengukuran variabel adalah minimal ordinal. Uji Rank Spearman

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p7-13>

diperkenalkan oleh Spearman pada tahun 1904. Dalam Uji Rank Spearman, data yang akan dikorelasikan tidak harus membentuk distribusi normal. Jadi Uji korelasi Rank Spearman adalah uji bebas distribusi. Uji Rank Spearman dapat dilakukan dengan menghitung persamaan [3] (Yudihartanti, 2017).

$$\rho = 1 - \frac{6 \times \sum d_i^2}{n(n^2-1)} \dots \dots \dots [3]$$

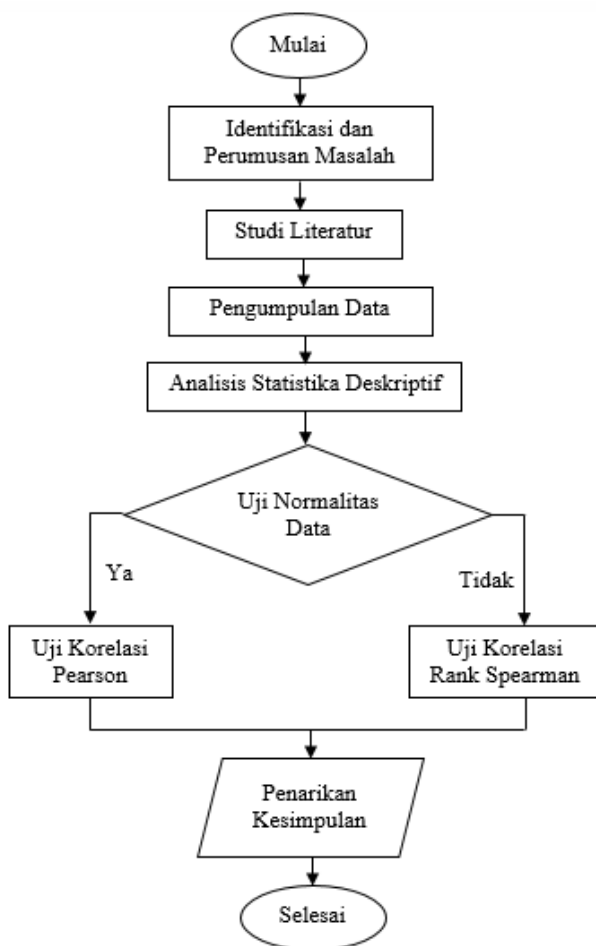
Keterangan :

$d_i$  = Selisih rank variabel X dan Y

n = Jumlah sampel

## METODE

Berikut ini pada Gambar 1 merupakan gambaran singkat mengenai metodologi penelitian yang dilakukan yang digambarkan dalam diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penjelasan dari diagram alir pada Gambar 1 adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi dan Perumusan Masalah  
Mengidentifikasi dan merumuskan permasalahan terkait *cost overrun* untuk mencapai tujuan dari permasalahan yang ada.
2. Studi Literatur  
Setelah mendiskusikan permasalahan dan tujuan yang ingin dicapai maka dilakukan studi literatur terkait penanganan permasalahan yang serupa dan mencari berbagai landasan teori terkait faktor penyebab *cost overrun*.
3. Pengumpulan Data  
Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan survey melakukan pengukuran terhadap faktor-faktor penyebab *cost overrun* berdasarkan pengalaman para responden. Kuisisioner digunakan sebagai alat ukur pada penelitian ini dimana kuisisioner atau angket bersifat tertutup yaitu pertanyaan yang disediakan oleh peneliti menggunakan jawaban yang sudah ditentukan sebelumnya. Adapun alternatif pilihan jawaban yang disediakan masing-masing mempunyai kriteria sebagai berikut.

Tabel 1. Alternatif Pilihan Jawaban pada Kuisisioner.

Pilihan Jawaban	Skor
Sangat Tidak Setuju	1
Tidak Setuju	2
Cukup Setuju	3
Setuju	4
Sangat Setuju	5

4. Analisis Statistik Deskriptif  
Pada tahap ini dilakukan perhitungan frekuensi jawaban responden dan menghitung rata-rata (*mean*) untuk mengetahui urutan atau peringkat dari faktor penyebab *cost overrun*.
5. Uji Normalitas Data  
Uji normalitas data dilakukan untuk mengetahui distribusi data yang diperoleh dan menentukan metode analisis yang digunakan pada tahap selanjutnya.
6. Uji Korelasi  
Uji korelasi dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antar faktor penyebab *cost overrun*. Apabila data berdistribusi normal, maka metode yang digunakan adalah uji korelasi pearson, namun apabila data tidak berdistribusi normal maka metode yang digunakan adalah uji korelasi rank spearman.
7. Kesimpulan  
Pada tahap ini akan ditarik kesimpulan dari hasil analisis dan

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Analisis yang pertama dilakukan adalah menghitung statistik deskriptif dari data yang diperoleh. Statistik deskriptif dari data ditampilkan dalam bentuk tabel distribusi frekuensi untuk melihat sebaran dari jawaban yang diberikan oleh responden mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi *cost overrun*. Setelah itu, dihitung rata-rata dari jawaban pada setiap pertanyaan untuk mengetahui peringkat dari faktor-faktor penyebab *cost overrun*. Analisis dilakukan dengan bantuan *software* SPSS 23. Distribusi frekuensi dari jawaban responden dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Jawaban Responden

Faktor	Sub Faktor	Jawaban				
		1	2	3	4	5
Estimasi Biaya (X1)	Menggunakan teknik estimasi yang salah	0	0	26	13	0
	Tidak memperhitungkan biaya tidak terduga	0	0	26	13	0
	Ketidaktepatan dalam mengestimasi biaya	0	0	25	14	0
Pelaksanaan dan Hubungan Kerja (X2)	Manajer proyek kurang kompeten/cakap	0	0	27	11	1
	Hubungan antara owner-perencana-kontraktor kurang baik	0	0	25	14	0
	Konsultan kurang mampu dalam pengawasan proyek	0	0	28	7	4
Aspek Keuangan Proyek (X7)	Kurangnya koordinasi antara manajer konstruksi dengan kontraktor perencanaan	0	0	27	8	4
	Terlalu banyak pengulangan pekerjaan karena mutu yang kurang baik	0	0	22	15	2
	Tingginya frekuensi perubahan pelaksanaan	0	0	27	8	4
Aspek Pelaksanaan (X8)	Kurangnya koordinasi antara kontraktor utama dan sub kontraktor	0	0	23	11	5
	Sub kontraktor yang kurang kompeten	0	0	30	7	2
	Adanya persaingan yang tidak sehat	0	0	26	13	0
Aspek Dokumen (X3)	Dokumen kontrak tidak lengkap	0	0	29	9	1
	Penunjukkan sub kontraktor dan	0	0	27	9	3

Faktor	Sub Faktor	Jawaban				
		1	2	3	4	5
Material (X4)	suplier yang kurang tepat					
	Keterlambatan pembuatan dan persetujuan gambar	0	0	25	13	1
	Perubahan lingkup proyek	0	0	31	7	1
	Adanya pencurian bahan/material	0	0	28	10	1
	Adanya kenaikan harga material	0	0	27	9	3
Tenaga Kerja (X5)	Pemilihan jenis material	0	0	31	7	1
	Kesalahan dalam mengatur penyimpanan material	0	0	26	13	0
	Terjadi fluktuasi upah tenaga kerja	0	0	23	16	0
	Kekurangan tenaga kerja	0	0	27	11	1
	Kualitas tenaga kerja yang buruk	0	0	24	15	0
Peralatan (X6)	Produktifitas tenaga kerja kurang maksimal	0	0	28	9	2
	Penempatan personil pada struktur organisasi kurang tepat	0	0	26	12	1
	Harga sewa peralatan yang tinggi	0	0	27	9	3
	Biaya mobilisasi/demobilisasi yang tinggi	0	0	28	9	2
	Keterlambatan pengiriman peralatan	0	0	26	11	2
Aspek Pelaksanaan (X8)	Pemilihan jenis alat berat	0	0	26	10	3
	Kesalahan dalam mengatur penyimpanan peralatan	0	0	33	4	2
	Pengendalian biaya yang kurang baik dilapangan	0	0	26	13	0
	Cara pembayaran yang tidak tepat waktu	0	0	26	13	0
	Tingginya suku bunga pinjaman	0	0	28	11	0
Waktu Pelaksanaan (X8)	Kurangnya kemampuan sub kontraktor dalam hal pendanaan	0	0	25	12	2
	Adanya masalah pendanaan dari owner	0	0	24	10	5
	Keterlambatan jadwal	0	0	22	17	0
Waktu Pelaksanaan (X8)	Sering terjadi penundaan pekerjaan	0	0	28	11	0

Faktor	Sub Faktor	Jawaban				
		1	2	3	4	5
Kebijakan Politik (X9)	Adanya persyaratan jadwal lembur	0	0	27	12	0
	Adanya percepatan jadwal	0	0	30	9	0
	Penjadwalan yang kurang baik	0	0	15	23	1
	Terjadi huru-hara/kerusakan disekitar proyek	0	0	23	15	1
	Adanya kebijakan baru dari pemerintah	0	0	24	15	0
Lingkungan (X10)	Adanya perubahan hukum dan peraturan	0	0	23	16	0
	Terjadi bencana alam	0	0	29	10	0
	Cuaca buruk diluar perkiraan	0	0	28	9	2
	Terjadi pencemaran akibat proyek	0	0	29	6	4

Pada Tabel 4.1 terlihat bahwa responden cenderung menyetujui bahwa faktor-faktor tersebut merupakan faktor yang menyebabkan *cost overrun*. Dapat bahwa tidak ada responden yang memilih jawaban 1 (sangat tidak setuju) dan 2 (tidak setuju). Analisis selanjutnya yaitu menghitung rata-rata (*mean*) jawaban pada setiap sub faktor untuk mengetahui urutan atau peringkat dari faktor yang penyebab *cost overrun*. Hasil dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Urutan faktor Penyebab *Cost Overrun* berdasarkan Rata-rata (*Mean*) Jawaban Responden

Peringkat	Sub Faktor	Mean
1	X8.5 Penjadwalan yang kurang baik	3.64
2	X2.7 Kurangnya koordinasi antara kontraktor utama dan sub kontraktor	3.54
3	X7.5 Adanya masalah pendanaan dari owner	3.51
4	X2.5 Terlalu banyak pengulangan pekerjaan karena mutu yang kurang baik	3.49
5	X8.1 Keterlambatan jadwal	3.44
6	X9.1 Terjadi huru-hara/kerusakan disekitar proyek	3.44
7	X2.4 Kurangnya koordinasi antara manajer konstruksi dengan kontraktor perencanaan	3.41
8	X2.6 Tingginya frekuensi perubahan pelaksanaan	3.41
9	X5.1 Terjadi fluktuasi upah tenaga kerja	3.41
10	X6.4 Pemilihan jenis alat berat	3.41
11	X7.4 Kurang mampunya sub kontraktor dalam hal pendanaan	3.41

Peringkat	Sub Faktor	Mean
12	X9.3 Adanya perubahan hukum dan peraturan	3.41
13	X2.3 Konsultan kurang mampu dalam pengawasan proyek	3.38
14	X3.2 Penunjukkan sub kontraktor dan suplier yang kurang tepat	3.38
15	X3.3 Keterlambatan pembuatan dan persetujuan gambar	3.38
16	X4.2 Adanya kenaikan harga material	3.38
17	X5.3 Kualitas tenaga kerja yang buruk	3.38
18	X6.1 Harga sewa peralatan yang tinggi	3.38
19	X6.3 Keterlambatan pengiriman peralatan	3.38
20	X9.2 Adanya kebijakan baru dari pemerintah	3.38
21	X1.3 Ketidaktepatan dalam mengestimasi biaya	3.36
22	X2.2 Hubungan antara owner-perencana-kontraktor kurang baik	3.36
23	X5.5 Penempatan personil pada struktur organisasi kurang tepat	3.36
24	X10.3 Terjadi pencemaran akibat proyek	3.36
25	X1.1 Menggunakan teknik estimasi yang salah	3.33
26	X1.2 Tidak memperhitungkan biaya tidak terduga	3.33
27	X2.1 Manajer proyek kurang kompeten/cakap	3.33
28	X2.9 Adanya persaingan yang tidak sehat	3.33
29	X4.4 Kesalahan dalam mengatur penyimpanan material	3.33
30	X5.2 Kekurangan tenaga kerja	3.33
31	X5.4 Produktifitas tenaga kerja kurang maksimal	3.33
32	X6.2 Biaya mobilisasi/demobilisasi yang tinggi	3.33
33	X7.1 Pengendalian biaya yang kurang baik dilapangan	3.33
34	X7.2 Cara pembayaran yang tidak tepat waktu	3.33
35	X10.2 Cuaca buruk diluar perkiraan	3.33
36	X4.1 Adanya pencurian bahan/material	3.31
37	X8.3 Adanya persyaratan jadwal lembur	3.31
38	X2.8 Sub kontraktor yang kurang kompeten	3.28
39	X3.1 Dokumen kontrak tidak lengkap	3.28
40	X7.3 Tingginya suku bunga pinjaman	3.28
41	X8.2 Sering terjadi penundaan pekerjaan	3.28
42	X10.1 Terjadi bencana alam	3.26
43	X3.4 Perubahan lingkup proyek	3.23
44	X4.3 Pemilihan jenis material	3.23
45	X8.4 Adanya percepatan jadwal	3.23

Peringkat	Sub Faktor	Mean
46	X6.5 Kesalahan dalam mengatur penyimpanan peralatan	3.21

Analisis selanjutnya adalah analisis korelasi untuk melihat apakah faktor penyebab *cost overrun* saling berhubungan satu sama lain. Sebelum melakukan analisis korelasi, dilakukan uji normalitas terlebih dahulu. Uji normalitas data merupakan pengujian hipotesis untuk mengetahui apakah data yang diperoleh berdistribusi normal atau tidak. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan apakah metode statistika parametrik atau statistika non parametrik yang lebih cocok digunakan.

Uji normalitas dilakukan menggunakan metode uji Saphiro-Wilk karena sampel data berjumlah kurang dari 50 data. Pengambilan keputusan dilihat berdasarkan nilai *p-value* pada output SPSS, apabila nilai *p-value* < taraf kesalahan ( $\alpha$ ) yaitu 5% maka data tidak berdistribusi normal dan sebaliknya apabila nilai *p-value* > taraf kesalahan ( $\alpha$ ) yaitu 5% maka data berdistribusi normal. Hasil dari uji normalitas data dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Normalitas Saphiro-Wilk

	<i>P-value</i>	Keterangan
Estimasi Biaya (X1)	0.000	Tidak berdistribusi normal
Pelaksanaan dan Hubungan Kerja (X2)	0.082	Berdistribusi normal
Aspek Dokumen (X3)	0.000	Tidak berdistribusi normal
Material (X4)	0.000	Tidak berdistribusi normal
Tenaga Kerja (X5)	0.001	Tidak berdistribusi normal
Peralatan (X6)	0.004	Tidak berdistribusi normal
Aspek Keuangan Proyek (X7)	0.002	Tidak berdistribusi normal
Waktu Pelaksanaan (X8)	0.002	Tidak berdistribusi normal
Kebijaksanaan Politik (X9)	0.000	Tidak berdistribusi normal
Lingkungan (X10)	0.000	Tidak berdistribusi normal

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa hampir seluruh faktor tidak berdistribusi normal, sehingga uji korelasi dilakukan dengan metode statistika non parametrik yaitu uji rank-spearman. Pengambilan keputusan dilihat berdasarkan nilai *p-value* pada output SPSS, apabila nilai *p-value* < taraf kesalahan ( $\alpha$ ) yaitu 5% maka terdapat korelasi yang signifikan dan sebaliknya apabila nilai *p-value* > taraf kesalahan ( $\alpha$ ) yaitu 5% maka tidak terdapat

korelasi yang signifikan. Hasil dari uji korelasi atau korelasi data dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Uji Korelasi Rank Spearman

	<i>P-value</i>		
Estimasi Biaya (X1)	Pelaksanaan dan Hubungan Kerja (X2)	0.010*	
	Aspek Dokumen (X3)	0.410	
	Material (X4)	0.004*	
	Tenaga Kerja (X5)	0.250	
	Peralatan (X6)	0.587	
	Aspek Keuangan Proyek (X7)	0.252	
	Waktu Pelaksanaan (X8)	0.008*	
	Kebijaksanaan Politik (X9)	0.256	
	Lingkungan (X10)	0.553	
	Pelaksanaan dan Hubungan Kerja (X2)	Aspek Dokumen (X3)	0.695
Material (X4)		0.005*	
Tenaga Kerja (X5)		0.667	
Peralatan (X6)		0.098	
Aspek Keuangan Proyek (X7)		0.000*	
Waktu Pelaksanaan (X8)		0.000*	
Kebijaksanaan Politik (X9)		0.138	
Lingkungan (X10)		0.869	
Aspek Dokumen (X3)		Material (X4)	0.020*
		Tenaga Kerja (X5)	0.705
	Peralatan (X6)	0.512	
	Aspek Keuangan Proyek (X7)	0.206	
	Waktu Pelaksanaan (X8)	0.827	
	Kebijaksanaan Politik (X9)	0.412	
	Lingkungan (X10)	0.061	
	Material (X4)	Tenaga Kerja (X5)	0.187
		Peralatan (X6)	0.310
		Aspek Keuangan Proyek (X7)	0.008*
Waktu Pelaksanaan (X8)		0.000*	
Kebijaksanaan Politik (X9)		0.099	
Lingkungan (X10)		0.766	
Peralatan (X6)		0.656	
Tenaga Kerja (X5)		Aspek Keuangan Proyek (X7)	0.182
		Waktu Pelaksanaan (X8)	0.165
		Kebijaksanaan Politik (X9)	0.594
	Lingkungan (X10)	0.659	
	Peralatan (X6)	Aspek Keuangan Proyek (X7)	0.049*
		Waktu Pelaksanaan (X8)	0.368
		Kebijaksanaan Politik (X9)	0.648
	Lingkungan (X10)	0.510	
	Aspek Keuangan	Waktu Pelaksanaan	0.008*

		<i>P-value</i>
Proyek (X7)	(X8)	
	Kebijaksanaan Politik (X9)	0.055
	Lingkungan (X10)	0.996
Waktu Pelaksanaan (X8)	Kebijaksanaan Politik (X9)	0.227
	Lingkungan (X10)	0.266
Kebijaksanaan Politik (X9)	Lingkungan (X10)	0.139

**\*Memiliki korelasi yang signifikan**

Dapat dilihat pada Tabel 5 bahwa beberapa faktor penyebab *cost overrun* dapat saling berkorelasi, seperti estimasi biaya yang berkorelasi dengan material, waktu pelaksanaan dan juga pelaksanaan dan hubungan kerja. Lalu pelaksanaan dan hubungan kerja berkorelasi dengan material. Faktor material juga berkorelasi dengan aspek dokumen, keuangan proyek dan waktu pelaksanaan. Kemudian yang terakhir dapat dilihat bahwa keuangan proyek dan waktu pelaksanaan juga saling berkorelasi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa 5 sub faktor penyebab terjadinya *cost overrun* pada proyek konstruksi gedung di Surabaya adalah penjadwalan yang kurang baik, kurangnya koordinasi antara kontraktor utama dan sub kontraktor, adanya masalah pendanaan dari owner, terlalu banyak pengulangan pekerjaan karena mutu yang kurang baik dan keterlambatan jadwal. 5 sub faktor tersebut merupakan bagian dari faktor Pelaksanaan dan Hubungan Kerja (X2), Keuangan Proyek (X7) dan Waktu Pelaksanaan (X8) yang mana ketiga faktor tersebut terbukti saling berkorelasi signifikan.

## REFERENSI

Agustin, S., & Firmanto, A., 2020, "Analisis Manajemen Konstruksi Pembangunan Ruko dan Gudang Mitra 10 Lampung". *Jurnal Konstruksi*. Vol.6 No.6 Apr.

- Bukhori, B., 2018, "Faktor-faktor yang Menyebabkan Pembengkakan Biaya pada Konstruksi Gedung di Kota Cirebon", *LOGIKA Jurnal Ilmiah Lemlit Unswagati Cirebon*. Vol. 22 No.1 Apr.
- Darmanto, B., Widjayakusuma, J., & Simanjuntak, M., 2020, "Identifikasi Faktor-Faktor yang Menyebabkan *Cost Overrun* pada Konstruksi Gedung Bertingkat". *Seminar Nasional Teknik Sipil X*, Surakarta.
- Hanusz, Z., Tarasinska, J., & Zielinski, W., 2016, "Shapiro-Wilk test with known mean". *REVSTAT-Statistical Journal*. Vol.14 No.1 Feb.
- Paparang, T., Walangitan, D. R., & Pratasia, P. A., 2018, "Identifikasi Faktor Penyebab Cost Overrun Biaya Pada Proyek Terminal Antar-Kabupaten-Propinsi Tangkoko Bitung". *Jurnal Sipil Statik*. Vol.6 No.10 Okt.
- Saputra, D. A., Iriana, R. T. K., & Sebayang, M., 2018, "Analisis Faktor Dominan Penyebab Terjadinya Pembengkakan Biaya (*Cost Overrun*) pada Proyek Konstruksi Gedung Pemerintah di Kota Pekanbaru". (Doctoral dissertation, Riau University). *Jom FTEKNIK*. Vol. 5 No.1 Apr.
- Sari, M. M., Hadi, T. S. & Aldiansyah, 2020, "Faktor Penyebab Pembengkakan Biaya yang Berpengaruh terhadap Biaya Akhir pada Proyek Konstruksi Gedung". *Jurnal Infrastruktur*. Vol. 6 No.1 Apr.
- Sudarman, 2015, "Pengantar Statistik Pendidikan", Mulawarman University Press. Indonesia.
- Yudihartanti, Y., 2018, "Penentuan Hubungan Mata Kuliah Penelitian Dan Tugas Akhir Dengan Korelasi Rank Spearman". *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*. Vol.6 No.3 Des.
- Sa'adah, N. and Rijanto, T., 2021. Evaluasi Proyek Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan) Menggunakan Metode Critical Path Method (CPM) Dan Crashing. Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi), 3(2), pp.55-62.

## Abu Sekam Padi dan Carbon Nanotube sebagai Material Alternatif Penyusun Beton Ringan Seluler

### *Rice Husk Ash and Carbon Nanotube as Alternative Materials for Concrete Materials for Cellular Lightweight Concrete*

Yogie Risdianto<sup>1</sup>, Nur Andajani<sup>2</sup>, Andang Widjaya<sup>3</sup>, Krisna Dwi Handayani<sup>4</sup>, Meity  
Wulandari<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya. Telp: (031)  
8280009. Email : [yogierisdianto@unesa.ac.id](mailto:yogierisdianto@unesa.ac.id)

#### Abstrak

Dunia konstruksi membutuhkan inovasi dan alternatif untuk membuat material baru yang lebih baik. Khususnya pada beton ringan, dapat ditambahkan alternatif berupa bahan yang lebih rendah biaya dengan memanfaatkan limbah dan bahan lain yang kandungannya dapat menambah kekuatan pada beton ringan. Penelitian ini menggunakan abu sekam padi dan *Carbon Nanotube* sebagai bahan penyusun. Abu sekam padi merupakan limbah dari hasil pembakaran sekam padi yang memiliki kandungan silika yang cukup tinggi dan *Carbon Nanotube* (CNTs) adalah salah satu jenis dari karbon nano material. Penggunaan dua material selain semen dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pada kuat tekan, berat volume, dan penyerapan air. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dilaboratorium supaya dapat mengamati proses serta mengetahui cara-cara yang digunakan untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Penambahan abu sekam padi ini memiliki beberapa variasi penambahan sebesar 0%, 10%, 13%, 15% dari berat semen terhadap benda uji yang dibuat. Pengumpulan data diambil dengan cara membuat benda uji berbentuk kubus 5x5x5 cm pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Hasil penelitian ini dalam penambahan abu sekam padi dan CNTs tersebut dihasilkan kuat tekan beton ringan tertinggi pada variasi 15% sebesar 0.594 MPa dengan berat volume sebesar 0.99gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan pada variasi 0.0% sebagai kontrol diperoleh kuat tekan 0.66 MPa dengan berat volume sebesar 0.85gr/cm<sup>3</sup>, dengan pengujian umur 14 hari.

**Kata Kunci:** Beton ringan seluler; abu sekam padi; carbon nanotube

#### Abstract

*The world of construction requires innovation and alternatives to make innovative materials that are more advanced. In particular, lightweight concrete can add an alternative to lower-cost building materials by utilizing natural waste whose contents can add strength. This study uses rice husk ash and carbon nanotube. Rice husk ash is waste from combustion with relatively high silica content. Carbon Nanotubes (CNTs) are one type of carbon nanostructure. This research was conducted to determine lightweight concrete's compressive strength, water absorption, volume weight, and the optimal use of rice husk ash in lightweight cellular concrete. This research uses quantitative research methods using experimental methods in the laboratory. By observing the experimental process, one can determine the methods used to get maximum results. For example, in adding rice husk ash, there are several variations of additions of 0%, 10%, 13%, and 15% of the test objects made. Data collection was taken by making test objects in a 5x5x5 cm<sup>3</sup> cube with 3, 7, 14, 21, and 28 days. The results of this study in the addition of rice husk ash produced the highest compressive strength of lightweight concrete at a 15% variation of 0.594 MPa with a volume weight of 0.99gr/cm<sup>3</sup>. In comparison, in a 0.0% variation, compressive strength of 0.66 MPa was obtained with a volume weight of 0.85gr/cm<sup>3</sup>, the test object at 14 days.*

**Keywords:** Cellular lightweight concrete; rice husk ash; carbon nanotube

#### PENDAHULUAN

Perkembangan beton ringan untuk aplikasi elemen non-struktural khususnya terhadap dinding pengisi bangunan berupa panel dinding,

memberikan alternatif berupa bahan bangunan yang ringan dan memanfaatkan bahan yang terbuang (Hua Huang *et al.*, 2019). Inovasi ini diterapkan dengan harapan, bahwa beton ringan dapat

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p14-20>



memperbaiki kelemahan beton ringan non-struktural berupa biaya yang lebih rendah dikarenakan kecepatan pengerjaan lebih cepat, lebih tahan terhadap suhu, berat jenisnya lebih ringan, dan mudah dikerjakan (Strzałkowski *et al.*, 2021).

Penggunaan abu sekam padi sebagai material alternatif untuk mengurangi pemakaian semen terhadap sifat mekanik beton ringan seluler ini memberi pengaruh pada kadar abu sekam padi sebesar 20% dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan beton busa ringan yang dihasilkan dalam penelitian ini semuanya sesuai dengan mix design yaitu mempunyai kekuatan 1.4 MPa. Jenis yang diperoleh rata-rata sebesar 700 kg/m<sup>3</sup>, sehingga memenuhi persyaratan sebagai beton ringan (Triastuti dan Ananto Nugroho, 2017).

Komposisi beton ringan seluler berupa semen portland, silika semen, semen pozzolan, pozzolan-kapur atau kapur silika pasta atau campuran pasta yang berasal dari bahan-bahan tersebut dan juga memiliki rongga udara yang terperangkap menyerupai struktur sel yang berasal dari pembentuk gelembung udara atau foam agent (ASTM C796-97). Beton ringan seluler dapat diaplikasikan pada beton struktural, dinding partisi, insulation wall, dan filling hole (Jain *et al.*, 2019)

Beton ringan memiliki tujuan penggunaan untuk pengurang beban beton sendiri yang dikategorikan sebagai beban mati pada perhitungan struktur, yang selanjutnya akan mengurangi dimensi elemen kolom, elemen pemikul beban gravitasi dan pondasi, tetapi pada prinsipnya beton ringan digunakan untuk memenuhi kekuatan yang sama dengan beton normal (Bayuaji dan Biyanto, 2009). Kombinasi antara beton ringan dan beton normal digunakan dapat digunakan sebagai rekayasa teknologi beton (Tiong, *et al.*, 2020). Penggunaan dengan agregat ringan yang tepat dapat meningkatkan kinerja sifat mekanis dari beton (Chung S., *et al.*, 2019).

ASTM C869M menjelaskan ciri-ciri fisik beton ringan seluler :

1. Memiliki kuat tekan 1,4 MPa, beton ringan ini dibuat sesuai dengan tes metode ASTM C796.
2. Memiliki kuat tarik 0,17 MPa untuk membuat beton ringan sesuai dengan tes metode ASTM C796
3. Penyerapan air 25% volume maksimal

#### Abu Sekam padi

Sekam padi merupakan limbah dari hasil penggilingan padi yang belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Hasil pembakaran sekam padi mempunyai kandungan silika yang dominan

yaitu sebesar 93 % dan hampir sama kandungan silika yang terdapat pada microsilica buatan pabrik (Swamy, 1986).

Abu sekam padi telah digunakan sebagai bahan pozzolan reaktif yang sangat tinggi untuk meningkatkan mikrostruktur pada daerah transisi interfase antara pasta semen dan agregat beton yang memiliki kekuatan tinggi (Sung-Hoon Kang *et al.*, 2018). Penggunaan abu sekam padi pada komposit semen dapat memberikan beberapa keuntungan seperti meningkatkan kekuatan dan ketahanan, mengurangi biaya bahan, mengurangi dampak lingkungan limbah bahan, dan mengurangi emisi karbon dioksida (Bui *et al.*, 2005).

Abu sekam memiliki unsur yang bermanfaat untuk meningkatkan mutu beton, mengandung silika yang sangat menonjol, bila unsur ini dicampur dengan semen akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi (Ika Bali, Agus Prakoso. 2002 : hal 76).

Di sisi lain jumlah ketersediaan abu sekam lebih banyak dan mudah, karena mayoritas penduduk Indonesia menggunakan beras sebagai bahan makanan pokok. Dalam proses penggilingan padi akan menghasilkan sekam yang dapat diproses menjadi abu sekam. Berikut tabel 1 produksi dan produktifitas padi di jawa timur.

Tabel 2. Produksi dan produktifitas padi di jawa timur

Produksi dan Produktifitas Padi di Jawa Timur								
Luas Panen (ha)			Produktifitas (ku/ ha)			Produksi (ton)		
2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
1.702.421	1.754.381	1.745.813	56.28	56.68	56.47	958093399	44538990893	

Sumber : Badan Pusat Statistik

#### Carbon Nanotube

Carbon Nanotubes (CNTs) adalah salah satu jenis dari karbon nanostruktur. Karbon nanostruktur telah menarik perhatian dunia (Iijima, 1991; Kumar dkk., 2016). Bentuk strukturnya berukuran nano dan terdiri dari atom-atom karbon. Karbon mempunyai bentuk alotrop dari 0-D sampai 3-D, sehingga berdasarkan strukturnya karbon nanostruktur terdiri dari karbon nanostruktur 0-D yaitu fullerenes, karbon nanostruktur 1-D yaitu carbon nanotubes (CNTs), karbon nanostruktur 2-D yaitu graphenedan karbon nanostruktur 3-D yaitu grafit (Tarbozagh *et al.*, 2020).

#### Kuat Tekan Beton Mortar Berdasarkan ASTM C109 M-07

Standar untuk kuat tekan didapat menurut ASTM C109 M-07 untuk mengetes kuat tekan beton mortar dengan benda uji kubus 5x5x5 cm<sup>3</sup>. Pembuatan benda uji untuk kubus 5x5x5 cm<sup>3</sup> ini dilakukan dengan cara adonan yang dicampurkan ke

dalam *mixer* sesuai ASTM C305 dengan batas pengadukan rentang waktu 2 min 3 detik.

Perhitungan kuat tekan (ASTM C109 M-07, 2008) dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$f_m = \frac{P}{A} \dots\dots\dots [1]$$

keterangan:

$f_m$  = Kuat Tekan (*psi* atau MPa)

$P$  = Total Maksimum Beban (*lbf* atau  $N$ )

$A$  = Luas Bidang Tekan ( $in^2$  atau  $mm^2$ )

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif, dengan menggunakan metode eksperimen di laboratorium. Dengan mengamati dalam proses percobaan dapat mengetahui cara-cara yang digunakan untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Penelitian dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data melalui pengamatan pada setiap percobaan. Data penelitian berupa data kuantitatif yang selanjutnya diolah agar mendapatkan hasil. Penelitian eksperimental ini terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan. Tahapan-tahapan ini dilakukan untuk mencapai sasaran penelitian dan mendapatkan data yang benar-benar valid.

Rancangan penelitian ini akan dilakukan percobaan penambahan abu sekam padi dan carbon nanotube dalam campuran beton ringan seluler yang bertujuan untuk mengetahui bentuk dan kuat tekan beton ringan seluler. Persentase penambahan abu sekam padi dalam penelitian ini yaitu 0%, 10%, 13%, dan 15%. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan, sifat mekanik, sifat fisik dan persentase optimum penambahan abu sekam padi pada beton ringan seluler. Pengumpulan data diambil dengan cara membuat benda uji berbentuk kubus  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$  dengan umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari.

Sampel merupakan data primer yang digunakan untuk menganalisis data. *Mix desain* yang digunakan untuk benda uji kubus ukuran  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$  penjelasan secara detail pada tabel 2.

Tabel 2. Mix Desain Benda Uji

Kode	Semen	CNT	Abu Sekam Padi	Agregat Halus (Pasir)	Foam	Foam Agent Air
	g	g	g	g	g	
BR0%	234.38	0.00	26.04	520.83	781.25	1:30
BR 0.04%	234.38	1.04	26.04	520.83	781.25	1:30
BR 0.06%	234.38	1.56	26.04	520.83	781.25	1:30
BR 0,08%	234.38	2.08	26.04	520.83	781.25	1:30
BR 1%	234.38	2.60	26.04	520.83	781.25	1:30
BR 1.2%	234.38	3.13	26.04	520.83	781.25	1:30
BR 1.4%	234.38	3.65	26.04	520.83	781.25	1:30
BR 1.6%	234.38	4.17	26.04	520.83	781.25	1:30
Total	1875.0	18.23	208.33	4166.67	6250.0	

## Alat dan Bahan Yang Digunakan

### • Alat

Alat merupakan bagian penunjang pelaksanaan pembuatan benda uji. Peralatan yang lengkap dalam proses pembuatan benda uji akan menghasilkan benda uji yang baik dan mudah. Peralatan yang perlu dipersiapkan berupa Gelas ukur 2000 ml, neraca digital, ayakan pasir ukuran nomor 30, cetakan kubus  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ , ember plastik, *mixer*, kompresor, penggaris besi, alat perojok, *foam Generator* dan selang.

Alat merupakan bagian penunjang pelaksanaan pembuatan benda uji. Peralatan yang lengkap dalam proses pembuatan benda uji akan menghasilkan benda uji yang baik dan mudah. Peralatan yang perlu dipersiapkan berupa Gelas ukur 2000 ml, neraca digital, ayakan pasir ukuran nomor 30, cetakan kubus  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ , ember plastik, *mixer*, kompresor, penggaris besi, alat perojok, *foam Generator* dan selang.

### • Bahan

#### 1. Semen

Semen yang digunakan merupakan semen tipe PPC (*Pozzolan Portland Cement*) dengan berat jenis  $3.03 \text{ gr/cm}^3$ .

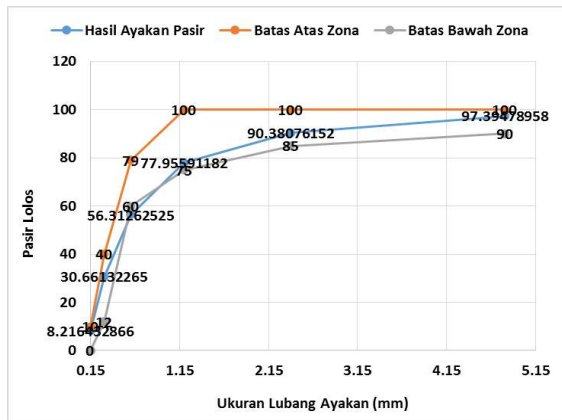
#### 2. Pasir

Pasir yang digunakan merupakan jenis pasir pasuruan dengan lolos ayakan no. 30. Hasil pengujian pasir dapat diketahui melalui tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian pasir

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis	$2.63 \text{ g/cm}^3$
2	Kadar Lumpur	3.85 %
3	Analisa Ayakan	Zona 3/agak halus

Pemilihan gradasi pasir ini termasuk dalam zona 3 dikarenakan memiliki gradasi butiran lebih halus dibandingkan zona 1 dan zona 2 sehingga berat jenis lebih ringan dibandingkan dengan zona 1 dan zona 2 maka ketika dilakukan pencampuran *foam* dengan pasir dapat menghasilkan adonan beton yang menyatu, dan pasir dapat melayang dan menempel pada *foam*.



Gambar 1. Gradasi pasir

### 3. Foam

*Foam* memiliki berat jenis  $0.04 \text{ g/cm}^3$  dengan pemakaian *foam* didalam air dengan menggunakan perbandingan 1:30 (1 liter *Foam Agent* : 40 liter Air).



Gambar 2. *Foam agent*



Gambar 3. Tabung *foam*



Gambar 4. *Foam Generator*



Gambar 5. Hasil *Foam*

### Pembuatan Benda Uji

Pembuatan foam dengan cara mencampurkan air dengan foam agent sesuai perbandingan. Setelah itu menggunakan alat yaitu foam generator untuk mendapatkan foam yang kadar airnya rendah, karena kadar air pada foam mempengaruhi hasil benda uji.

- Zat Aditif

Zat aditif adalah salah satu larutan yang digunakan untuk membantu mempercepat pengerasan beton. Zat aditif ini sengaja dicampurkan bertujuan untuk merubah sifat dan karakteristik beton ringan yang diinginkan.

- Abu Sekam Padi

Abu sekam memiliki unsur yang bermanfaat untuk meningkatkan mutu beton, mengandung silika yang sangat menonjol, bila unsur ini dicampur dengan semen akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi.

Di sisi lain jumlah ketersediaan abu sekam yang melimpah dan mudah untuk didapatkan, karena mayoritas penduduk Indonesia menggunakan beras sebagai bahan makanan pokok. Dalam proses penggilingan padi akan menghasilkan sekam yang dapat diproses menjadi abu sekam.

- Carbon Nanotubes

Material yang berasal dari susunan atom carbon yang berhibridisasi  $sp^2$  dan berikatan satu sama lain secara heksagonal membentuk struktur sarang madu (honeycomb). Diameter dari CNTs berkisar antara 0,4-2,5 nanometer dengan panjangnya dapat lebih dari 10 milimeter. Dengan dimensi yang kecil carbon nanotube sehingga sangat fleksibel, membuat carbon nanotube mempunyai banyak potensi untuk diaplikasikan di berbagai bidang.

Terdapat dua jenis CNTs jika dibedakan berdasarkan jumlah dindingnya, yaitu CNTs berdinding tunggal (single wall carbon nanotubes) dan CNTs berdinding banyak (multi wall carbon nanotubes).

### Pengujian yang dilakukan

- Pengujian Fisik

Pengujian kuat tekan berupa benda uji berbentuk kubus ukuran  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ , sesuai dengan ASTM C109. Umur pengujian digunakan 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari dengan masing-masing pengujian diperlukan 3 buah benda uji. Variasi yang dipakai 4 variasi dengan penambahan abu sekam padi yaitu 0.0%, 0.10%, 0.13%, dan 0.15%.

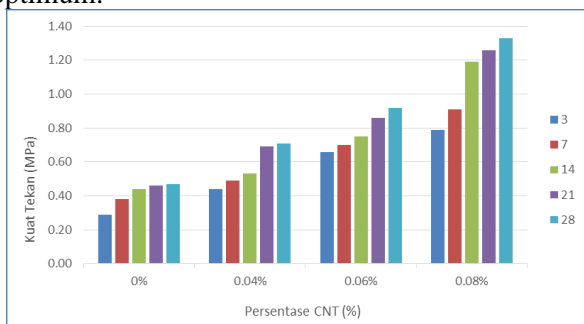
- Pengujian Mekanik

Hasil pengujian mekanik menghasilkan data pengujian kuat tekan dan resapan air. Untuk mencapai penggunaan penambahan abu sekam padi yang optimal dalam campuran beton ringan di dapatkan menaikkan kuat tekan dan penurunan resapan air.

#### 1. Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan ini dilakukan pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari dengan menggunakan alat *Hydraulic Jack*. Tabel 4 menyajikan data untuk kuat tekan variasi penambahan abu sekam padi 10%, dan carbon nanotube 0.0%, 0.10%, 0.13%, dan 0.15%.

Nilai kuat tekan tertinggi pada 1.33 MPa pada umur 28 hari untuk variasi abu sekam padi 0.10% dan CNT 0.08%, sedangkan tanpa CNT pada umur 28 hari dihasilkan 0.98 MPa. Hal ini memberikan kesimpulan bahwa penambahan variasi CNT sebesar 0.08%, merupakan variasi penambahan Carbon Nanotube (CNT) paling optimum.



Gambar 5. Kuat Tekan Rata-Rata

Menurut ASTM C869 beton ringan seluler harus memiliki nilai kuat tekan lebih besar dari 1.4 Mpa, sehingga dapat dinyatakan memenuhi syarat. Sesuai hasil perhitungan kuat tekan menunjukkan bahwa penambahan CNT sebesar 0.08% dapat memenuhi syarat kuat tekan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

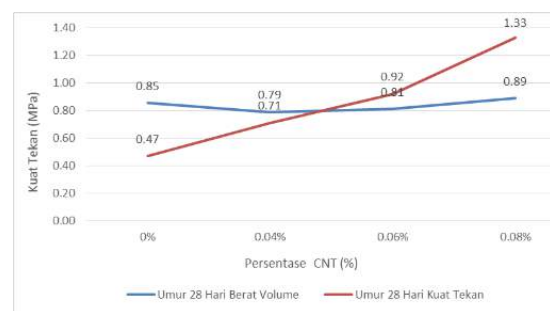
### Pengaruh Abu Sekam Padi dan Carbon Nanotube (CNT) Terhadap Sifat Fisik

Penggunaan bahan tambah abu sekam padi dan carbon nanotube menyebabkan bertambahnya keuletan panel dan permukaan menjadi lebih halus. Pada penambahan abu sekam padi terhadap beton ringan menyebabkan penurunan berat volume beton yang dikarenakan semen dikurangi dan diganti dengan adanya abu sekam padi. Penggunaan carbon nanotube sendiri menyebabkan lebih meningkatkan kuat tekan.

### Pengaruh Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanik

Pengaruh terhadap sifat mekanik mengenai pengaruh kuat tekan, dan resapan air terhadap penambahan variasi abu sekam padi.

- Pengaruh Terhadap Kuat Tekan

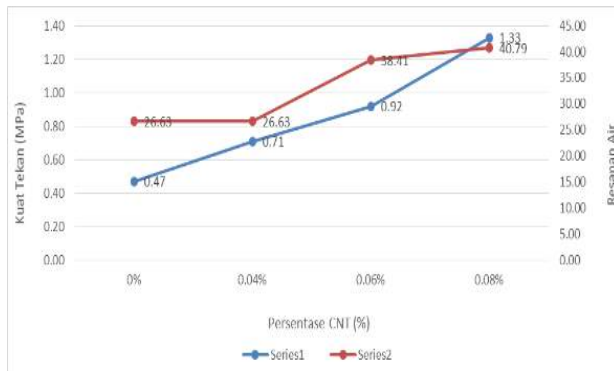


Gambar 6. Berat Volume vs Kuat Tekan

Dari grafik diatas menjelaskan hasil hubungan berat volume tertinggi pada penambahan variasi 0.08% yaitu 0.89  $\text{g/cm}^3$  dengan nilai kuat tekan 1.33 MPa, untuk kuat tekan tertinggi pada penambahan variasi 0.08% yaitu 0.89  $\text{g/cm}^3$  dengan berat volume 1.33 MPa, dapat dinyatakan bahwa sudah memenuhi ketentuan sasaran penelitian dan untuk kuat tekan juga memenuhi syarat yaitu dibawah 1.4 MPa sesuai dengan peraturan ASTM C869.

- Hubungan Kuat Tekan vs Resapan Air

Gambar 7 menunjukkan nilai kuat tekan tertinggi pada variasi 0.08% penambahan carbon nanotube yaitu 1.33 MPa pada umur 28 hari dengan resapan air tertinggi yaitu 40.79%. Hasil yang didapat melebihi ketentuan syarat yaitu 25% resapan air dari ASTM C869.



Gambar 7. Kuat Tekan vs Resapan Air

Kuat tekan pada variasi penambahan 0.08% CNT adalah persentase optimal penggunaan carbon nanotube untuk kuat tekan, ketika kuat tekan tersebut tinggi maka, resapan air akan tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa kuat tekan akan mempengaruhi nilai resapan air.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian mendapatkan simpulan yaitu penambahan abu sekam padi pada campuran pembuatan beton ringan menghasilkan sifat fisik berupa warna yaitu abu-abu yang berasal dari penggunaan semen dan abu sekam padi yang digunakan, dengan ditambahkan carbon nanotube warna menjadi lebih gelap karna berasal dari serbuk carbon nanotube, kemudian bentuk permukaan dari benda uji tersebut yang rata-rata memiliki pori-pori akibat dari penggunaan *foam*. Berat volume pada penambahan 0.08% carbon nanotube terjadi berat volume yang lebih besar, tetapi untuk penambahan diatas 0.08% carbon nanotube terjadi penurunan berat volume beton ringan dikarenakan berat volume yang dipakai benda uji kecil.

Pengaruh sifat mekaniknya berupa kuat tekan yang lebih besar untuk penambahan 0.08% carbon nanotube dibandingkan dengan tanpa carbon nanotube (0.0%). Dengan hasil yang 1.33 MPa untuk 0.08% carbon nanotube dan 0.47 MPa untuk 0.00% carbon nanotube pada umur 28 hari. Persentase optimal penggunaan carbon nanotube didapatkan pada 0.10% abu sekam padi dan 0.08% carbon nanotube terhadap berat total benda uji, ketika penambahan kurang dari 0.08% maka akan terjadi penurunan kuat tekan dan berat volume. Dikarenakan komposisi yang terdapat pada beton ringan tidak seimbang.

## REFERENSI

Akeke, Gedwin A, Akobo, Ephraim, Maurice E, I.Z.S and Ukpata, Joseph O. 2013. "Structural Properties Of Rice Hush Ash Concrete".

Cross River University of Technology, Calabar, Nigeria.

ASTM C109/C109M. 2008. *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement*

*Mortars (Using 50mm) Cube Specimens*, Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.02.2008. ASTM 2008: Philadelphia.

ASTM C796-97. 1998. *Standard Test Method for Foaming Agents for Use in Producing Cellular Concrete Using Preformed Foam*, Annual Book of ASTM Standard Vo04.02.1998. ASTM, 1998: Philadelphia.

ASTM C869/C869M-11, *Standard Specification for Foaming Agent Used in Making Preformed Foam for Cellular Concrete*, Annual Book of ASTM Standard. Pennsylvania: ASTM, 2011.

Chung, S., et al., 2019, "Comparison of lightweight aggregate and foamed concrete with the same density level using image-based characterizations", *Construction and Building Materials*, 211, pp. 988-999.

Huang H. et al., 2019, "Microstructure investigation of the interface between lightweight concrete and normal-weight concrete", *Material Today Communications*, 21, pp. 1-7.

Jain D., et al., 2019, "Evaluation of Properties of Cellular Light Weight Concrete", *AIP Conference Proceedings*, 020034.

Jonnalagadda, Jayaseela, Jonnalagadda, Jayavani dan Sarikonda, Venkata Sivaraju. 2020. "Triple Blending Of Concrete By Partial Replacement Of Cement With Perlite And Rice Hush Ash". *Narasaraopet Institute of Technology and P.N.C & Vijal Institute of Engineering and Technology*, Phirangipuram.

Rijal, Khaerul dan Sukandi. 2018. "Analisis Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan". *Universitas Tenggara Barat*.

Strzalkowski, J. et al., 2021, "Thermal performance of building envelopes with structural layers of the same density: Lightweight aggregate concrete versus foamed concrete", *Building and Environment*, 196, pp. 1-14.

Sung-Hoon Kang et al., 2019, "The use of rice husk ash as reactive filler in ultra-high performance concrete", *Cement and Concrete Research*, 115, pp. 389-400.

Tarbozagh et al., 2020, "Magnetic enhancement of carbon nanotube concrete compressive

- behavior”, *Construction and Building Materials*, 262, pp. 1-13.
- Tiong HY. *et al*, 2020, “Environmental impact and quality assessment of using eggshell powder incorporated in lightweight foamed concrete”, *Construction and Building Materials*, 244.
- Triastuti dan Nugroho, Ananto. 2017. “Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan”. *Jurnal Teknik Sipil ITB*.
- Triyatno, D., Cahyo, Y., Ridwan, A., & Karisma, D. A. (2021). Penelitian Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Ampas Tahu. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(1), 40-45.



# Penjadwalan Penyelesaian Proyek Revitalisasi Aula Muzdalifah Asrama Haji dengan Menggunakan Sumber Daya Terbatas

## *Scheduling of The Completion of The Musdalifah Hard Revitalization Project Using Limited Resources*

Maulidya Octaviani Bustamin<sup>1</sup>, Bambang Sujatmiko<sup>2</sup>, Nando Winnet Mazaya<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Jl. Semolowaru 84  
Surabaya, 60118Email: [lidyaocta@unitomo.ac.id](mailto:lidyaocta@unitomo.ac.id)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Jl. Semolowaru 84  
Surabaya, 60118Email: [bambang.sujatmiko@unitomo.ac.id](mailto:bambang.sujatmiko@unitomo.ac.id)

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Jl. Semolowaru 84  
Surabaya, 60118Email: [nandowinnetmaza@gmail.com](mailto:nandowinnetmaza@gmail.com)

### Abstrak

Pada setiap pelaksanaan proyek, sumberdaya dalam hal ini dimaksudkan tenaga kerja dimana tanpa sumberdaya tenaga kerja maka suatu proyek tidak mungkin dapat berjalan. Alokasi sumberdaya dikategorikan menjadi 2 kategori, yaitu alokasi sumberdaya terbatas dan alokasi sumberdaya tak terbatas, adanya keterbatasan dari sumberdaya inilah yang menyebabkan perencanaan sumberdaya yang langka seperti tenaga kerja harus dibuat sebaik mungkin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penjadwalan penyelesaian proyek dan untuk mendapatkan lamanya waktu pengerjaan dengan sumberdaya terbatas. Metode yang digunakan pada analisis ini yaitu menggunakan metode pengamatan langsung, adapun software bantuan yang digunakan yaitu *Microsoft project*. Berdasarkan dari hasil analisis perhitungan maka didapat durasi normal 28 hari sedangkan *Crash duration* 23 hari dengan selisih 5 hari.

**Kata Kunci :** Keterlambatan; sumberdaya terbatas; *microsoft project*

### Abstract

*In every project implementation, resources in this case are intended labor where without labor resources then a project can not run. Resource allocation is categorized into 2 categories, namely limited resource allocation and unlimited resource allocation, the limitations of these resources are what cause the planning of scarce resources such as labor must be made as best as possible. The purpose of this research is to find out the scheduling of project completion and to get the length of work time with limited resources. The method used in this analysis is using direct observation methods, while the assistance software used is Microsoft project. Based on the results of the calculation analysis, the normal duration of 28 days was obtained while the Crash duration was 23 days with a difference of 5 days.*

**Keywords:** Delay; limited resources; *microsoft project*



## PENDAHULUAN

Pada setiap pelaksanaan proyek, sumber daya dalam hal ini dimaksudkan tenaga kerja adalah hal yang penting dimana tanpa sumber daya tenaga kerja maka suatu proyek tidak mungkin dapat berjalan. Alokasi sumber daya dikategorikan menjadi 2 kategori, yaitu alokasi sumber daya terbatas dan alokasi sumber tak terbatas. Pada kenyataan pelaksanaan proyek, permasalahan alokasi sumber daya bukanlah alokasi tak terbatas, melainkan alokasi sumber daya terbatas (Paulus Nugraha et al, 1986). Oleh karena itu, adanya keterbatasan dari sumber daya inilah yang menyebabkan perencanaan sumber daya yang langka seperti tenaga kerja harus dibuat sebaik mungkin (Abrar Husein, 2009). Pelaksanaan dilapangan, efisiensi dan efektivitas dalam penggunaan sumber daya berperan penting dalam kesuksesan suatu proyek, terhambatnya tahapan-tahapan pelaksanaan proyek akan mempengaruhi pekerjaan proyek secara keseluruhan, terutama pada kegiatan yang berada pada jalur kritis.

Solusi untuk mengatasi penjadwalan dengan keterbatasan sumber daya ada bermacam – macam, yaitu salah satunya dengan pengurangan jumlah sumber daya dan overallocated sumber daya. Pada solusi pengurangan jumlah sumber daya hubungan antar aktifitas tetap atau dengan kata lain tidak mengalami perubahan urutan dari aktifitas, tetapi aktifitas yang sumber dayanya tidak terpenuhi akan terhambat/molor sehingga akan mempengaruhi keseluruhan jalannya proyek dengan kata lain proyek menjadi terlambat. Sedangkan pada overallocated sumber daya hubungan antar aktifitas mengalami perubahan, perubahan hubungan aktifitas ini bertujuan untuk memenuhi ketersediaan sumber daya pada suatu saat. Akibat dari berubahnya hubungan antar aktifitas, lintasan kritis juga akan mengalami perubahan sehingga jalannya proyek pun menjadi terlambat. Hal ini lah yang akhirnya akan menimbulkan permasalahan pada proyek.

## METODE

### Pengumpulan Data

Berdasarkan masalah yang dikemukakan, pengolahan waktu yang tidak efisien menyebabkan penyelesaian suatu kegiatan tidak berjalan sesuai dengan yang sudah direncanakan. Pemanfaatan waktu yang tidak efisien membuat pengerjaan proyek tidak berjalan dengan semestinya ada beberapa faktor yang mejadi kendala dalam masalah ini diantaranya adalah tenaga kerja, bahan material,

dan tidak menutup kemungkinan adalah cuaca. Dengan menggunakan metode Sumber Daya Terbatas diharapkan dapat memperbaiki waktu yang tidak efisien.

### 1. Data Primer

Data Primer yaitu data-data yang diperoleh dari hasil wawancara dan permohonan data yang akurat dengan para tim lapangan. Wawancara kepada tim lapangan (pelaksana) meliputi tentang keterlambatan proyek dengan sumber daya terbatas.

### 2. Data Sekunder

Data sekunder yaitu data-data yang diperoleh dari sumber yang telah ada yaitu instansi pelaksana proyek antara lain data-data yang meliputi:

- a. *Time Schedule* Proyek
- b. Gambar denah

### Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan cara yang digunakan untuk memperoleh data. Dalam penelitian ini adalah *time schedule*, rekapitulasi biaya anggaran proyek dan laporan mingguan harian. Data tersebut diperoleh dari konsultan pengawas yang melakukan pengawasan pembangunan proyek tersebut.

### Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi sudah dikenal dan dikerjakan berabad-abad yang lalu karena itu proyek konstruksi bukanlah sesuatu yang baru bagi masyarakat. Seiring berjalannya waktu ada yang berubah dan merupakan hal baru dalam proyek konstruksi yaitu dimensi, baik dai segi kualitas maupun kuantitas. Sejalan dengan perubahan tersebut timbul persaingan yang ketat didunia kuantitas. Hal itu mendorong para pengusaha/praktisi untuk mencari dan menggunakan cara-cara pengelolaan, metode serta Teknik yang paling baik, sehingga penggunaan sumber daya benar-benar efektif dan efisien.

### Manajemen Proyek

Manajemen proyek merupakan metode pegelolaan yang bertujuan agar pengerjaan proyek tersebut berjalan sesuai dengan yang direncanakan. Menurut Koontz (1982) manajemen adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan kegiatan anggota serta sumber daya yang lain untuk mencapai sasaran organisasi perusahaan yang telah ditentukan. Manajemen proyek sendiri terbagi menjadi bagian-

bagian ilmu yaitu manajemen waktu, manajemen biaya, manajemen mutu, manajemen sumber daya manusia, manajemen lapangan, manajemen hubungan kerja, manajemen resiko, manajemen usaha, dan manajemen kekompakan (Austen dan Neale, 1991).

### **Manajemen Sumber Daya Manusia**

Manajemen sumber daya manusia oleh para penulis didefinisikan secara berbeda. Edwin B. Flippo (1998) manajemen sumber daya adalah perencanaan, pengarahan dan pengawasan kegiatan – kegiatan , pengintegrasian, pemeliharaan, pengadaan, pengembangan, pengaturan sumber daya manusia dan pemberian kompensasi agar tercapai tujuan organisasi dan masyarakat. Sedangkan Harvey dan Bowin (1996) menyetakan bahwa manajemen sumber daya manusia adalah kegiatan yang dilakukan untuk menarik, mengembangkan, memotivasi dan mempertahankan kinerja pekerja dalam suatu organisasi.

### **Perencana Proyek**

Perencanaan merupakan salah satu fungsi manajemen proyek yang sangat penting, yaitu menentukan langkah-langkah kegiatan yang akan datang yang diperlukan untuk mencapai sasaran. Hal ini berarti pertama-tama menentukan sasaran yang hendak dicapai kemudian menyusun urutan langkah-langkah kegiatan untuk mencapainya. Perencanaan dimaksudkan untuk menjembatani antara sasaran yang akan diraih dan keadaan atau situasi pada awal (Soeharto, 1990).

Perencanaan adalah tulang punggung keseluruhan proyek, dan harus didasarkan atas sasaran yang jelas. Dengan perencanaan yang tepat, sumber daya yang memadai dapat disediakan pada saat yang tepat, waktu yang cukup dialokasikan untuk setiap tahap proses, dan berbagai komponen kegiatan dimulai pada saat yang tepat (Austen and Neale, 1991).

Perencanaan jadwal proyek dapat dilakukan dengan baik dan realitis, apabila di dalam proses perencanaan jadwal dilakukan secara bertahap dengan Langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi jenis-jenis aktivitas proyek.
2. Menentukan durasi masing-masing aktivitas sesuai dengan produktivitas sumber daya yang ada.
3. Menentukan hubungan antara aktivitas, dan urutan kerja antara aktivitas satu dengan

aktivitas yang lain.

4. melihat kembali apakah durasi dan urutan aktivitas sudah masuk akal dan bisa dilaksanakan dilapangan?

### **Penjadwalan Proyek**

Penjadwalan dalam pengertian proyek konstruksi merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, dimana setiap aktivitas harus dilaksanakan agar proyek selesai tepat waktu dengan biaya yang ekonomis (Callahan, 1992 dikutip oleh Walean, 2012). Selama proses pengendalian proyek, penjadwalan mengikuti perkembangan proyek dalam berbagai permasalahannya. Proses updating serta monitoring selalu dilakukan untuk dapat memperoleh penjadwalan yang paling realitis agar penetapan durasinya dan alokasi sumber daya sesuai dengan sasaran dan tujuan proyek.

Secara umum penjadwalan mempunyai manfaat-manfaat seperti berikut (Husen, 2010):

1. Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan atau kegiatan mengenai batasbatas waktu untuk mulai dan akhir masing-masing tugas.
2. Memberikan sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realitis dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
3. Memberikan sarana untuk menilai kemajuan pekerjaan.
4. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat selesai sebelum waktu yang ditetapkan.
5. Memberikan kepastian waktu pelaksanaan pekerjaan.
6. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

### **Penjadwalan Sumber Daya Terbatas**

Diperlukannya penjadwalan pada sumber daya terbatas dimaksudkan agar pelaksanaan proyek tetap dapat berlangsung, caranya dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya (Abrar Husein, 2009). Ada dua jenis batasan (constraints) yang harus diperhatikan dalam penjadwalan proyek, karena batasan tersebut berpengaruh terhadap waktu kerja dari suatu kegiatan. Batasan tersebut adalah (Abrar Husein, 2009):

1. Logical constraint, batasan yang diakibatkan oleh hubungan antar aktifitas yang terjadi.
2. Resources constraint, batasan yang diakibatkan oleh ketidaktersediaannya sumber daya.

Selain itu ada factor yang dapat diterapkan pada penjadwalan proyek adalah alokasi sumber daya terbatas yang bertujuan mengatur aktifitas – aktifitas sehingga tingkat kebutuhan sumber tidak melampaui tingkat kemampuan penyediaan sumber. Bila perlu diadakan pengunduran waktu atau penambahan waktu penyelesaian proyek, tentu saja penambahan waktu tersebut harus diusahakan semini mungkin.

### Metode –metode Penjadwalan Proyek

#### *Microsoft Project*

Perangkat lunak manajemen proyek yang dikembangkan dan dijual oleh Microsoft untuk membantu mengembangkan jadwal, menetapkan sumber daya untuk tugas – tugas, mengetahui kemajuan, mengelola anggaran, dan mengalisis beban kerja. Proyek menciptakan anggaran berdasarkan pekerjaan sumber daya. Sumber daya ditugaskan untuk program menghitung biaya, yang menggulung ke tingkat tugas dan kemudian ke tugas ringkasan dan akhirnya ke tingkat proyek. Sumber daya dapat diartikan (orang, bahan, dan peralatan) dapat dibagi antara proyek menggunakan kumpulan sumber daya Bersama. Aplikasi ini membuat jalur kritis, rantai kritis *add-on*, dan metodologi rantai kejadian. *Microsoft Project* dapat mengenali kelas pengguna berbagai akses yang berbeda untuk proyek, tampilan dan sebagainya. Objek khusus seperti tabel, kalender, filter, tampilan, dan bidang disimpan di perusahaan global yang dibagikan oleh semua pengguna.

#### Kurva - S

Kurva S sendiri ialah jadwal pelaksanaan pekerjaan dalam bentuk grafis yang berfungsi memberikan informasi kemajuan pekerjaan pada sumbu tegak dikaitkan pada mendatar. Kurva – S umumnya berguna dalam monitoring kemajuan pekerjaan dalam pelaksanaan konstruksi guna bermanfaat dalam memberikan bukti laporan atas proses administrasi pembayaran kepada pihak pemilik/*owner* berdasarkan kemajuan proyek yang telah dikerjakan serta dapat mengetahui kemajuan kinerja waktu pelaksanaan proyek apakah proyek mengalami kemajuan waktu pekerjaan atau keterlambatan/varian.

### Menyusun *Network Planning*

Langkah yang dilakukan dalam menyusun *network planning* adalah menginventarisasi kegiatan, yaitu dengan cara melakukan pengkajian dan pengidentifikasi lingkup proyek, menguraikan kegiatan Proyek merevitalisasi aula muzdalifah asrama haji surabaya. Dalam *network planning*, menyusun komponen – komponen sesuai urutan dalam *schedule*, sehingga diketahui urutan kegiatan dari awal mulainya proyek sampai dengan selesainya proyek secara keseluruhan. Dalam pembuatan *network planning* ada beberapa kemungkinan yang dapat terjadi dari hubungan antar kegiatan yang disusun menjadi mata rantai urutan kegiatan yang sesuai dengan logika ketergantungan, yaitu :

- a. Kegiatan yang dapat dikerjakan secara bersama dengan kegiatan lainnya.
- b. Kegiatan hanya dapat dikerjakan apabila kegiatan sebelumnya sudah selesai dikerjakan.
- c. Kegiatan yang dapat dikerjakan secara tersendiri tanpa harus menunggu kegiatan (*dummy*)

### Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Dalam mempercepat durasi proyek biasanya dilakukan pada pekerjaan-pekerjaan yang memiliki lintasan kritis. Karena kegiatan-kegiatan yang memberikan pengaruh besar pada proyek berada pada jalur kritis tersebut. Adapun ketetapan rencana alternatif penambahan jam kerja ini adalah sebagai berikut :

1. Waktu kerja normal adalah 8 jam kerja per hari (08.00 – 17.00) dengan 1 jam istirahat (12.00 – 13.00), sedangkan kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal selama 3 jam per hari (18.30 – 22.30).
2. Menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: KEP.102/MEN/VI/ 2004 pasal 11, upah untuk jam kerja (lembur) diperhitungkan sebagai berikut:
  - a. Untuk 1 jam kerja lembur pertama, upah yang harus dibayar adalah 1,5 kali upah sejam.
  - b. Untuk setiap jam kerja berikutnya, upah yang harus dibayarkan adalah 2 kali upah sejam.
3. Produktivitas untuk jam kerja lembur diperhitungkan sebesar 60% dari produktivitas normal.

### Crashing Dengan Penambahan Jam Kerja

Dalam mempercepat durasi proyek biasanya dilakukan pada pekerjaan-pekerjaan yang memiliki lintasan kritis. Karena kegiatan-kegiatan yang memberikan pengaruh besar pada proyek

berada pada jalur kritis tersebut. Adapun ketetapan rencana alternatif penambahan jam kerja ini adalah sebagai berikut :

1. Waktu kerja normal adalah 8 jam kerja per hari (08.00 – 17.00) dengan 1 jam istirahat (12.00 – 13.00), sedangkan kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal selama 3 jam per hari (18.30 – 22.30).
2. Menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: KEP.102/MEN/VI/ 2004 pasal 11, upah untuk jam kerja (lembur) diperhitungkan sebagai berikut:
  - a. Untuk 1 jam kerja lembur pertama, upah yang harus dibayar adalah 1,5 kali upah sejam.
  - b. Untuk setiap jam kerja berikutnya, upah yang harus dibayarkan adalah 2 kali upah sejam.
  - c. Produktivitas untuk jam kerja lembur diperhitungkan sebesar 60% dari produktivitas normal.

Dalam perhitungan crashing dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dilakukan pada kegiatan jalur kritis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Jumlah Pekerja

Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Jumlah Pekerja
Pekerjaan Plafon	2412,3	m2	10 orang
Pekerjaan Penutup dan Dinding	361,68	m2	12 orang
Pekerjaan Pengecatan	4580,49	m2	13 orang
Pekerjaan Listrik	2266	titik	2 orang

Sumber: data proyek 2019

Dari urutan – urutan kegiatan, kegiatan sebelumnya dan durasi dapat dibuat penjadwalan ulang dengan menggunakan *Microsoft Project*. Berikut adalah *Network Diagram* hasil dari pendjawalan (*rescheduling*) menggunakan *Microsoft Project*.

Tabel 2. Kegiatan Jalur Kritis

Uraian Pekerjaan	Durasi	Predecessors	Volume
Pasang kaca rayban 10 mm	6 hari		292,70 m2
Lantai KM/WC granit tile 60x60 cm warna krem (Unpolished)	2 hari	9	23,18 m2
Lantai granit tile 60x60 cm warna krem (polished)	7 hari		132,07 m2
Dinding KM/WC granit tile 60x60 cm warna krem (polished)	7 hari	10	136,80 m2
Cat dinding bagian dalam (R. WUS, dll)	4 hari		588,32 m2
Cat plafon	10 hari	13	1461,24 m2
Pasang Wallpaper Rangka hollow 4/4 & 4/2, t= 0,3 mm	5 hari		848,40 m2
Plafon Gypsum board 9 mm	6 hari	6	635,60 m2
Pekerjaan Penutup lantai dan dinding	4 hari		
Dinding KM/WC granit tile 60x60 cm warna krem (polished)	4 hari	11	69,63 m2
Pekerjaan Pengecatan	20 hari		
Cat dinding bagian luar Weather shield	5 hari	14	749,55 m2
Cat dinding bagian dalam	10 hari	28	1145,78 m2
Cat plafon	5 hari	29	635,60 m2
Instalasi titik lampu	1 hari	32	50 titik
Instalasi Strip Light NYM 3x2,5 mm	1 hari	32	80 titik

a. pada pekerjaan plafon

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Harian} &= \text{Volume} / \text{Durasi Normal} \\ &= 292,70 \text{ m}^3 / 6 \text{ hari} \\ &= 48,783 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Produktivitas/jam} = \text{Produktivitas Harian} / \text{Jam}$$

$$\begin{aligned} &\text{Kerja Normal} \\ &= 48,783 / 8 \\ &= 6,098 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas} \\ \text{sesudah crashing} &= 48,783 + (3 \times 6,098 \times \\ &60\%) \end{aligned}$$

$$= 59,760 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Crash Duration} &= \text{Volume} / \text{Produktivitas} \\ &\text{Sesudah Crash} \\ &= 5 \text{ hari} \end{aligned}$$

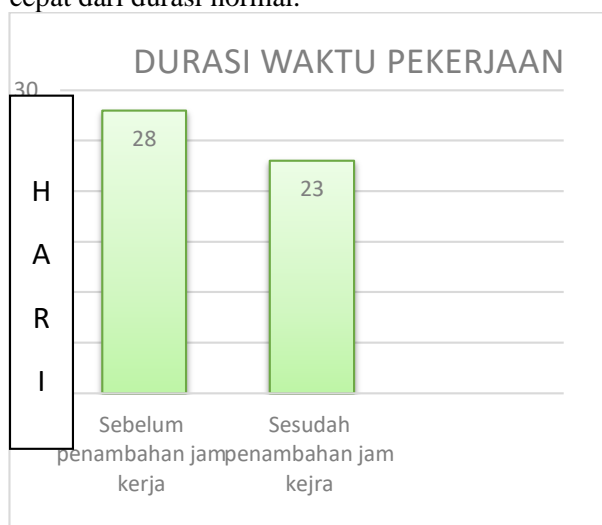
Perhitungan *crash duration*

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Crash Duration* pada Alternatif Penambahan Jam Kerja (lembur.)

Uraian Pekerjaan	Durasi	Predecessors	Volume
Saklar ganda Strip Light	1 hari	32	4 buah
Instalasi Exit Lamp	1 hari	32	2 titik
Instalasi Stop Kontak 3 Phase NYY 4x4 mm + NYA 4 mm	1 hari	32	2 titik
Lampu Sorot LED	1 hari	41	12 unit
Lampu Downlight LED	1 hari	57	6 unit
Lampu TL LED	1 hari	57	5 unit
Instalasi titik lampu	1 hari	57	19 unit
Lampu Downlight LED	1 hari	58	16 unit
Lampu TL LED	1 hari	58	4 unit
Instalasi titik lampu	1 hari	58	20 unit
Saklar Tunggal	1 hari	66	6 unit
Stopkontak 1 Phase	1 hari	66	4 unit
Stopkontak 1 Phase + Cover	1 hari	66	8 unit
Stopkontak 1 Phase serba guna	1 hari	66	8 unit

Uraian Pekerjaan	Durasi	Predecessors	Volume
Saklar Tunggal	1 hari	74	2 unit
Saklar Ganda	1 hari	74	3 unit
Stopkontak 1 Phase	1 hari	74	2 unit
Saklar Ganda	1 hari	86	2 unit
Stopkontak 1 Phase	1 hari	86	2 unit
Instalasi Pipa Drain	1 hari	93	120 m
Kabel NYY 4 x 95 mm <sup>2</sup> + Bc 50 mm <sup>2</sup> dari panel SDP-MDP	1 hari	102	5,5 m
Kabel NYM 3x2,5 mm	8 hari	104	769 m
Kabel Tray 30x10 cm	9 hari	106	94 m
Instalasi Pipa Refrigerant Insulated	2 hari	108	166,5 m
Instalasi Pipa Drait Insulated	2 hari	108	166,5 m
Kabel NYM 3x2,5 mm	2 hari	108	166,5 m
Kabel NYM 3x2,5 mm ke panel AC	2 hari	108	507 m
Instalasi Speaker	1 hari	110	10 titik
Outlet Mic	1 hari	110	4 buah

Dari hasil perhitungan *crash duration* pada alternative penambahan jam kerja/lembur, terdapat pada hasil perhitungan durasi waktu pekerja lebih cepat dari durasi normal.



Gambar 1. Grafik Durasi Waktu Pekerja

Dari tabel diatas dapat diketahui perbandingan antara durasi sebelum penambahan jam kerja dengan durasi setelah penambahan jam kerja.

## KESIMPULAN

Dengan terbatasnya sumber daya, maka diperlukan penambahan jam kerja supaya proyek berjalan sesuai dengan rencana. Durasi normal proyek yaitu 28 hari kemudian diberlakukan crash duration sehingga menjadi 23 hari dengan sesliahwaktu 5 hari.

Saran untuk penelitian ini yaitu monitoring dan evaluasi diperlukan untuk menjaga kinerja proyek agar sesuai dengan jadwal rencana dan dapat mengantisipasi keterlambatan kerja yang mungkin bisa terjadi selama pengerjaan proyek serta penggunaan program *Microsoft project*. Dalam penelitian ini masih sangat sederhana, untuk itu masih perlu dipelajari lebih lanjut lagi.

## REFERENSI

- A, Anggara. Hayun. 2005. "Perencanaan dan Pengendalian Proyek dengan Metode Pert - CPM Studi Kasus : Fly Over Ahmad Yani – Karawang". *The Winners*, 6(2), 155.
- Hechavarría, Rodney; López, G. (2013). "Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9),1689–1699".
- Maharesi, R. 2002. "Penjadwalan Proyek Dengan Menggabungkan Metode PERT Dan CPM".51–60.

- Muliyannah, D., & Setiawan, H. 2013. "Analisa Pengendalian Ulang Penjadwalan Proyek Pembangunan Gudang X dan Y Menggunakan Siklus *DMAIC*. 1(4)". 295–303.
- Octavia, D. M., Nasrul, Handayani, I. F., 2019. "Analisis Penjadwalan Proyek Konstruksi Menggunakan Network Planning (Studi Kasus : Pekerjaan Lanjutan Tahap IV Pembangunan Gedung Labor Fakultas Bahasa Dan Seni Universitas Negeri Padang)".
- Rizkon, M. 2009. "Manajemen Penjadwalan Proyek Pembangunan Rusunawa UNNES Dengan Metode Pert dan Matchad".
- Setiawan, A., Oktavianti, U., & Tarmidi, J. M. (2017). "Makalah Sumber Daya Alam". 77.
- Sulaiman, M. 2017. "Analisis Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Ditinjau Dari Waktu Pelaksanaan Di Provinsi Aceh". *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 405–418.
- Wijaya, G. D., Marsiano, F., Limanto, S. 2010. "Studi Kasus Penjadwalan Proyek Pada Proyek Rumah Toko X Menggunakan Microsoft Project 2010".
- Sa'adah, N. and Rijanto, T., 2021. Evaluasi Proyek Pembangunan Gedung Stroke Center (Paviliun Flamboyan) Menggunakan Metode Critical Path Method (CPM) Dan Crashing. Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi), 3(2), pp.55-62.

# Studi Perilaku Dinding Geser Pelat Baja Berlubang dengan Pembebanan Siklik

## *Behavioral Study of Perforated Steel Plate Shear Walls With Cyclic Loading*

Mochamad Ridwan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya, Jln. Ahmad Yani No. 114, Surabaya. Hp: (085258405466) E-mail : [ridwanitssby@gmail.com](mailto:ridwanitssby@gmail.com)

### Abstrak

Sebuah dinding geser pelat baja *Steel Plate Shear Wall* (SPSW) adalah struktur yang terbuat dari baja dimana bertugas untuk menahan beban lateral yang terdiri dari tiga komponen, yaitu pelat/panel baja, balok yang disebut sebagai *horizontal boundary elements* (HBE) dan kolom baja yang disebut *vertical boundary elements* (VBE). SPSW ada beberapa model diantaranya SPSW panel solid dan SPSW panel perforasi. SPSW perforasi membutuhkan dimensi kolom dan balok yang lebih kecil dari SPSW solid untuk menahan gaya axial dan momen guling yang terjadi. Hal ini dikareakan SPSW perforasi lebih elastis dibanding SPSW solid. SPSW perforasi pada plat baja dilakukan untuk mengurangi kekuatan, sehingga memungkinkan penggunaan pelat yang lebih tebal guna meningkatkan kekakuan dan kapasitas disipasi energi tanpa memperbesar ukuran dari HBE dan VBE. SPSW perforasi pada studi ini menggunakan metode penempatan lubang pada SPSW *perforations along the plate diagonal*. Pendekatan ini terdiri dari 3 variasi model perforasi diantaranya lubang lingkaran, segi empat, dan segi enam berada pada sepanjang diagonal dari pelat baja. Studi SPSW perforasi ini ditujukan untuk mendapatkan model perforasi yang paling efektif ditinjau dari *load carrying capacity*, *top displacement*, *hysteresis curves* dan *failure mode*. Dalam proses Analisa dan pemodelan simulasinya akan menggunakan *software* program bantu Abaqus 6.10

**Kata Kunci:** Dinding geser pelat baja; pelat; perforasi; abaqus 6.10

### Abstract

A steel plate shear wall *Steel Plate Shear Wall* (SPSW) is a structure made of steel which serves to withstand lateral loads which consists of three components, namely steel plates/panels, steel beams called *horizontal boundary elements* (HBE) and steel columns. These are called *vertical border elements* (VBE). There are several SPSW models including solid panel SPSW and perforated panel SPSW. Perforated SPSW requires column and beam dimensions that are smaller than solid SPSW to withstand the axial forces and overturning moments that occur. This is because perforated SPSW is more elastic than solid SPSW. SPSW perforations in steel plates are carried out to reduce strength, thus allowing the use of thicker plates to increase stiffness and energy dissipation capacity without increasing the size of the HBE and VBE. SPSW perforations in this study used the method of placing holes in SPSW *perforations along the plate diagonal*. This approach consists of 3 variations of the perforation model including circular, rectangular, and hexagon holes along the diagonal of the steel plate. This perforation SPSW study is intended to obtain the most effective perforation model in terms of *load carrying capacity*, *top displacement*, *hysteresis curves* and *failure mode*. In the process of analysis and modeling the simulation will use the software program Abaqus 6.10

**Keywords:** Steel plate shear wall; plate; perforation; abaqus 6.10

## PENDAHULUAN

Sebuah dinding geser pelat baja adalah struktur yang menahan beban lateral elemen yang terdiri dari tiga komponen, yaitu pelat/panel baja, balok yang disebut sebagai *horizontal boundary elements* (HBE) dan kolom yang disebut *vertical boundary elements* (VBE). Pelat baja terhubung dengan balok

dan kolom sekitarnya melalui pelat sambungan. SPSW dipasang pada letak tertentu sepanjang ketinggian gedung struktur untuk membentuk dinding kantilever. SPSW mengalami deformasi inelastis siklik, menghasilkan kekakuan awal yang tinggi sebelum pelat mengalami tekuk, SPSW mempunyai sifat daktail dan mampu menyerap

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p28-33>

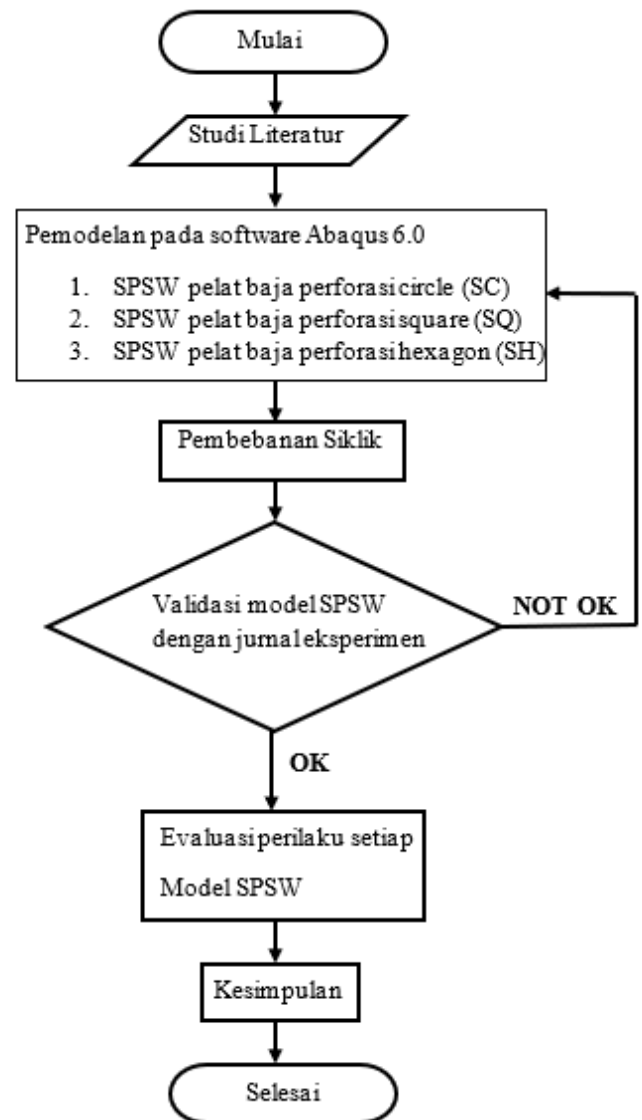


energi. Karakteristik inilah yang membuat SPSW cocok untuk memikul dan menahan beban gempa.

Pada SPSW, VBE dirancang untuk elastis dan panel leleh sepenuhnya, sehingga HBE mengalami sendi plastis. Pada desain seismik yang tinggi, SPSW dedesain untuk pelat mencapai tegangan leleh di seluruh panel. SPSW membutuhkan kolom struktur dengan dimensi yang besar untuk menahan gaya axial dan momen guling yang terjadi. Terkait inilah yang mendorong untuk dilakukan penelitian untuk mendapatkan SPSW yang mampu mengurangi kebutuhan dimensi kolom yang besar. Metode yang akan digunakan dalam srudi ini adalah dengan membuat lubang berpola pada plat baja SPSW. Menggunakan konsep penempatan lubang pada SPSW yaitu *perforations along the Plate diagonal*. Pendekatan ini terdiri dari lubang lingkaran, segi empat, segi enam berada pada sepanjang diagonal dari pelat baja. Konsep ini untuk menciptakan aksial pendek yang menghasilkan hubungan antar lubang untuk mengontrol kekuatan pelat baja. Kekakuan pelat baja diharapkan tidak berkurang secara signifikan akibat variasi pereforasi ini.

#### METODE

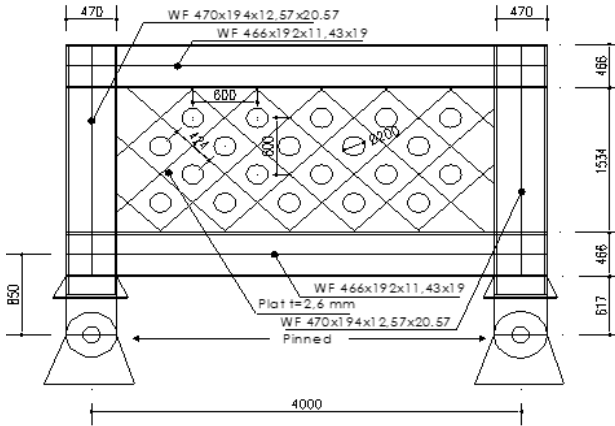
Dalam menyelesaikan penelitian ini maka diperlukan langkah-langkah/Flowchart metodologi sebagai berikut:



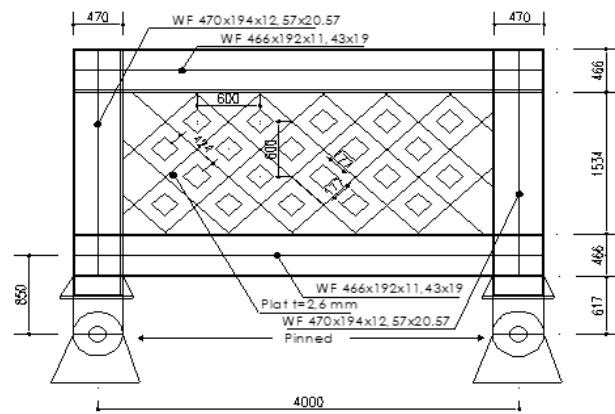
Gambar 1. Diagram Alir

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data yaitu data specimen SPSW yang akan dimodelkan. Selanjutnya data yang sudah dikumpulkan dilakukan studi literatur dengan mempelajari jurnal-jurnal baik jurnal eksperimental maupun jurnal permodelan untuk mengetahui parameter-parameter dalam penelitian ini. Jurnal-jurnal yang berkaitan ini juga sebagai acuan dalam pembuatan metode analisis dari penyelesaian penelitian ini. Hasil dari studi literature dan pengumpulan data akan ditabelkan berikut ini :

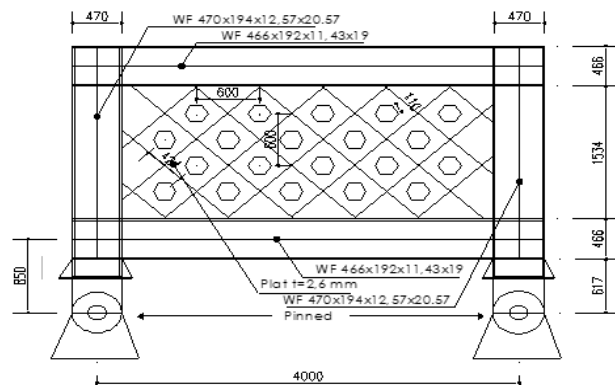
Langkah selanjutnya adalah dengan memodelkan pada program bantu *finite element analysis* sesuai dengan masing-masing specimen yang akan dijelaskan pada gambar berikut :



Gambar 2. SPSW Perforasi Circle (validasi)

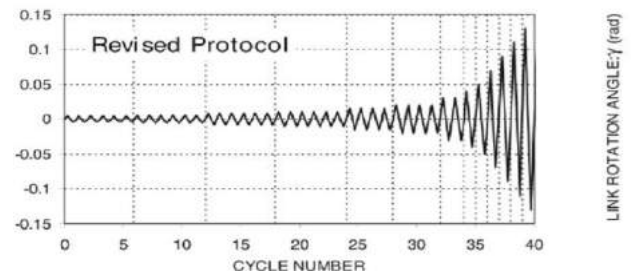


Gambar 3. SPSW Perforasi Rectangle

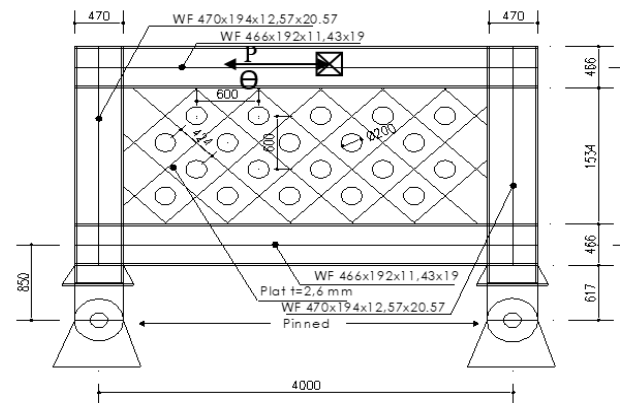


Gambar 4. SPSW Perforasi Hexagon

Selanjutnya adalah pembebanan bertahap yang mengacu pada *AISC Seismic Provisions for Structural Steel Building* pada Bab “*Cyclic Tests For Qualification*” pada pasal 4-c “*Loading Sequence for Link-to-Column Connections*”. Beban yang digunakan sebagai input adalah *Displacement controll*, nilai yang diambil adalah nilai tangensial sudut rotasi  $\gamma$  yang selanjutnya dikalikan dengan tinggi  $e$  untuk mendapatkan nilai simpangan  $\Delta$ . Untuk grafik loading protocol dapat dilihat pada gambar 5.

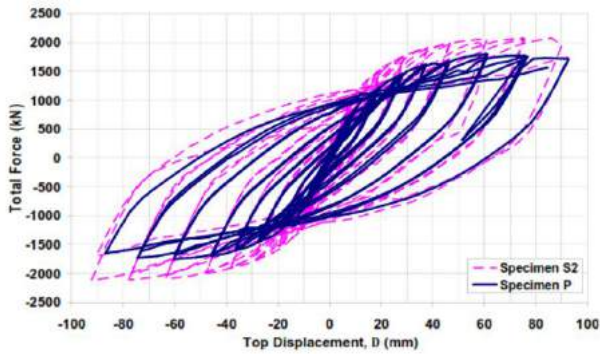


Gambar 5. Grafik loading protocol



Gambar 6. Set Up Pembebanan

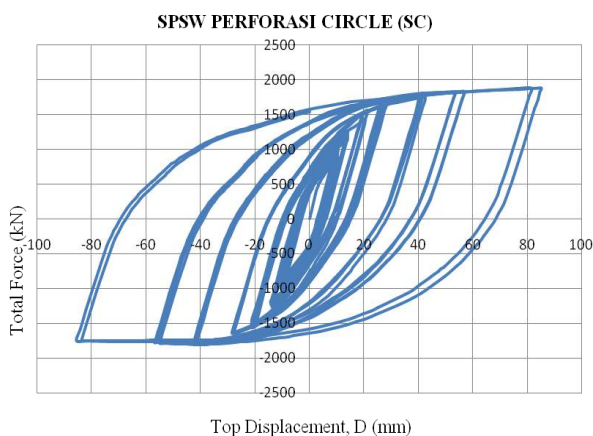
Pada tahap ini hasil pemodelan SPSW akan dibandingkan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan. Dalam hal ini akan dilakukan Validasi tipe SPSW dengan perforasi Circle. Hasil penelitian tipe SPSW perforasi mengacu pada jurnal ‘*Steel Plate Shear Wall Building : Building Design Requirement and Research*’ at MCEER Laboratory. Pada SPSW perforasi circle gaya maksimum dalam eksperimen adalah 1800 kN dengan drift 3,07 %. Berikut hasil eksperimen SPSW solid panel dan perforasi circle oleh Vian dan Bruneu, 2007.



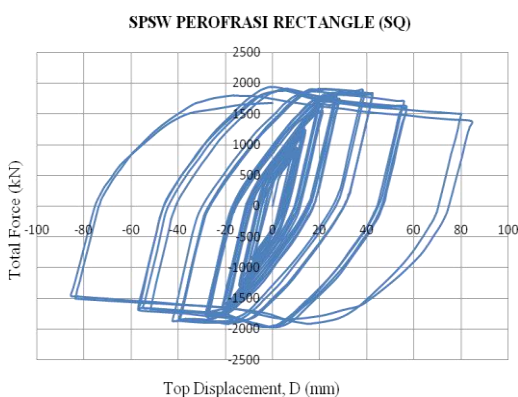
Gambar 7. Histeresis curves SPSW solid panel dan perforasi circle, drift 3% (Vian dan Bruneu, 2005)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

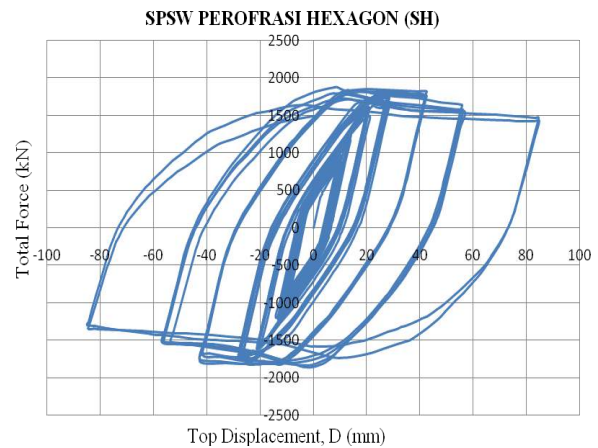
Hasil yang didapat dari program *Finite Element Analysis* digunakan untuk mendapatkan kurva *hysteretic*, *load carrying capacity* dan *failure modes*. Berikut adalah hasil analisa *finite element*, *force vs displacement* yang bisa dilihat dari grafik hysteresis curve berikut ini.



Gambar 8. *Perforated Circle (SC) Hysteresis Curves*



Gambar 9. *Perforated Rectangle (SQ) Hysteresis Curves*



Gambar 10. *Perforated Hexagon (SH) Hysteresis Curves*

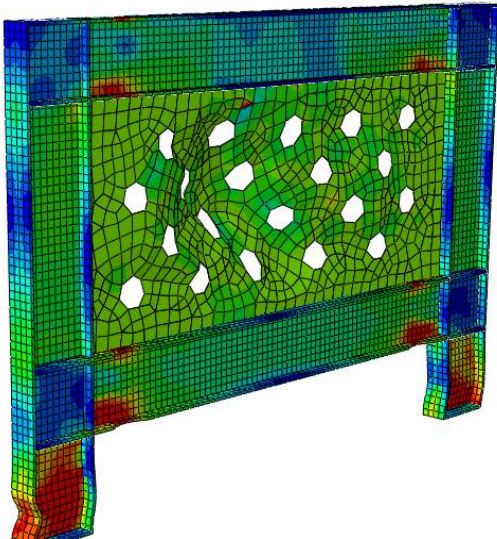
Dari hasil kelima grafik hysteresis curves diatas untuk specimen SQ dan SH menunjukkan kekakuan awal yang tinggi dan selanjutnya menurun seiring dengan bertambahnya top displacement. Sedangkan specimen SC menunjukkan perilaku struktur akibat beban siklik yang baik yaitu semakin bertambahnya displacement semakin bertambah juga nilai *total force* yang terjadi. Berikut adalah tabel 1 nilai *total force* dan *displacement* pada setiap specimen.

Tabel 1. *Total Force dan Top Displacement*

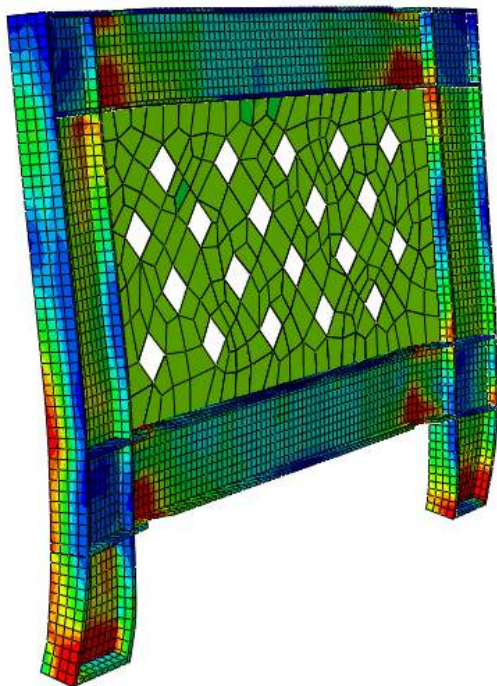
No	Specimen	Total Force (kN)	Top Displacement (mm)
1	SC	1878.5	85.5
2	SQ	1968.6	84.9
3	SH	1876.6	84.8

(Sumber: Hasil Penelitian)

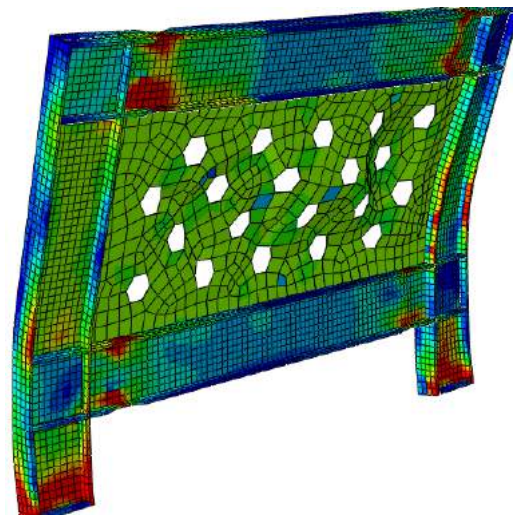
Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa untuk specimen SC, SQ, dan SH menunjukkan nilai *Total Force* dengan selisih yang tidak jauh berbeda. Specimen SQ mendapatkan nilai *Total Force* yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa SPSW tipe SQ kapasitasnya lebih besar dibandingkan SPSW specimen SC dan SH, walaupun memang tidak terlampaui jauh nilai selisihnya. Untuk selanjutnya akan ditampilkan gambar *failure mode* pada tiap-tiap specimen SPSW.



Gambar 11. *Perforated Circle(SC) Failure mode*



Gambar 12. *Perforated Rectangle(SR) Failure mode*



Gambar 13. *Perforated Hexagon(SH) Failure mode*

Pada pembahasan terkait *failure mode* pada tiap specimen SPSW ini terlihat jelas bahwa untuk SPSW perforasi mengalami keleleha pada plat bajanya sehingga bisa mengurangi efek tension field pada kolom dengan cara mengontrol kekakuan struktur dari SPSW tersebut, terutama pada tipe specimen circle perforated (SC). Specimen SC inilah yang terbaik dalam hal *failure mode*. Terlihat pada komponen VBE dan HBE pada specimen SC, SQ, dan SH ketiganya sama sama dapat mengurangi kerusakan parah sehingga mengakibatkan efek *tension field* yang lebih kecil pada kolom yang nantinya akan berakibat pada berkurangnya kebutuhan dimensi akan kolom pada SPSW tersebut. Berikut akan disajikan lengkap pada tabel 2 terkait 3 specimen SPSW yang telah dibahas diatas :

Tabel 2. Perbandingan Antar Specimen

N o	Spe cim en	Total Force (kN)	Top Displacem ent (mm)	Hystere sis Curves	Failur e Mode
1	SC	□	O	O	O
2	SQ	□	O	□	O
3	SH	□	O	□	O

note :

- O = Baik Sekali,
- = Baik,
- X = Cukup

Dari tabel 5 dapat dilihat bahwa masing-masing specimen mempunyai karakteristik hampir sama dan hanya berbeda ketika pada penilaian *Hysteresis*  
<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p28-33>

*Curves*. Suatu contoh pada konteks *Total Force* specimen SC, SQ, dan SH memiliki nilai yang hampir sama dengan selisih yang tidak terlampau jauh. Pada konteks *top displacement* ketiga specimen menunjukkan hasil yang baik sekali hanya sedikit selisih diantaranya. Pada konteks *hysteresis curves* specimen *perforated circle* specimen SC lebih baik dari specimen yang lainnya. Dalam konteks *failure mode* ketiga specimen menunjukkan kinerja yang sangat baik.

## KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. SPSW dengan perforasi circle, square, dan hexagon ketiganya sama sama dapat mengurangi kerusakan parah pada komponen VBE dan HBE sehingga mengakibatkan efek *tension field* yang lebih kecil pada kolom yang nantinya akan berakibat pada berkurangnya kebutuhan dimensi akan kolom pada SPSW tersebut.
2. Selisih nilai *load carrying capacity* yang tidak begitu signifikan membuat SPSW specimen SC bisa dikatakan lebih baik perilaku strukturnya karena mempunyai kelebihan dalam hal menahan beban siklik dan hasil *failure mode* yang lebih baik menjadi pertimbangan dalam merencanakan struktur SPSW.
3. Diantara semua specimen SPSW diatas menurut hasil analisa perbandingan dari segi *load carrying capacity, top displacement, hysteresis curves, dan failure mode* specimen SPSW perforasi *circle* (SC) menjadi yang terbaik perilaku strukturnya.

## REFERENSI

- Amania, A. and Sarie, F., 2021. Pengaruh Penambahan Pasir Sirkon, Abu Kayu Dan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Daya Dukung Dan Kuat Geser Tanah. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(2), pp.63-70.
- Berman, J. dan Bruneau, M. 2003. "Plastic Analysis and Design of Steel Plate Shear Walls", *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 129, No. 11.
- Berman, J. dan Bruneau, M. 2005. "Experimental Investigation of Light-Gauge Steel Plate Shear", *ASCE Journal of Structural Engineering*, Vol. 131, No. 2.
- Berman, J. dan Bruneau, M. 2011. "Seismic Behavior of Code designed Steel Plate Shear Walls", *Engineering Structures*, No. 33, hal. 230-244.
- CAN/CSA S16-01, "Limit States Design of Steel Structures", published by Canadian Standards Association.
- Driver, R. dan Kulak, G. 1998. "Cyclic Test of Four-Story Steel Plate Shear Wall", *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 124, No. 2.
- Koppal, M. 2012. *Computational Investigation of Tunable Steel Plate Shear Walls for Improved Seismic Resistance*, Tesis Master, Polytechnic Institute and State University, Blacsburg.
- Robert, T. dan Ghomi, S. 1992. "Hysteretic Characteristics of Unstiffened Plate Shear Panels", *Thin-Walled Structures*, Elsevier Science Publishers, Great Britian.
- Similia. 2010. – ABAQUS 6. 10 user manual.
- Vian, D. dan Bruneau, M. 2005. "Steel Plate Shear Walls for Seismic Design and Retrofit of Building Structures", MCEER Report -05-0010.
- Wang, M. dan Yang, W. 2015. "Seismic Behaviors of Steel Plate Shear Wall Structures With Costruction Details and Materials", *Journal of Constructional Steel Research*, No. 107, hal. 194-210.



## Karakteristik Campuran *Asphalt Concrete* – *Binder Course* pada Paket Pembangunan Jalan Sumberjo Sidodadi Jember

### *Characteristics of Mixed Asphalt Concrete – Binder Course in The Sumberjo Sidodadi Jember Construction Package*

**Rudy Santosa<sup>1</sup>, Bambang Sujatmiko<sup>2</sup>, Dhevin Baswara Hendatama<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Jl. Semolowaru 84 Surabaya, 60118  
Email: [rudy.santosa@unitomo.ac.id](mailto:rudy.santosa@unitomo.ac.id)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Jl. Semolowaru 84 Surabaya, 60118  
Email: [bambang.sujatmiko@unitomo.ac.id](mailto:bambang.sujatmiko@unitomo.ac.id)

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Jl. Semolowaru 84 Surabaya, 60118  
Email: [dhevinbas@gmail.com](mailto:dhevinbas@gmail.com)

#### Abstrak

Karakteristik campuran *asphalt concrete* – *binder course* dengan sumber material yang berasal dari quarry di wilayah kecamatan pakusari kabupaten Jember, pada tahun ini terdapat paket pembangunan jalan Sumberjo – Sidodadi di kabupaten jember. Untuk produksi aspal beton yang digunakan di AMP PT. Gunung Kelabat Citra Abadi dengan jenis aspal Pertamina Pen.60/70. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik campuran asphalt concrete binder course pada paket pembangunan jalan sumberjo – sidodadi. Ditinjau dari nilai Stabilitas Marshall, kepadatan(density), kelehan(flow), VIM(Void In Mix), VMA(Void In Mineral Aggregate), VFB(Void Filled Bitumen) dan Marshall Quatient. Eksperimen ini menggunakan metode pengujian campuran aspal panas(Hot Mix) Marshall. Penelitian ini terdiri dari 5 varian , masing masing varian menggunakan kadar aspal yang berbeda yaitu: 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%. Dengan masing masing varian dibuat 3 sampel benda uji. Hasil dari penelitian ini adalah kadar aspal optimum 5,5% dengan hasil nilai Density 2,304 gr/cc, VMA sebesar 15,6%, nilai VFB sebesar 70,75%, nilai VIM sebesar 4,56%, stabilitas Marshall 1142 kg dan nilai flow 3,5mm.

**Kata Kunci** : Karakteristik AC-BC; kadar aspal; marshal

#### Abstract

*The characteristics of the asphalt concrete – binder course mixture with the source material from the quarry in the Pakusari sub-district, Jember district, this year there is a construction package for the Sumberjo – Sidodadi road in Jember district. For the production of asphalt concrete used in AMP PT. Gunung Kelabat Citra Abadi with asphalt type Pertamina Pen.60/70. The purpose of this study was to determine the characteristics of the asphalt concrete binder course mixture on the Sumberjo – Sidodadi road construction package. Judging from the value of Marshall Stability, density, flow, VIM (Void In Mix), VMA (Void In Mineral Aggregate), VFB (Void Filled Bitumen) and Marshall Quatient. This experiment uses Marshall's Hot Mix asphalt test method. This study consisted of 5 variants, each variant using a different asphalt content, namely: 4.5%, 5%, 5.5%, 6% and 6.5%. With each variant, 3 samples of test objects were made. The results of this study are the optimum asphalt content of 5.5% with the results of Density value of 2.304 gr/cc, VMA of 15.6%, VFB value of 70.75%, VIM value of 4.56%, Marshall stability 1142 kg and flow 3.5mm.*

**Keywords:** AC-BC characteristics; asphalt content; marshall

## PENDAHULUAN

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk sangat pesat di Indonesia. Seiring dengan hal tersebut mengakibatkan peningkatan mobilitas penduduk. Sehingga muncul banyak kendaraan-kendaraan berat yang melintas di jalan tersebut. Dengan melihat peningkatan mobilitas penduduk yang sangat tinggi maka diperlukan peningkatan baik kuantitas maupun kualitas jalan yang memenuhi kebutuhan masyarakat. Dalam permasalahan kali ini pengujian di lakukan dengan menggunakan matrial dari lokasi tersebut. Material aspal menjadi salah satu pilihan utama untuk dipergunakan sebagai lapis permukaan. Material tersebut mempunyai sifat plastis dan berada dalam keadaan baik dalam suhu normal, tetapi dalam suhu panas material tersebut akan melunak dan berkurang kepadatannya.

Proses pencampuran antara material aspal dengan agregat kasar maupun halus dilakukan dalam suhu yang sangat tinggi. Ketika suhu menurun maka campuran beraspal tersebut akan mengeras dan membentuk suatu lapisan permukaan perkerasan. Pada tahun 2021 ini terdapat Paket Pembangunan Jalan Sumberejo – Sidodadi di Kabupaten Jember. Pada paket tersebut terdapat item pekerjaan Laston Lapis Antara (Asphalt Concrete – Binder Course) yang mana merupakan campuran aspal beton yang difungsikan untuk lapis antara dalam konstruksi jalan raya. Untuk produksi Asphalt Concrete – Binder Course dilakukan di AMP PT. Gunung Kelabat Citra Abadi dengan sumber material berasal dari Quarry di wilayah Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember dan Jenis Aspal Pertamina Pen. 60/70 . Dalam hal ini penulis akan meneliti karakteristik campuran Asphalt Concrete – Binder Course dengan sumber material berasal dari Quarry di wilayah Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember dan mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) pada paket Pembangunan Jalan Sumberejo – Sidodadi

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perumusan masalah yang akan dibahas adalah:

(1) Berapakah besarnya Kadar Aspal Optimal dengan menggunakan agregat yang materialnya berasal dari Quarry di wilayah Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember pada paket Pembangunan Jalan Sumberejo - Sidodadi ? (2) Berapakah besarnya persen rongga dalam campuran (VIM), persen rongga terisi aspal (VFB), persen rongga diantara mineral agregat (VMA), stabilitas (stability), kelelahan (flow) dan Marshall Quatient? (3) Bagaimana cara menentukan rekomendasi aspal untuk lokasi tersebut dengan menggunakan matrial setempat ?

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

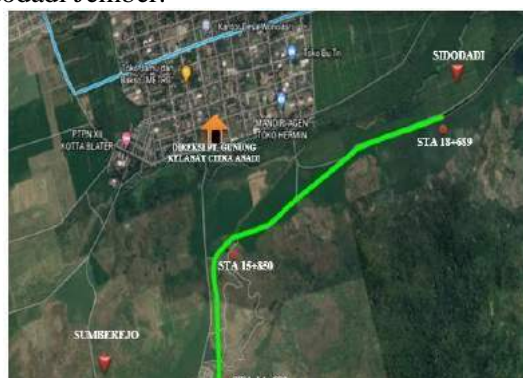
(1) Mengetahui kadar aspal optimal Aspal Pertamina Pen. 60/70 dengan menggunakan material dari Quarry di wilayah Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember sebagai agregat. (2) Menghitung persen rongga dalam campuran (VIM), persen rongga terisi aspal (VFB), persen rongga diantara mineral agregat (VMA), stabilitas (stability), kelelahan (flow) dan Marshall Quatient. (3) Menganalisa karakteristik campuran Asphalt Concrete – Binder Course di Paket Pembangunan Jalan Sumberejo - Sidodadi.

Manfaat dari penyusunan tugas akhir ini adalah :

(1) Menambah pengetahuan sejauh mana perbedaan karakteristik campuran Asphalt Concrete – Binder Course dengan menggunakan kadar aspal yang berbeda. 2Mengembangkan pengetahuan di dunia teknik khususnya campuran aspal beton terhadap perkerasan jalan. 3. Menghasilkan campuran Asphalt Concrete – Binder Course dengan mutu yang terbaik dari quarry lokal

(1) Batasan masalah mengingat keterbatasan waktu dalam penyusunan skripsi ini, maka batasan masalah pada penulisan skripsi ini, antara lain : Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengujian Marshall. (2) Tinjauan karakteristik campuran terbatas pada pengamatan terhadap hasil pengujian Marshall. (3) Aspal yang digunakan adalah Aspal Pertamina Pen. 60/70. (4) Jumlah benda uji yang digunakan adalah 15 briket (5) Pengujian aspal dilakukan di ITS.

Lokasi Proyek dilakukan pada Jalan Sumberjo Sidodadi Jember.



Gambar 1. Lokasi Proyek

## TINJAUAN PUSTAKA

Syaifullah A dkk (2019).Melakukan penelitian tentang Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Yang Mengandung Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Agregat Kasar. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan perhitungan KAO campuran Asphalt Concrete – Binder Course tanpa menggunakan cangkang kelapa sawit dan menggunakan cangkang kelapa sawit dengan variasi

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p34-41>

2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% sebagai substitusi agregat kasar dan mengetahui pengaruh penambahan cangkang kelapa sawit terhadap campuran benda uji pada nilai parameter Marshall. Sebelum pembuatan benda uji, bahan-bahan diuji terlebih dahulu yang mengacu pada standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3. Variasi kadar aspal yang digunakan dengan atau tanpa cangkang sawit adalah 5,0% sampai 7,0%, dengan interval 0,5%. Pencampuran benda uji pada suhu 158 oC dipadatkan dengan menggunakan pemadat Marshall, dengan jumlah pemadatan 75 tumbukan untuk masing-masing bidang permukaan benda uji pada suhu 146 oC. Penambahan cangkang kelapa sawit terhadap campuran aspal menunjukkan peningkatan nilai KAO. Berdasarkan hasil penelitian, cangkang kelapa sawit layak sebagai bahan tambah pada campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) karena memenuhi standar persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3.

Ika Sulianti dkk (2019). Meneliti tentang Pengaruh limbah plastik ldpe terhadap campuran asphalt concrete- base course (ac-bc) dengan metode marshall. Tahapan awal penelitian ini adalah membuat benda uji untuk mencari Kadar Aspal Optimum (KAO), setelah di dapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) ialah 5,75%, dan dilanjutkan dengan membuat benda uji penambahan campuran plastik dengan kadar 10%, 11%, 12%, 13%, dan 14%. Dari hasil proses pengujian, di dapatkan nilai campuran plastik pada stabilitas yang terbaik pada kadar 14%. Akan tetapi, pada nilai VIM dan VFA tidak memenuhi nilai standar spesifikasi.

#### Bahan Bitumen

Bitumen adalah zat perekat (cementitious) berwarna hitam atau gelap, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi. Bitumen terutama mengandung senyawa hidrokarbon seperti aspal, tar, atau pitch. Aspal didefinisikan sebagai material perekat (cementitious), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Tar adalah material berwarna coklat atau hitam, berbentuk cair atau semipadat, dengan unsur utama bitumen sebagai hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batu bara, minyak bumi, atau mineral organik lainnya. Pitch didefinisikan sebagai material perekat (cementitious) padat, berwarna hitam atau coklat tua, yang berbentuk cair jika dipanaskan. Pitch diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional tar. Pitch dan tar tidak diperoleh dari di alam, tetapi merupakan produk kimiawi. Dari ketiga material pengikat di atas, aspal merupakan material yang umum digunakan untuk bahan pengikat agregat,

oleh karena itu seringkali bitumen disebut juga sebagai aspal.

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (cementitious), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal merupakan material yang paling umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut pula sebagai aspal. (Silvia Sukirman, 2003)

## METODE

### Umum

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium PT. Gunung Kelabat Citra Abadi dengan menggunakan sistem pencampuran aspal panas, aspal yang digunakan sebagai pengikat adalah Aspal Pertamina Pen. 60/70. Sedangkan metode pengujiannya mengacu pada Standard Nasional Indonesia (SNI) dan AASHTO yang telah disahkan. Di dalam penelitian ini pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan filler), aspal dan pengujian terhadap campuran (uji Marshall). Pengujian terhadap agregat termasuk analisa saringan, pemeriksaan berat jenis, penyerapan air sedangkan untuk pengujian abrasi tidak bisa dilakukan di PT. Gunung Kelabat Citra Abadi karena keterbatasan alat.

Sedangkan metode yang digunakan sebagai pengujian campuran adalah metode Marshall, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil yang berupa komponen-komponen Marshall, yaitu stabilitas, flow, Void in the Mineral Agregat/VMA, Rongga di dalam campuran Void In The Compacted Mixture/ VIM), Rongga udara yang terisi aspal (Voids Filled with Bitumen/ VFB), Hasil bagi Marshall / Marshall Quotient (MQ).

### Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain:

- a. Agregat kasar  
Agregat kasar yang digunakan adalah agregat berasal dari Quarry di wilayah Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember yang kemudian di pecah dan diayak menurut fraksi yang dikehendaki untuk campuran beton aspal panas oleh PT. Gunung Kelabat Citra Abadi.
- b. Agregat halus  
Agregat halus yang digunakan adalah agregat berasal dari Quarry di wilayah Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember yang kemudian di pecah dan diayak menurut fraksi halus yang dikehendaki dan disyaratkan untuk campuran



beton aspal panas oleh PT. Gunung Kelabat Citra Abadi.

- c. Agregat pengisi (*filler*)  
Agregat pengisi (*filler*) yang digunakan adalah Semen Singa Merah.
- d. Bahan pengikat (Aspal)  
Untuk bahan pengikat (aspal) digunakan Aspal Pertamina Pen. 60/70.

### Peralatan penelitian

Peralatan yang digunakan untuk mendukung berjalannya penelitian proyek akhir ini antar lain:

- a. Alat uji pemeriksaan aspal Alat yang digunakan untuk pemeriksaan aspal antara lain: satu set alat uji penetrasi, satu set alat uji titik lembek, satu set alat uji titik nyala dan titik bakar, satu set alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan).
- b. Alat uji pemeriksaan agregat Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain mesin Los Angeles (tes abrasi), satu set saringan standar (yang terdiri dari ukuran 3/4", 1/2", 3/8", #4, #8, #16, #30, #50 dan #200), alat pengering (oven), timbangan berat, alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas), bak perendam, tempat agregat.
- c. Alat uji karakteristik campuran agregat Alat uji yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode *Marshall*, meliputi:
  1. Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 10,2 cm (4 inch) dengan tinggi 7,5 cm (3 inch) untuk *Marshall* standar.
  2. Mesin penumbuk manual atau otomatis lengkap dengan :  
Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata yang berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm. Landasan pematat terdiri dari balok kayu (jati atau yang sejenis) berukuran 20,32 x 20,32 x 45,72 cm dilapisi dengan pelat baja berukuran 30,38 x 30,48 x 2,54 cm dan di jangkarkan pada lantai beton di keempat bagian sudutnya. Pemegang cetakan benda uji.
  3. Alat marshall lengkap dengan :  
Kepala penekan (*Breaking Head*) berbentuk lengkung  
Cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 2.500 kg dan atau 5000 kg, dilengkapi arloji (*dial*) tekan dengan ketelitian 0,0025 mm.  
Arloji pengukur pelelehan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm beserta perlengkapannya.

4. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur yang mampu memanasi sampai 200 oC ( $\pm$  3 oC).
5. Bak perendam (*Water bath*) dilengkapi dengan pengatur suhu mulai 20 – 60 OC ( $\pm$  1 oC).
6. Timbangan yang dilengkapi dengan penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan 5 kg dengan ketelitian 1 gram.
7. Pengukur suhu (*thermometer*) berkapasitas 3600 C dengan ketelitian 1 % dari kapasitas sesuai dengan standart SNI 19-6421-2000.
8. Perlengkapan lain :
  - Panci-panci untuk memanaskan agregat, aspal dan campuran aspal.
  - Sendok pengaduk dan perlengkapan lain.
  - Kompor dan alat pemanas (*hot plate*).
  - Sarung tangan dari asbes dan sarung tangan dari karet dan pelindung pernafasan atau masker.
  - Kantong plastik kapasitas 2 kg.
  - Kompor listrik.
  - Kaliper.
  - Tipe ex/cat minyak.
  - Saringan  
Saringan harus mampu mengayak semua agregat menurut fraksi dan proporsi yang ditetapkan dan harus mempunyai kapasitas sedikit diatas kapasitas penuh unit pengaduk.
  - Kotak penimbang atau *Hoper*  
Kotak penimbang atau *hoper* harus mempunyai kapasitas yang cukup untuk menampung satu takaran penuh (*full batch*) tanpa harus diratakan dengan tangan.

### Prosedur pengujian material

Pemeriksaan yang dilaksanakan pada penelitian ini, meliputi pemeriksaan terhadap agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Tujuan pemeriksaan bahan ini adalah diharapkan salah satu faktor kestabilan konstruksi perkerasan dapat terpenuhi, disamping hal lainnya yang menyangkut pelaksanaan dilapangan. Pemeriksaan material yang meliputi agregat kasar, agregat halus maupun aspal mengacu pada standar SNI dan AASHTO.

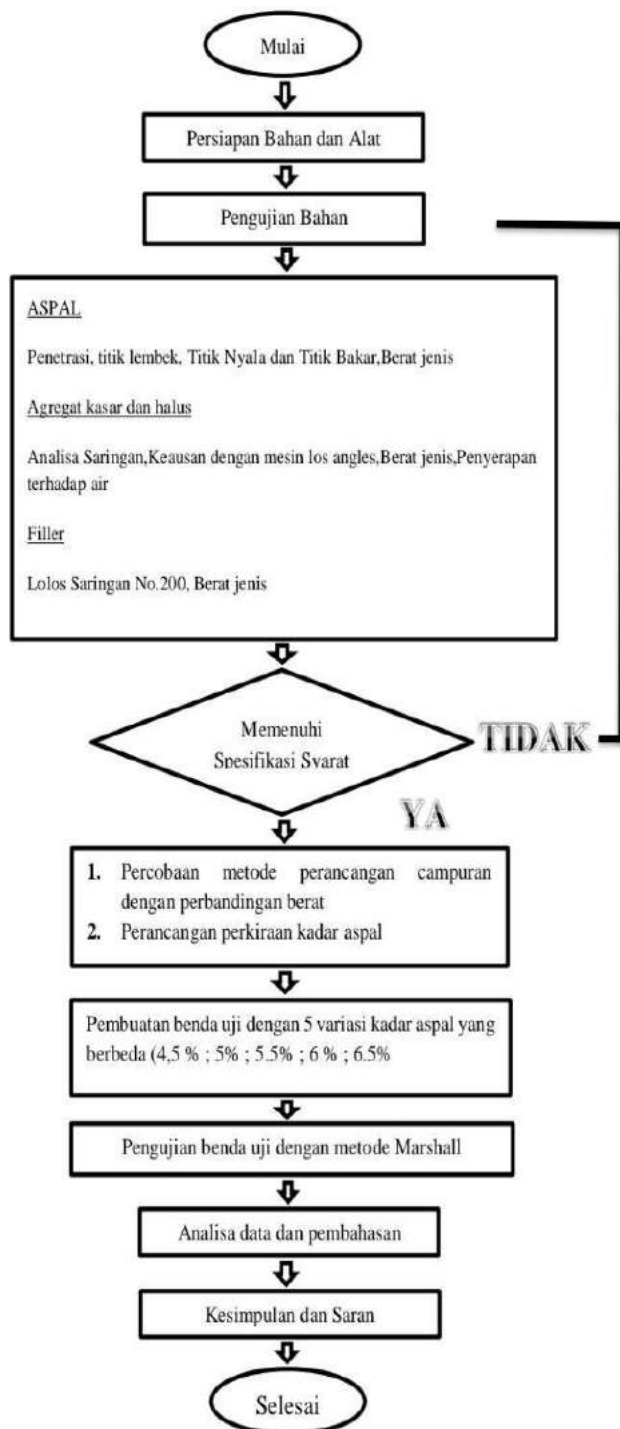
### Pengujian marshall

Prinsip dasar dari metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket

beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran yang telah didapat dari hasil uji gradasi, sesuai spesifikasi campuran. Pengujian Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) mengikuti prosedur SNI 06-2484-1991 atau AASHTO T245-97. Dari hasil gambar hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall, maka akan diketahui kadar aspal optimumnya.

### Diagram Alir

Diagram alir dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Diagram Alir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

#### Pemeriksaan Aspal

Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap Aspal Pertamina Pen. 60/70, diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Tabel. dengan menggunakan Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 dan data selengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Uji Aspal

No	Jenis Pengujian	Metode	Hasil Uji Lab	Syarat
1	Penetrasi 25 OC (0.1 mm)	SNI 06-2456-2011	64.5	60-70
2	Titik Lembek (Softening Point)	SNI 06-2434-2011	53.5	≥48 OC
3	Titik Nyala (Flash Point)	SNI 06-2433-2011	325	≥ 232 OC
4	Daktilitas 25 OC 5 Cm	SNI 06-2432-2011	140.5	≥100 Cm
5	Berat Jenis	SNI 06-2441-2011	1.032	≥ 1.0 gr/cm <sup>3</sup>

Sumber : Hasil Penelitian

### Hasil Pengujian Marshal

Hasil pengujian marshall terhadap campuran beton aspal panas yaitu nilai kepadatan (density), stabilitas (stability), VMA (voids in mineral aggregate), VFA (voids filled with asphalt), VIM (voids in the mix), kelelahan (flow) dan Marshall Quotient (MQ) pada benda uji masing-masing kadar aspal 3 buah benda uji. Untuk mendapatkan nilai karakteristik aspal yang memenuhi semua persyaratan spesifikasi umum 2018 revisi 2, maka perlu dicari kadar aspal optimum ditentukan dengan cara percobaan pengujian marshall dengan variasi kadar aspal 4.5%; 5%; 5.5%; 6%; 6.5%.

### Pembahasan

#### Pemeriksaan Aspal

Dari hasil pengujian Aspal Pertamina Pen. 60/70 dapat dijabarkan pembahasannya sebagai berikut:

- **Pemeriksaan Penetrasi Aspal**

Dari hasil pemeriksaan penetrasi diperoleh nilai rata-rata penetrasi 64,5 dengan hasil tersebut maka nilai penetrasi Aspal Pertamina Pen. 60/70 memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, sehingga Aspal Pertamina Pen. 60/70 dapat digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran beton aspal panas.

- **Pemeriksaan Titik Lembek Aspal**

Pemeriksaan titik lembek untuk mengukur batas kekerasan aspal dengan cara membebani dengan bola baja dan memanaskan didalam media air. Dari hasil pengujian diperoleh nilai rata-rata suhu dari kondisi titik lembek adalah sebesar 53,5 °C dan masih dalam rentang batas suhu kondisi titik lembek yang disyaratkan yaitu antara  $\geq 48$  °C.

- **Pemeriksaan Titik Nyala**

Tujuan pemeriksaan suhu kondisi titik nyala adalah untuk menentukan suhu dimana aspal mulai mengalami perubahan sifat sebagai akibat pemanasan yang terlalu tinggi serta untuk mengetahui suhu maksimum dalam memanaskan aspal sehingga aspal tidak terbakar. Besarnya titik nyala yang disyaratkan untuk Aspal Aspal Pen. 60/70 adalah sebesar  $\geq 232$  °C dan dari hasil pemeriksaan menunjukkan titik nyala adalah 325.0 °C.

- **Pemeriksaan Berat Jenis Aspal**

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama. Persyaratan yang ditentukan untuk berat jenis aspal adalah  $\geq 1$  gr/cc. Dari hasil

pemeriksaan menunjukkan hasil 1,032 gr/cc, sehingga Aspal Pertamina Pen. 60/70 dapat digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran beton aspal panas.

### Pemeriksaan Agregat

- **Agregat Kasar**

Hasil pengujian agregat kasar yang ditunjukkan pada Tabel, Bahwa agregat yang digunakan oleh PT. Gunung Kelabat Citra Abadi yang berasal dari Quarry di wilayah Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember telah memenuhi spesifikasi umum 2018 revisi 2. Setelah dilakukan pengujian pada agregat kasar di dapat nilai abrasi 26.04 % sehingga sudah memenuhi spesifikasi umum 2018 revisi 2 Max 40%.

- **Agregat Halus**

Untuk hasil uji aggregate halus yang ditunjukkan pada Tabel telah memenuhi spesifikasi umum 2018 revisi 2.

- **Filler**

Filler yang di gunakan adalah Semen Singa Merah. Dilihat dari hasil pengujian di atas Semen Singa Merah telah memenuhi persyaratan yang tertera di Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2.

### Pengujian Marshall

- **Kepadatan (density)**

Kepadatan merupakan merupakan tingkat kerapatan campuran setelah dipadatkan. Kepadatan (density) adalah berat campuran pada setiap satuan volume,. Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan adalah gradasi agregat, kadar aspal, berat jenis agregat, kualitas penyusunnya dan proses pemadatan yang meliputi suhu dan jumlah tumbukannya. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan akan mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan rendah. Berikut ini adalah tabel dan gambar hubungan kadar aspal dan kepadatan (density).

- **Stabilitas**

Stabilitas campuran dalam pengujian marshall ditunjukkan dengan pembacaan nilai stabilitas yang dikoreksi dengan angka tebal benda uji. Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya, tanpa mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh gesekan antar butiran agregat (internal friction), penguncian antar butir agregat (interlocking) dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal (kohesi), disamping itu proses pemadatan, mutu agregat, dan kadar aspal juga berpengaruh.

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p34-41>

### Kelelahan (Flow)

Flow atau kelelahan menunjukkan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi pada lapis keras akibat menahan beban yang diterimanya. Penurunan atau deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan nilai karakteristik Marshall lainnya, seperti VFB (Void Filled Bitumen), VIM (Void In Mix) dan stabilitasnya. Nilai flow dipengaruhi antara lain oleh gradasi agregat, kadar aspal dan proses pemadatan yang meliputi suhu pemadatan dan energi pemadatan.

Campuran yang memiliki nilai kelelahan (Flow) yang rendah dan stabilitas yang tinggi, cenderung menjadi kaku dan getas (brittle), sedangkan campuran yang memiliki nilai kelelahan (Flow) yang tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapatkan beban lalu lintas. Aspal terdiri dari dua komponen utama yaitu asphaltiness dan maltiness.

- **Rongga terisi aspal VFB (Void Filled Bitumen)**

VFB (Void Filled Bitumen), menyatakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan, Nilai VFB ini merupakan pada sifat kedekatan air dan udara, maupun sifat elastis campuran.

Nilai VFB dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: energi, suhu pemadatan, jenis dan kadar aspal, serta gradasi agregatnya. Nilai VFB yang semakin besar berarti semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Nilai VFB yang terlalu tinggi akan menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami bleeding atau naiknya aspal kepermukaan.

Nilai VFB (Void Filled Bitumen) yang terlalu kecil akan menyebabkan kedekatan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal. Dengan banyaknya rongga yang kosong, air dan udara akan mudah masuk kedalam lapis keras sehingga keawetan dari lapis keras akan berkurang.

- **Rongga didalam campuran VIM (Void In Mix)**

VIM (Void In Mix) adalah banyaknya rongga dalam campuran yang dinyatakan dalam prosentase. Rongga udara yang terdapat dalam campuran diperlukan untuk tersedianya ruang gerak untuk unsur-unsur campuran sesuai dengan sifat elastisnya. Karena itu nilai VIM sangat menentukan karakteristik campuran. Nilai VIM (Void In Mix) dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal dan density.

Jika nilai VIM (Void In Mix) yang terlalu tinggi berkurangnya keawetan dari lapis keras karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapis perkerasan. Udara akan mengoksidasi aspal sehingga selimut aspal menjadi tipis dan kohesi aspal menjadi berkurang. Jika hal ini terjadi akan menimbulkan pelepasan butiran (raveling), sedangkan air akan melarutkan bagian aspal yang tidak teroksidasi sehingga pengurangan jumlah aspal akan lebih cepat.

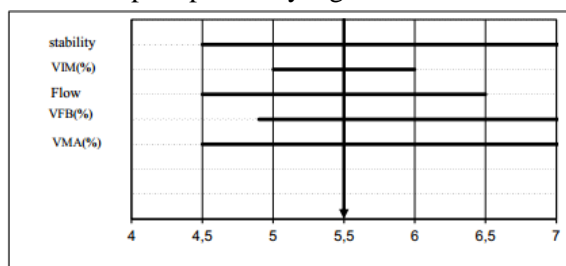
Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan mudah terjadinya bleeding pada lapis keras. Selain bleeding, dengan VIM yang rendah kekakuan lapis keras akan mengalami retak (cracking) apabila menerima beban lalu lintas karena tidak cukup lentur untuk menerima deformasi yang terjadi.

- **Rongga diantara mineral agregat VMA (Void In Mineral Agregat)**

VMA (Void In Mineral Aggregate) adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat di dalam campuran beraspal panas yang sudah didapatkan termasuk ruang yang terisi aspal. VMA dinyatakan dalam prosentase dari campuran beraspal panas. VMA digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas, besarnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan.

- **Penentuan Kadar Aspal Optimum**

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat tercapai mencapai persyaratan Stabilitas, Flow, VMA, VIM, dan Marshall Quotient. Penentuan kadar aspal optimum untuk menetapkan besarnya kadar aspal efektif dalam campuran yang diperlukan untuk pembuatan benda uji baru dengan komposisi agregat sama tetapi dengan kadar aspal optimum yang telah ditentukan.



Gambar 3. Grafik penentuan Kadar Aspal Optimum

Setelah semua pengujian telah dilaksanakan, semua hasil pengujian bisa di lihat di dalam grafik masing-masing pengujian untuk

selanjutnya di masukkan ke dalam grafik diatas. Agar lebih jelas bisa dilihat daftar di bawah ini :

- a. Stabilitas yang memenuhi syarat pada kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%
- b. Flow yang memenuhi syarat pada kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%
- c. VMA yang memenuhi syarat pada kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%
- d. VIM yang memenuhi syarat pada kadar aspal 5% dan 5,5%
- e. VFB yang memenuhi syarat pada kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5.

### KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan dari hasil pengujian campuran AC-BC di Paket Pembangunan Jalan Sumberejo - Sidodadi :

Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran AC-BC dengan kadar aspal optimum 5,5%, kadar aspal 5,5% Nilai Density diperoleh sebesar 2,304 gr/cc. Nilai VMA (Void in Mineral Agregat) sebesar 15,6 %. Nilai VFB (Void Filled Bitumen) sebesar 70,75%. Nilai VIM (Void In Mix) sebesar 4,56 %. Nilai Stabilitas Marshall sebesar 1142 kg. Nilai Flow (kelelehan) sebesar 3,5 mm. Sedangkan analisa karakteristik ditinjau dari nilai Stabilitas Marshall sebesar 1142 kg hasilnya cukup tinggi. nilai Voidnya baik itu nilai VMA sebesar 15,6%, VFB 70,75%, dan VIM sebesar 4,56% cukup ideal. Nilai Flow 3,5 mm masih ideal nilai Density 2,304 gr/cc cukup tinggi dan memiliki kualitas yang cukup baik.

### SARAN

Masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang “Karakteristik Campuran ACBC pada paket Pembangunan Jalan Sumberejo - Sidodadi ” dengan komposisi campuran yang berbeda.

### REFERENSI

- AASHTO, 2008. *American Association Of State Highway and Transportation Officials, Twenty-Eighth Edition* : Washington D.C
- Abd.Rahim nurdin. 2017. Analisis karakteristik campuran aspal panas (ab-bc) dengan menggunakan limbah AMP (over flow) sebagai agregat kasar akibat variasi durasi perendaman. *Universitas Bosowa*, Sulawesi selatan.
- Hermon Frederik Tambunan , Febi Pitriani. 2019. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan bahan zeolit terhadap karakteristik parameter Marshall pada lapis Asphaltic Concrete Binder Course (AC- BC). *Institut Teknologi Sumatera*, Lampung.
- Ika Sulianti, M.Sazili Harnawansyah , Merry Andika Putri , Abdul Haris Chudori. 2019. Pengaruh limbah plastik ldpe terhadap campuran asphalt concrete– base course (ac– bc) dengan metode marshall. *Politeknik Negeri Sriwijaya*, Palembang.
- Syaifullah Ali, Mukhlis, Lusyana, Fauna Adibroto, Enita suardi. 2019. Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Yang Mengandung Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Agregat Kasar. *Politeknik Negeri Padang* , Sumatera Barat
- Winayati, Fadrizal Lubis. 2018. Analisis karakteristik marshall campuran ac-bc menggunakan filler abu tandan sawit dan abu batu. *Universitas Lancang Kuning*, Pekanbaru.
- SNI 1970. 2016. Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI ASTM C136. 2012. Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasarI: Badan Standardisasi Nasional
- Triyatno, D., Cahyo, Y., Ridwan, A., & Karisma, D. A. (2021). Penelitian Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Ampas Tahu. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(1), 40-45.

## Identifikasi Risiko pada Pekerjaan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung sebagai Tempat Tinggal

### *Identification of Risks in Building Construction Projects as Residential Works*

**Puguh Novi Prasetyono<sup>1</sup>, Hasan Dani<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Puguh Novi Prasetyono. Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya Email: [puguhprasetyono@unesa.ac.id](mailto:puguhprasetyono@unesa.ac.id)

<sup>2</sup> Hasan Dani. Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya Email: [hasandani@unesa.ac.id](mailto:hasandani@unesa.ac.id)

#### **Abstrak**

Perpindahan masyarakat ke kota untuk mencari pekerjaan tentunya juga sejalan dengan meningkatnya akan kebutuhan tempat tinggal seperti rumah susun, apartemen, serta bangunan gedung lain yang difungsikan sebagai tempat tinggal. Proses pembangunan Gedung konstruksi merupakan suatu kegiatan yang kompleks dan melibatkan banyak pihak. Dengan kondisi tersebut membuat pekerjaan konstruksi menjadi tidak aman dan rentan terhadap beberapa risiko yang mungkin terjadi dan dapat berdampak negatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi risiko pada pekerjaan proyek konstruksi bangunan gedung sebagai tempat tinggal. Penelitian ini merupakan eksploratif deskriptif dengan responden dari praktisi industri konstruksi yang pernah yang pernah mengerjakan proyek gedung. Pengumpulan data menggunakan kuesioner dan wawancara langsung kepada para responden. Berdasarkan hasil pembahasan terdapat 13 sumber risiko yaitu *Planning* (Perencanaan), *Environmental* (Lingkungan), *Economic* (Ekonomi), *Financial* (Keuangan), *Political* (Politik), *Market* (Pemasaran), *Natural* (Alami), *Technical* (Teknik), *Human* (Manusia), *Project* Proyek, *Crime* (Kriminal), dan *Safety* (Keselamatan). Sedangkan ketidakpastian yang sering terjadi dari masing-masing sumber tersebut antara lain dampak sosial dan ekonomi, perijinan, inflasi, kerugian, perundang-undangan, persaingan, kondisi cuaca, kelengkapan desain, kelalaian, perencanaan dan penendalian, pencurian, tidak menaati K3.

**Kata Kunci:** Bangunan gedung; konstruksi; risiko

#### **Abstract**

*The movement of people to cities to look for work is of course also in line with the increasing need for housing like a flats, apartments, and other buildings that function as residences. The building construction process is a complex activity and involves many parties. This condition makes construction work unsafe and vulnerable to several risks that may occur and can have a negative impact. This study aims to identify risks in the construction project work of buildings as residences. This research is descriptive exploratory with respondents from construction industry practitioners who have worked on building projects. Collecting data using questionnaires and direct interviews with the respondents. Based on the results of the discussion, there are 13 sources of risk, namely Planning, Environmental, Economic, Financial, Political, Market, Natural, Technical, Human, Project, Crime, and Safety. While the uncertainty that often occurs from each of these sources includes social and economic impacts, licensing, inflation, losses, legislation, competition, weather conditions, completeness of design, negligence, planning and control, theft, disobeying K3.*

**Keywords:** Buildings; construction; risk

## **PENDAHULUAN**

Keadaan saat ini menggambarkan tren urbanisasi yang dilakukan oleh masyarakat, banyak masyarakat dari desa ke kota untuk mencari pekerjaan. (Fredriksson, dkk, 2022). Dengan

perpindahan masyarakat ke kota tentunya juga sejalan dengan meningkatnya akan kebutuhan tempat tinggal seperti rumah susun, apartemen, serta bangunan gedung lain yang difungsikan sebagai tempat tinggal. Hal tersebut mengakibatkan

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p42-47>

banyaknya proyek pelaksanaan pembangunan gedung sebagai tempat tinggal.

Proses pembangunan Gedung konstruksi merupakan suatu kegiatan yang kompleks dan melibatkan banyak pihak. Dengan kondisi tersebut membuat pekerjaan konstruksi menjadi tidak aman dan rentan terhadap beberapa risiko yang mungkin terjadi dan dapat berdampak negatif. (Forteza, dkk, 2022). Menurut beberapa penelitian menyebutkan bahwa risiko pada sektor konstruksi memiliki tingkat insiden yang paling tinggi di bandingkan dengan sektor- sektor industri lain (Zheng, 2011), (Forteza, dkk, 2022). Dengan demikian manajemen risiko syarat penting yang harus dilakukan pada proyek konstruksi. (El-Karim, 2017).

Manajemen risiko merupakan suatu proses sistematis yang dilakukan dengan tahapan untuk mengidentifikasi, menganalisis, menanggapi risiko yang ada dan memaksimalkan dampak positif dan meminimalkan dampak negati yang akan terjadi pada proyek konstruksi yang akan di kerjakan. (El-Karim, 2017). Risiko yang terjadi pada proyek konstruksi merupakan ketidakpastian suatu peristiwa yang bisa berdampak negatif ataupun positif pada tujuan proyek.

Banyak sekali sumber ketidakpastian pada proyek konstruksi, sumber ketidakpastian tersebut bisa dari faktor lingkungan, tenaga kerjanya, keterlibatan pihak lain, dan masih banyak lagi. Dampak dari sumber ketidakpastian itu memungkinkan suatu proyek konstruksi mengalami keterlambatan dalam proses penyelesaian proyek dari waktu yang telah di tentukan. (Faridi, 2006).

Keterlambatan proyek tersebut harus sebisa mungkin di hindari karena kunci dari keberhasilan manajemen konstruksi yaitu terselesaikannya proyek konstruksi sesuai dengan waktu, biaya dan jadwal yang telah di rencanakan dengan batasan mutu, keamanan dan lingkungan yang telah dipersyaratkan. (El-Karim, 2017). Tujuan proyek tersebut saling mempengaruhi antara satu dengan yang lain.

Terdapat beberapa penelitian yang dilakukan terkait ketidak pastian yang mengakibatkan risiko yang dapat terjadi dalam proyek konstruksi. Adapun penelitian yang dilakukan tersebut antara lain penelitian dengan judul *Environmental Risk Identification of Port Construction Project* pada penelitian ini membahas risiko saat pembangunan pelabuhan dan terjadi kebocoran bahan berbahaya dan mudah terbakar seta beracun yang dapan mencemari lingkungan dan mengancam keselamatan tenaga kerja sehingga di lakukan identifikasi dan penilaian risiko saat pembangunan pelabuhan (Zheng, 2011).

Penelitian lain yang dilakukan adalah penelitian yang berjudul *Significant factors causing delay in the UAE construction industry*. Dalam penelitian ini di lakukan identifikasi penyebab keterlambatan proyek yang berisiko berdampak buruk pada keberhasilan proyek. Pengambilan data di lakukan melalui survey ke kontraktor dan konsultan dan hasil identifikasi penyebabnya adalah Persetujuan gambar, data perencanaan yang tidak lengkap dan lambatnya proses pengambilan keputusan oleh owner adalah penyebab utama keterlambatan dalam industri konstruksi. (Faridi, 2006).

Kemudian di bahas juga tentang risiko terkait finansial atau biaya yang ada pada proyek konstruksi di libanon, dengan judul penelitian *Financial Risks Management within the Construction Projects*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa industri konstruksi di Lebanon terkena banyak sumber risiko, internal dan eksternal dan yang paling penting adalah risiko keuangan seperti: fluktuasi mata uang, inflasi, kurangnya solvabilitas, dll. (Pre-proofs, dkk, 2022).

Penelitian berikutnya adalah penelitian yang dilakukan di mesir yang berjudul *Identification and assessment of risk factors affecting construction projects* yang dimana penelitian ini melakukan identifikasi dan penilaian terhadap proyek konstruksi yang ada di mesir. Hasil dari penelitian ini teridentifikasi risiko pada proyek tersebut terjadi antara lain karena keterlambatan waktu pengiriman material, Kenaikan biaya yang tidak terduga, Efek overrun biaya dan overrun jadwal, adanya perubahan dan perkembangan yang terus menerus di lapangan, dan lain sebagainya. (El-Karim, 2017). Terdapat juga penelitian lain di mesir yang melakukan identifikasi terhadap risiko yang sering terjadi pada proyek konstruksi menggunakan metode AHP. Di dapatkan hasil risiko tertinggi pertama terkait dengan keuangan dan yang kedua terkait dengan desain. (Eskander, 2018). Penelitian ketiga yang ada di mesir adalah penelitian yang mengidentifikasi risiko dalam proyek pembangunan rumah dan bertujuan untuk meningkatkan kemampuan kontraktor dalam pengelolaan dan identifikasi risiko dalam pembangunan. (Nabawy, dkk, 2021).

Kemudian juga dilakukan penelitian terkait variabeel risiko pada proyek konstruksi di spanyol dan di dapatkan beberapa faktor pemicu risiko pada proyek kontruksi antara lain faktor sumberdaya pada proyek, kompleksitas struktur dan organisasi, kelengkapan kesehatan dan keselamatan kerja yang tersedia pada proyek, dan lain sebagainya. (Forteza, dkk, 2022).

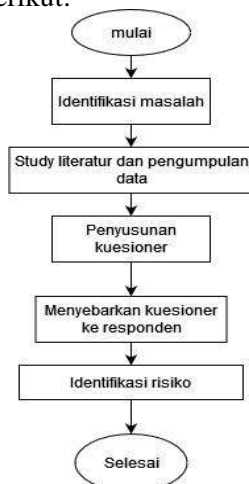
Pada proyek pembangunan gedung kampus juga pernah dilakukan penelitian terkait identifikasi risiko pada saat pembangunan kampus hasanuddin, dari penelitian tersebut ditemukan bahwa jenis kegiatan yang memiliki tingkat risiko ekstrim adalah mata terkena percikan api, kaki terinjak atau tertusuk besi, tersengat listrik atau korsleting saat menggunakan listrik. alat pemotong, dan terkena cat atau thinner sehingga pernapasan terganggu dan iritasi kulit. Sedangkan Resiko tertinggi adalah pekerjaan pemasangan rangka atap dengan resiko rangka atap roboh dan jatuh pada saat pemasangan. (Darwis, dkk, 2021).

Pada proyek pembanguna bandara sendiri pernah di kaji pada penelitian yang dilakukan di arab saudi Hasilnya, 54 risiko baru telah diidentifikasi dan diklasifikasikan ke dalam tiga tingkatan: internal, eksternal dan force majeure. dari risiko yang teridentifikasi saat ini sedang dinilai dan akan dilaporkan dalam penelitian selanjutnya. (Baghdadi, dkk, 2015).

Dari beberapa latar belakang tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi Risiko Pada Pekerjaan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung sebagai tempat tinggal.

## METODE

Penelitian ini merupakan eksploratif deskriptif dengan melibatkan responden dari praktisi industri konstruksi baik dari kontraktor maupun konsultan yang pernah yang pernah mengerjakan proyek konstruksi gedung yang difungsikan sebagai tempat tinggal. Total responden yang ada adalah 30 responden. Dan pengumpulan data menggunakan kuesioner dan wawancara langsung kepada para responden. Adapun diagram alur dalam penelitian ini dapat di lihat pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir pelaksanaan penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sumber Risiko

Setelah dilakukan studi literatur didapatkan beberapa variabel terkait sumber risiko dan penyebab risiko dalam proyek pembangunan konstruksi gedung. Adapun sumber risiko dan penyebab tersebut di gambarkan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Sumber risiko dan penyebab

Sumber Risiko	Perubahan dan Ketidakpastian, karena
<i>Planning</i> (Perencanaan)	Persyaratan perjanjian, kebijakan, tata guna lahan, dampak sosial dan ekonomi, opini publik
<i>Environmental</i> (Lingkungan)	Bencana Alam, Pencemaran lingkungan, perijinan, kebijakan perusahaan, kebisingan, perundang-undangan yang berkaitan dengan lingkungan, dampak lingkungan sekitar.
<i>Economic</i> (Ekonomi)	Perpajakan, inflasi, nilai tukar, suku bunga, kebijakan keuangan.
<i>Financial</i> (Keuangan)	Pemasukan, upah, kerugian, keuntungan, asuransi, kebangkrutan
<i>Political</i> (Politik)	Perubahan ideologi, perundang-undangan, kecacauan, kebijakan pemerintah, opini publik.
<i>Market</i> (Pemasaran)	Persaingan, perkiraan, keuangan, kepuasan, pelanggan.
<i>Natural</i> (Alami)	Kondisi cuaca, tanah, kebakaran, bencana alam ,situs arkeologi.
<i>Technical</i> (Teknik)	Efisiensi operasional, keandalan, kelengkapan desain.kemahiran.
<i>Human</i> (Manusia)	Tidak kompeten, kelalaian, budaya, kerja keras, kelelahan, kesalahan.
<i>Project</i> Proyek	Standar, kepemimpinan, organisasi, perencanaan dan pengendalian, rencana kerja, sumber daya, komunikasi, budaya, strategi pengadaan, persyaratan kerja.
<i>Crime</i> (Kriminal)	Pencurian, kerusakan, korupsi, penipuan.
<i>Safety</i> (Keselamatan)	Zat berbahaya, keruntuhan, banjir, kebakaran, peraturan K3, terjatuh, tidak menaati K3.



**Planning (Perencanaan)**

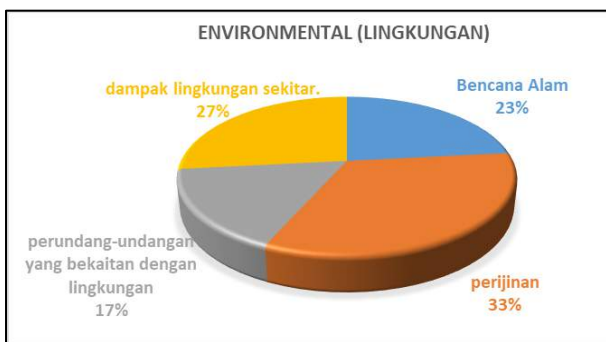
Pada sumber risiko *planning* (perencanaan) adanya ketidakpastian atau risiko paling besar adalah dampak sosial dan ekonomi 40% dilanjutkan dengan tataguna lahan 27% Kemudianpersyaratan perjanjian 20% dan terakhir kebijakan 13% dapat kita lihat pada Gambar 2 berikut ini



Gambar 2. Sumber risiko Planning (Perencanaan)

**Environmental (Lingkungan)**

Pada sumber *Environmental* (Lingkungan) adanya ketidakpastian atau risiko paling besar adalah perijinan 33% dilanjutkan dengan dampak lingkungan sekitar 27% Kemudian bencana alam 23% dan terakhir alah perundang-undangan yang berkaitan dengan lingkungan 17% dapat kita lihat pada Gambar 3 berikut ini



Gambar 3. Sumber risiko Environmental (Lingkungan)

**Ekonomic (Ekonomi)**

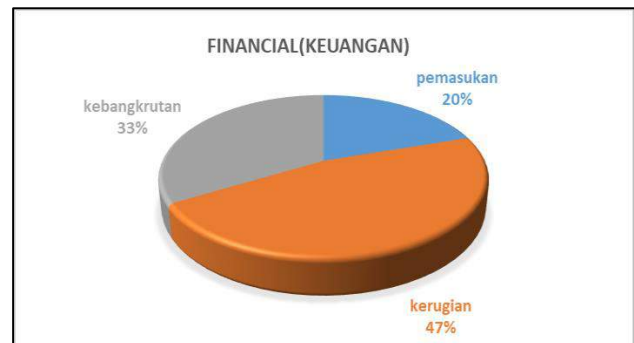
Pada sumber *Ekonomic* (Ekonomi) adanya ketidakpastian atau risiko paling besar adalah inflasi 60% dilanjutkan dengan suku bunga 33% Kemudian perpajakan 7% dapat kita lihat pada Gambar 4 berikut ini



Gambar 4. Sumber risiko Economic (Ekonomi)

**Financial (Keuangan)**

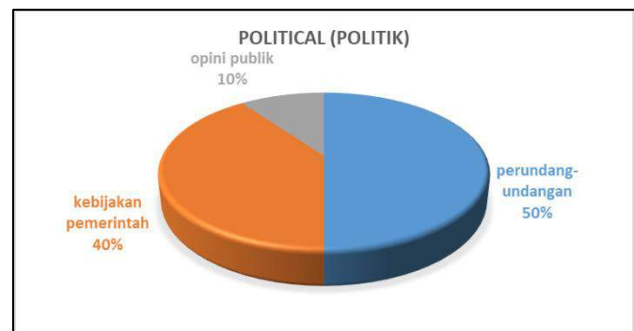
Pada sumber *Financial* (Keuangan) adanya ketidakpastian atau risiko paling besar adalah kerugian 47% dilanjutkan dengan Kebangkrutan 33% Kemudian Pemasukan 20% dapat kita lihat pada Gambar 5 berikut ini



Gambar 5. Sumber risiko Financial (Keuangan)

**Political (Politik)**

Pada sumber *Political* (Politik) adanya ketidakpastian atau risiko paling besar adalah perundang-undangan 50% dilanjutkan dengan kebijakn pemerintah 40% Kemudian opini publik 10% dapat kita lihat pada Gambar 6 berikut ini



Gambar 6. Sumber risiko Political (Politik)

### Market (Pemasaran)

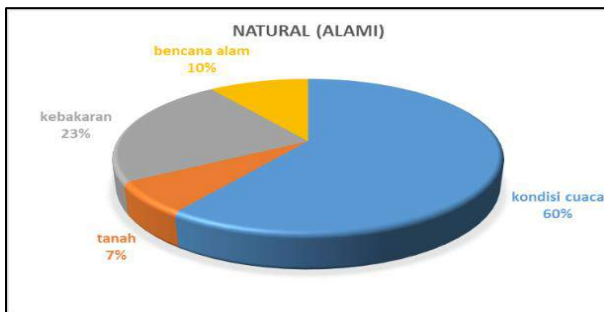
Pada sumber *Market* (Pemasaran) adanya ketidakpastian atau risiko paling besar adalah persaingan 40% dilanjutkan dengan keuangan 33% Kemudian kepuasan 27% dapat kita lihat pada Gambar 7 berikut ini



Gambar 7. Sumber risiko Market (Pemasaran)

### Natural (Alami)

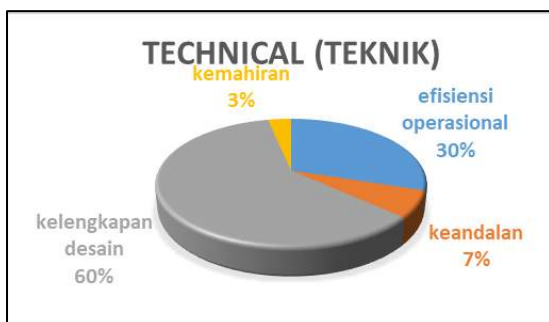
Pada sumber *Natural* (Alami) adanya ketidakpastian atau risiko paling besar adalah kondisi cuaca 60% dilanjutkan dengan kebakaran 26% Kemudian bencana alam 10% dan tanah 7% dapat kita lihat pada Gambar 8 berikut ini



Gambar 8. Sumber risiko Natural (Alami)

### Technical (Teknik)

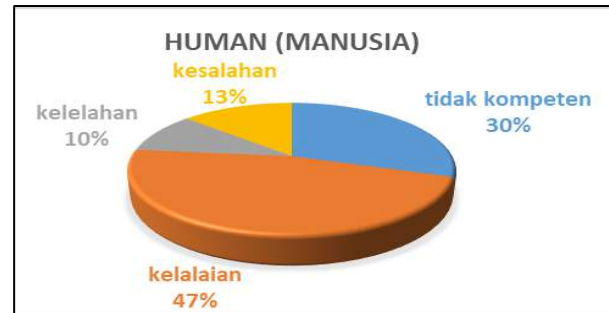
Pada sumber *Technical* (Teknik) adanya ketidakpastian atau risiko paling besar adalah kelengkapan desain 60% dilanjutkan dengan efisiensi operasional 30% Kemudian keandalan 7% dan kemahiran 3% dapat kita lihat pada Gambar 9 berikut ini



Gambar 9. Sumber risiko Technical (Teknik)

### Human (Manusia)

Pada sumber *Human* (Manusia) adanya ketidakpastian atau risiko paling besar adalah kelalaian 47% dilanjutkan dengan tidak kompeten 30% Kemudian kesalahan 13% dan kelelahan 10% dapat kita lihat pada Gambar 10 berikut ini



Gambar 10. Sumber risiko Human (Manusia)

### Project Proyek

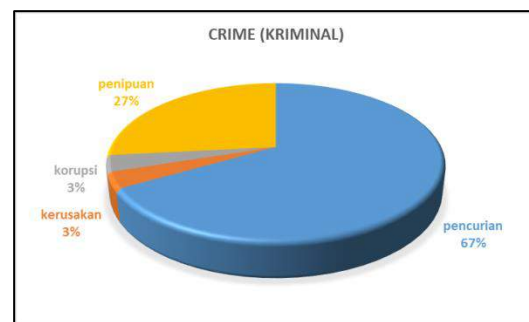
Pada sumber *Project* Proyek adanya ketidakpastian atau risiko paling besar adalah perencanaan dan penendalian 50% dilanjutkan dengan sumber daya 23% Kemudian rencana kerja 17%, strategi pengadaan 7%, persyaratan kerja 3% dapat kita lihat pada Gambar 11 berikut ini



Gambar 11. Sumber risiko Project Proyek

### Crime (Kriminal)

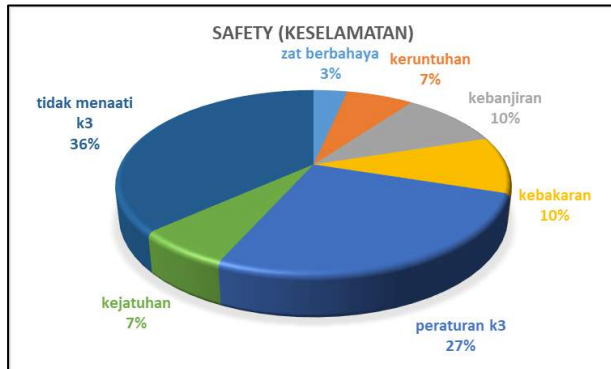
Pada sumber *Crime* (Kriminal) adanya ketidakpastian atau risiko paling besar adalah pencurian 67% dilanjutkan dengan penipuan 27% Kemudian korupsi dan kerusakan sama-sama pada angka 3% dapat kita lihat pada Gambar 12 berikut ini



Gambar 12. Sumber risiko Crime (Kriminal)

### Safety (Keselamatan)

Pada sumber *Safety* (Keselamatan) adanya ketidakpastian atau risiko paling besar adalah tidak menaati k3 36% dilanjutkan dengan peraturan k3 27% Kemudian kebakaran dan banjir sama-sama pada angka 10%, keruntuhan 7%, dan terakhir zat berbahaya 3% dapat kita lihat pada Gambar 13 berikut ini



Gambar 13. Sumber risiko Safety (Keselamatan)

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan tersebut maka terdapat 13 sumber risiko yaitu *Planning* (Perencanaan), *Environmental* (Lingkungan), *Economic* (Ekonomi), *Financial* (Keuangan), *Political* (Politik), *Market* (Pemasaran), *Natural* (Alami), *Technical* (Teknik), *Human* (Manusia), *Project* Proyek, *Crime* (Kriminal), dan *Safety* (Keselamatan).

Sedangkan ketidakpastian yang sering terjadi dari masing-masing sumber tersebut antara lain dampak sosial dan ekonomi, perijinan, inflasi, kerugian, perundang-undangan, persaingan, kondisi cuaca, kelengkapan desain, kelalaian, perencanaan dan penendalian, pencurian, tidak menaati k3.

Untuk penelitian berikutnya dapat di lanjutkan ke penilaian risiko, pengembangan strategi untuk mengelolanya serta mitigasi risiko dan jika memungkinkan menambahkan jumlah responden untuk identifikasi agar hasil data yang di dapatkan semakin baik.

### REFERENSI

A. Fredriksson, A. A. Sezer, V. Angelakis, and D. Gundlegård, "Construction related urban disturbances: Identification and linking with an IoT-model," *Autom. Constr.*, vol. 134, no. October 2021, p. 104038, 2022, doi: 10.1016/j.autcon.2021.104038.

- F. J. Forteza, J. M. Carretero-Gómez, and A. Sesé, "Organizational factors and specific risks on construction sites," *J. Safety Res.*, vol. 81, pp. 270–282, 2022, doi: 10.1016/j.jsr.2022.03.004.
- L. Zheng, B. Zhao, H. Wang, and H. Liu, "Environmental risk identification of port construction project," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 10, no. PART C, pp. 2783–2787, 2011, doi: 10.1016/j.proenv.2011.09.431.
- M. S. B. A. Abd El-Karim, O. A. Mosa El Nawawy, and A. M. Abdel-Alim, "Identification and assessment of risk factors affecting construction projects," *HBRC J.*, vol. 13, no. 2, pp. 202–216, 2017, doi: 10.1016/j.hbrcj.2015.05.001.
- A. S. Faridi and S. M. El-Sayegh, "Significant factors causing delay in the UAE construction industry," *Constr. Manag. Econ.*, vol. 24, no. 11, pp. 1167–1176, 2006, doi: 10.1080/01446190600827033.
- J. Pre-proofs *et al.*, "Financial risks management within the construction projects Financial Risks Management within the Construction Projects Financial Risks Management within the Construction Projects," *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, 2022, doi: 10.1016/j.jksues.2022.05.001.
- R. F. A. Eskander, "Risk assessment influencing factors for Arabian construction projects using analytic hierarchy process," *Alexandria Eng. J.*, vol. 57, no. 4, pp. 4207–4218, 2018, doi: 10.1016/j.aej.2018.10.018.
- M. Nabawy, G. Ofori, M. Morcos, and C. Egbu, "Risk identification framework in construction of Egyptian mega housing projects," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 12, no. 2, pp. 2047–2056, 2021, doi: 10.1016/j.asej.2020.09.016.
- A. Muflihah Darwis, M. Furqaan Nai'em, Y. Thamrin, Noviponiharwani, S. Rahmadani, and F. Amin, "Safety risk assessment in construction projects at Hasanuddin University," *Gac. Sanit.*, vol. 35, pp. S385–S387, 2021, doi: 10.1016/j.gaceta.2021.10.057.
- A. Baghdadi and M. Kishk, "Saudi Arabian Aviation Construction Projects: Identification of Risks and Their Consequences," *Procedia Eng.*, vol. 123, pp. 32–40, 2015, doi: 10.1016/j.proeng.2015.10.054.

## Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan

### *Planning for Clean Water Distribution System at Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan*

**Anton Cristiyani<sup>1</sup>, Anna Rosytha<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil , Fakultas Teknik, Universitas Mumammadiyah Surabaya, Jl. Sutorejo No. 59  
Surabaya.

Telp: (031) 3811966. Email : [anton.cristiyani@gmail.com](mailto:anton.cristiyani@gmail.com)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil , Fakultas Teknik, Universitas Mumammadiyah Surabaya, Jl. Sutorejo No. 59  
Surabaya.

Telp: (031) 3811966. Email : [annarosytha79@gmail.com](mailto:annarosytha79@gmail.com)

#### **Abstrak**

Kecamatan Maduran yang terdiri dari 17 desa berada di Kabupaten Lamongan merupakan salah satu daerah yang mengalami peningkatan jumlah penduduk yang cukup tinggi tetapi tidak diimbangi dengan peningkatan distribusi air minum yang baik, sehingga daerah ini sering mengalami kesulitan air bersih khususnya di musim kemarau. Dalam studi ini dilakukan perencanaan distribusi air bersih SPAM yang akan diambilkan IPAM Kecamatan Sekarang, dimana berdasarkan data dari Perum Jasa Tirta IPAM Sekarang memiliki debit 30 l/dtk dan hanya melayani dengan besaran debit 15,18 l/dtk. Sehingga memiliki cadangan debit 14,82 l/dtk. Cadangan debit ini yang akan dihitung sampai berapa besar dapat didistribusikan ke Kecamatan Maduran dengan menggunakan data pertumbuhan penduduk 10 tahun kedepan. Dengan menggunakan metode geometri diketahui perkiraan jumlah penduduk sampai dengan tahun 2029 sebesar 39.929 Jiwa dengan kebutuhan air bersih sebesar 55,47 lt/dt sehingga dari hasil perhitungan didapatkan sisa debit dari IPAM Serkarang hanya mampu mengairi 4 desa dengan total kebutuhan 12,22 l/dtk pada jam puncak. Hasil Analisis dengan *Watercad* V8i didapatkan diameter pipa yang efisien adalah 150mm dan 100mm. Sistem distribusi yang dapat digunakan adalah sistem bercabang dengan *pump system* dan menggunakan konsep *intermittent system*.

**Kata Kunci:** SPAM; maduran; *watercad*; *intermittent system*

#### **Abstract**

*Kecamatan Maduran which consists of 17 villages located at Kabupaten Lamongan is one of the areas that increases the population quite high but does not increase with an increase in good air distribution, so this area often experiences clean water difficulties in the dry season. In this study, planning for the distribution of clean water for SPAM to be taken by IPAM Kecamatan Sekaran, based on data from Perum Jasa Tirta IPAM Now has a debit of 30 l/s and only serves with a discharge of 15.18 l/s. So it has a debit reserve of 14.82 l/s. This debit reserve will be calculated to what extent it can be distributed to the Kecamatan Maduran using population growth data for the next 10 years. By using the geometric method, it is known that the estimated population up to 2029 is 39,929 people with a clean water requirement of 55.47 l/sec so that from the calculation of the remaining discharge from the IPAM Sekaran, it is only able to irrigate 4 villages with a total need of 12.22 l/s in peak hour. The results of the analysis with Watercad V8i obtained that the efficient pipe diameters are 150mm and 100mm. The distribution system that can be used is a branched system with a pump system and uses the concept of an intermittent system*

**Keywords:** SPAM; maduran; *watercad*; *intermittent system*



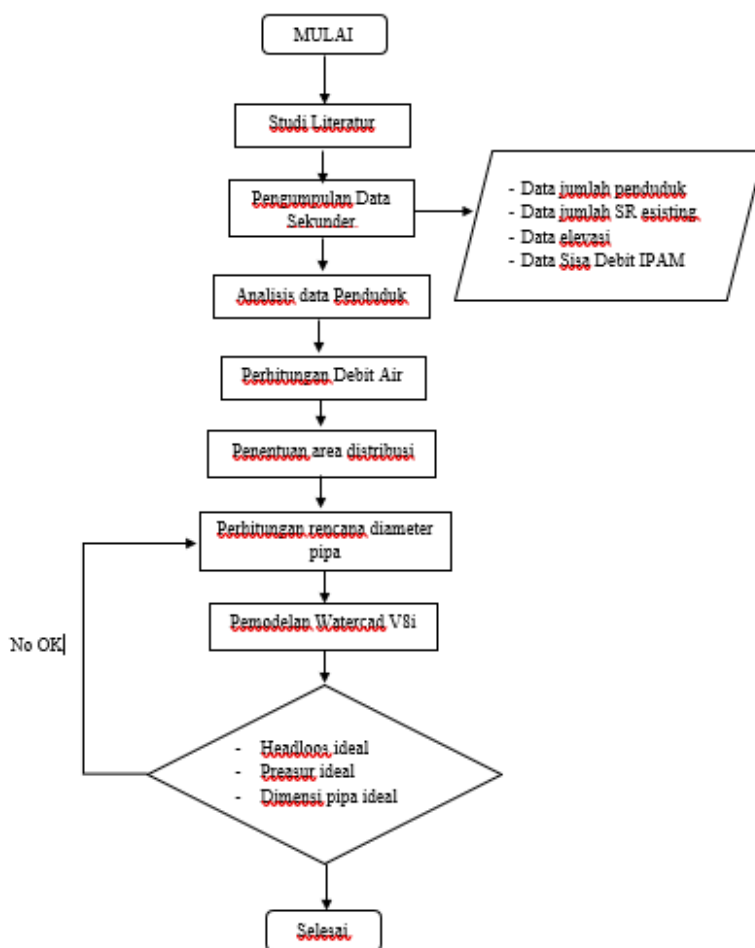
## PENDAHULUAN

Air memiliki peran yang penting bagi kehidupan makhluk hidup, tanpa air semua makhluk hidup yang ada di bumi akan mati. Maka dari itu air salah satu kebutuhan pokok bagi semua makhluk hidup, terutama bagi manusia.

Ketersediaan air bersih di sekitar wilayah bendung gerak Babat Sungai Bengawan Solo mencakup Kecamatan Babat, Kecamatan Sekaran, Kecamatan Maduran, Kecamatan Widang, dan Kecamatan Laren. Di Kecamatan tersebut sangat dibutuhkan oleh masyarakat untuk ketersediaan air bersih, dimana Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo masuk pada wilayah kerja Perum Jasa Tirta I atau juga disebut PJT 1. Maka sesuai dengan tugasnya untuk menyelenggarakan pemanfaatan umum atas air dan sumber-sumber air yang bermutu dan memadai bagi pemenuhan hajat hidup orang banyak. Sistem Penyedia Air Minum (SPAM) Sekaran, mulai operasional pada bulan April tahun 2012 dengan kapasitas Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) 30 liter/detik, sampai dengan akhir bulan Maret 2019, jumlah pelanggan SPAM Sekaran adalah 3.523 SR, dan kapasitas yang terserap adalah hanya 15 liter/detik. ( Sumber: Master Plan Bisnis Sistem Penyediaan Air Minum PJT 1 2019.

Maka SPAM Sekaran memiliki kelebihan produksi 15 liter/detik. Sehingga deviasi tersebut akan di optimalkan ke area yang berpotensi mendapatkan layanan. sehubungan lokasi Kecamatan Maduran berbatasan langsung dengan Kecamatan Sekaran dan pipa induk SPAM Sekaran berada di perbatasan Kecamatan, maka Kecamatan Maduran lah yang paling ideal untuk mendapatkan layanan distribusi air bersih dari SPAM Sekaran . Untuk pendistribusian air bersih, maka dalam melakukan studi perlu diketahui jumlah proyeksi penduduk supaya debit yang dibutuhkan diketahui, mencari besaran diameter pipa yang akan digunakan, serta melakukan analisis menggunakan *Watercad V8i*.

## METODE



Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

### Pengumpulan Data

Pemodelan ini menggunakan data primer. Data primer yang digunakan adalah data sisa debit SPAM Sekaran, kapasitas pompa existing, data penduduk dari BPS tahun 2017 s/d 2020, serta data topografi yang diambil dari pengolahan elevasi dari garis kontur yang dibuat dari peta DEMNAS melalui program *Globalmapper*.

### Analisis Data

Data data yang di analisis adalah proyeksi pelanggan, yang di analisis dari jumlah pertumbuhan penduduk selama 10 tahun dari 2019 sampai dengan 2029, dalam penentuan 3(tiga) metode, yaitu metode Aritmatik, metode Geometri dan metode *Least Square*. Dari ketiga metode tersebut yang digunakan adalah metode yang nilai

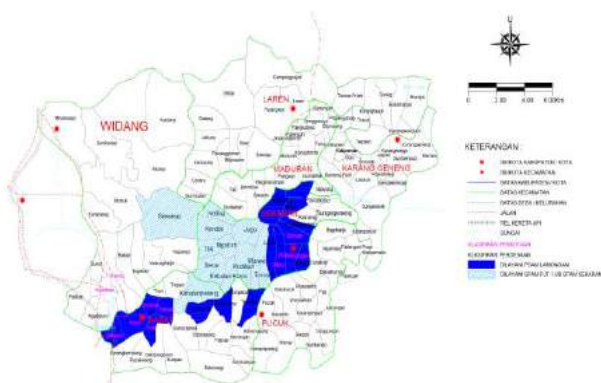
<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p48-58>

korelasinya mendekati 1. Setelah jumlah penduduk diketahui maka dapat dihitung besaran debit yang dibutuhkan dalam 10 tahun yang akan datang. Setelah Proyeksi jumlah pelanggan dan debit yang dibutuhkan maka perlu dihitung diameter pipa yang dibutuhkan dalam penyaluran air bersih ke pelanggan. Dari data-data yang di sebut diatas maka dapat kita analisis menggunakan permodelan aplikasi Watercad V8i, menggambar jalur pipa distribusi utama, dengan input diametr pipa, jenis pipa, nilai kekasaran pipa menurut Hazen william's, Serta menentukan Node-node pada *watercad*, dengan menginput, elevasi, dan debit demand, lalu dapat di analisis menggunakan *watercad* .

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Wilayah penelitian dalam tugas akhir ini adalah wilayah Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan, yang mana wilayah tersebut belum mendapatkan layanan air minum baik dari PJT 1.

Kecamatan Maduran yang terletak pada koordinat 7°00'16" bujur timurdan 112°16'15" lintang selatan dengan total luasan wilayah 30,35 km<sup>2</sup> dengan rata-rata ketinggian 9,29 meter diatas permukaan laut (mdpl), yang terdiri dari 17 desa dapat dilihat pada Gambar 1



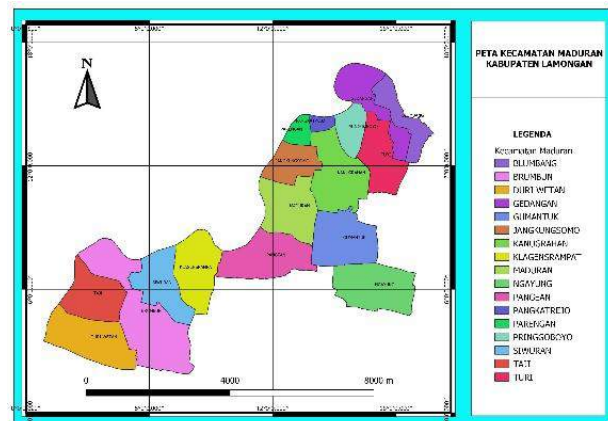
Gambar 2. Peta Lokasi penelitian.  
Sumber : Hasil pengolahan Data dengamm Quantum GIS

Berdasarkan Laporan jumlah pelanggan/sambungan rumah (SR) Unit Produksi SPAM Sekaran PJT 1, sampai dengan akhir bulan Maret 2019 jumlah pelanggan SPAM Sekaran adalah 3.523 SR, yang terletak di 12 desa 3 Kecamatan. Perkembangan jumlah pelanggan tiap tahunnya berdasarkan pencataan Perusahaan Umum Jasa Tita 1 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perkembangan Sambungan Rumah SPAM Sekaran sampai tahun 2019

No	Wilayah Pelayanan	Tahun				
Wilayah I		2015	2016	2017	2018	2019
1	Desa Keting	129	133	135	135	135
2	Desa Kendel	338	339	340	340	340
3	Desa Titik	148	148	147	147	147
4	Desa Ngarum	188	191	194	194	194
Jumlah		803	811	818	816	816
Wilayah II						
1	Desa Besur	226	228	232	232	232
2	Desa Kebalan Kulon	343	354	355	355	355
3	Desa Kudikan	345	354	367	367	367
Jumlah		914	936	954	954	954
Wilayah III						
1	Desa Jugo	310	323	332	331	331
2	Desa manyar	621	628	634	633	633
3	Desa Kebal	310	312	313	312	312
Jumlah		1241	1263	1279	1277	1276
Wilayah IV						
1	Troso	0	296	296	296	296
2	Simorejo				180	
Jumlah					476	
Total		2958	3306	3347	3523	3522

Sumber : Perum Jasa Tirta 1 “Laporan jumlah SR (2019)”



Gambar 3. Area Layanan SPAM Sekaran (2019)

Area yang menjadi tinjauan penelitian berada pada Kecamatan Maduran. Beberapa permasalahan yang terjadi kurangnya suplai air bersih yang layak konsumsi, sering terjadi kekeringan pada waktu musim kemarau.

Berdasarkan dari observasi lapang diketahui bahwa di Kecamatan Sekaran yang bersebelahan dengan Kecamatan Maduran, kebutuhan air bersih yang layak di konsumsi sudah terpenuhi, maka dari itu perlu adanya pengembangan layanan SPAM

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p48-58>

Sekarang kearah Kecamatan Maduran. Dalam pelaksanaan perencanaan perlu dikaji terlebih dahulu kebutuhan debit air bersih 10 tahun yang akan datang, pada Kecamatan Maduran dengan cara menghitung pertumbuhan penduduk di kecamatan tersebut.

Dimana jumlah desa di Kecamatan Maduran terdiri dari 17 desa dengan jumlah penduduk 39,912 jiwa terdiri dari 14,269 KK, dengan rata-rata 3 orang dalam 1 KK, serta jumlah kepadatan di Kecamatan Maduran 479, dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Penduduk Tahun 2019

No	Desa	Luas (Km <sup>2</sup> )	Penduduk (Jiwa)	Rumah Tangga	Rata-Rata Per Rumah Tangga
1	Durwetan	2,47	2842	1151	3
2	Taji	1,83	2288	1250	3
3	Brumbun	3,93	2177	554	3
4	Siwuran	1,69	1482	877	3
5	Klagersram	1,71	1880	1099	3
6	Pangean	2,31	3218	1393	3
7	Gumantuk	2,55	2242	879	3
8	Ngayung	2,74	1159	423	3
9	Maduran	2,00	2641	1321	3
10	Jangkung	0,58	1055	1819	3
11	Parengan	0,84	3941	4692	3
12	Pangkatrejo	0,15	2658	17720	3
13	Pringoboyo	0,89	2740	3079	3
14	Kanugrahan	2,56	3060	1195	3
15	Turi	1,88	2002	1065	3
16	Gedangan	1,22	3020	2475	3
17	Blumbangan	1,00	1507	1507	3
Jumlah		93,10	39,912	14,269	479

Sumber: BPS Kematan Maduran dalam angka 2020

### Laju Pertumbuhan Penduduk

Tabel 3. Pertumbuhan penduduk 2016-2019

No	Desa	Klasifikasi Wilayah	Penduduk (Jiwa) 2015	Penduduk (Jiwa) 2019
1	Durwetan	Perdesaan	2818	2842
2	Taji	Perdesaan	2250	2288
3	Brumbun	Perdesaan	2153	2177
4	Siwuran	Perdesaan	1472	1482
5	Klagersram	Perdesaan	1838	1880
6	Pangean	Perdesaan	3105	3218
7	Gumantuk	Perdesaan	2614	2242
8	Ngayung	Perdesaan	2752	1159
9	Maduran	Perdesaan	2234	2641
10	Jangkung	Perdesaan	1123	1055
11	Parengan	Perdesaan	2611	3941
12	Pangkatrejo	Perdesaan	994	2658
13	Pringoboyo	Perdesaan	2959	2740
14	Kanugrahan	Perdesaan	3906	3060
15	Turi	Perdesaan	3039	2002
16	Gedangan	Perdesaan	1983	3020
17	Blumbangan	Perdesaan	1489	1507
Jumlah			39,340	39,912

Untuk mendapatkan proyeksi penduduk yang akurat, dilakukan perhitungan laju pertumbuhan penduduk dengan menggunakan salah satu 3 metode. Yaitu adalah metode aritmatik, metode geometrik, metode last square. Dalam menentukan metode mana yang dipakai perlu di ketahui jumlah penduduk dari tahun 2016 – 2019, data tersebut dapat dilihat pada tabel 3.

Sumber: BPS Kematan Maduran dalam angka 2017-2020

Penentuan metode yang dipakai perlu dicari nilai korelasinya ( r ) untuk tiap-tiap metode, dimana nilai korelasi yang mendekati 1 maka metode tersebutlah yang akan dipakai untuk menghitung rata-rata pertumbuhan penduduk 10 tahun yang akan datang (2029), rumus perhitungan dapat dilihata pada persamaan [1] yang dipakai adalah sebagai berikut

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum Y)(\sum X)}{\sqrt{[n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2][n(\sum X^2) - (\sum X)^2]}} \dots\dots\dots[1]$$

Dalam penyelesaiannya dengan metode aritmatik dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan proyeksi penduduk Kecamatan Maduran dengan metode Aritmatik

No	Tahun	Jumlah	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	2016	35527	-	-	-	-	-
2	2017	37279	1	1752	1752	1	3069
3	2018	37554	2	275	550	4	75
4	2019	39912	3	2358	7074	9	5560
Jumlah		150272	6	4385	9376	14	8705

$$r = \frac{4(9,376) - (6)(4,385)}{\sqrt{[4(8,705,293) - (4,385)^2][4(14) - (6)^2]}}$$

$$r = 0.364$$

Dalam penyelesaiannya dengan metode geometrik dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5. Perhitungan proyeksi penduduk Kecamatan Maduran dengan metode Geometrik

No	Tahun	Jumlah	X	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	2016	35527	1	10,478	10,478	1	109,79
2	2017	37279	2	10,526	21,052	4	110,80
3	2018	37554	3	10,534	31,601	9	110,96
4	2019	39912	4	10,594	42,378	16	112,24
Jumlah		150272	10	42,13	105,509	30	443,79

$$r = \frac{4(105.509) - (10)(42.13)}{\sqrt{[4(443.79) - (42.13)^2][4(30) - (10)^2]}}$$

$$r = 0.964$$

Dalam penyelesaiannya dengan metode last square dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan proyeksi penduduk Kecamatan Maduran dengan metode Last Square

No	Tahun	Y	X	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	2016	35527	1	35527	1	1262167729
2	2017	37279	2	74558	4	1389723841
3	2018	37554	3	112662	9	1410302916
4	2019	39912	4	159648	16	1592967744
Jumlah		150272	10	382,395	30	5655162230

$$r = \frac{4(382,395) - (10)(150,272)}{\sqrt{[4(5,655,162,230) - (150,272)^2][4(30) - (10)^2]}}$$

$$r = 0.962$$

Maka hasil nilai korelasi yang mendekati nilai 1 adalah dengan metode geometrik, sedangkan untuk menghitung nilai rata-rata (r) prosentase pertumbuhan penduduk dengan metode geometrik, maka digunakan persamaan [2] sebagai berikut :

$$r = \left[ \frac{Pn}{P0} \right]^{\frac{1}{n}} - 1 \dots\dots\dots[2]$$

Hasil perhitungan menggunakan persamaan di atas dapat dilihat di tabel 7

Tabel 7. Rata-rata pertumbuhan Penduduk

No	Tahun	Jumlah Penduduk	Rata-rata Pertumbuhan Penduduk
1	2016	35,527	
2	2017	37,279	0,0493
3	2018	37,554	0,0074
4	2019	39,912	0,0628
Rata-rata		37,568	0,0398

### Perhitungan Pertumbuhan Penduduk

Pertumbuhan penduduk pada 10 tahun yang akan datang di gunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan air yang akan didistribusikan. Maka hasil perhitungan pertumbuhan penduduk 10 tahun yang akan datang dengan dasar data penduduk di tahun 2019, akan di ketahui jumlah penduduk pada tahun 2029 menggunakan metode Geometrik, dapat dilihat pada tabel 8, dan digunakan persamaan [3] sebagai berikut:

$$Pn = P0 + (1 + r)^n \dots\dots\dots[3]$$

Tabel 8. Perhitungan pertumbuhan penduduk

No	Desa	Klasifikasi Wilayah	Penduduk (Jiwa) 2019	Tahun 2029
1	Durwetan	Perdesaan	2842	2843
2	Taji	Perdesaan	2288	2289
3	Brumbun	Perdesaan	2177	2178
4	Siwuran	Perdesaan	1482	1483
5	Klagensram	Perdesaan	1880	1881
6	Pangean	Perdesaan	3218	3219
7	Gumantuk	Perdesaan	2242	2243
8	Ngayung	Perdesaan	1159	1160
9	Maduran	Perdesaan	2641	2642
10	Jangkung	Perdesaan	1055	1056
11	Parengan	Perdesaan	3941	3942
12	Pangkatrejo	Perdesaan	2658	2659
13	Pringgoboyo	Perdesaan	2740	2741
14	Kanugrahan	Perdesaan	3060	3061
15	Turi	Perdesaan	2002	2003
16	Gedangan	Perdesaan	3020	3021
17	Blumbangan	Perdesaan	1507	1508
Jumlah			39,912	14,937

### Merencanakan kebutuhan debit air

Dalam sistem penyediaan air minum hal yang sangat menentukan adalah dengan menghitung kebutuhan debit di masing-masing desa, dengan dasar jumlah demand.

Dalam perhitungan kebutuhan air di Kecamatan Maduran 10 tahun yang kedepan perlu diketahui kebutuhan penggunaan air dalam liter/orang/hari, dan juga penentuan besaran debit pada jam puncak, serta diperlukannya *sefety factor* tingkat kebocoran saat *maintenance* sebesar 20%. dapat dilihat pada tabel 9.



Tabel 9. Kriteria Perencanaan Air Bersih

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		> 1 Juta	500 ribu s/d 1 juta	100 ribu s/d 500 ribu	20 ribu s/d 100 ribu	< 20 ribu
		Kota Metro politan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
1	Konsumsi Unit Sambungan rumah SR (liter/ org/ hr)	>150	150-120	90-120	80-120	60-80
2	Konsumsi Unit Hidran (liter/ org/ hr)	20-40	20-40	20-40	20-40	20-40
3	Konsumsi Unit Non Domestik					
	a. Niaga Kecil (liter/ org/ hr)	600-900	600-900		600-900	
	b. Niaga Besar (liter/ org/ hr)	1000-5000	1000-5000		1000-5000	
	c. Industri besar (liter/ org/ hr)	0,2-0,8	0,2-0,8		0,2-0,8	
d. pariwisata (liter/ org/ hr)	0,1-0,3	0,1-0,3		0,1-0,3		
4	Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor Hari Maksimum	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,25
6	Faktor Jam Puncak	1,75-20	1,75-20	1,75-20	1,75-20	1,75-20
7	Jumlah Jiwa per SR	5	5	5	5	5
8	Jumlah Jiwa per HU	100	100	100	100	100
9	Sisa Tekan di Penyediaan (meter)	10	10	10	10	10
10	Jam Operasi	24	24	24	24	24
11	Volume (% Max Day Demand)	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
12	SR : HU	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20	80:20	80:20
13	Cakupan Pelayanan	90	90	90	90	90

Sumber: Kreteria perencanaan Ditjen Cipta Karya PU, 1996

Tabel 10. Nilai faktor jam puncak pada setiap jenis pipa

Faktor	Pipa Distribusi Utama	Pipa Distribusi Pembawa	Pipa Distribusi Pembagi
Jam Puncak	1,15-1,7	2	3

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomer 18 tahun 2007

Adapun contoh perhitungan debit air yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Jumlah penduduk Desa Duri Wetan = 2.843 Jiwa
- Q (Debit) kebutuhan air Pedesaan = 80 lt/org/hr = 0,0009259 lt/org/dt
- Jam puncak = 1,25 lt/org/dt (dapat dilihat pada tabel 10)
- Factor kebocoran 20%
 
$$(((2.843 \times 0,0009259) \times 1,25) \times 1,2]$$

$$= 3,95 \text{ lt/dt}$$

Dan hasil perhitungan debit air pada 17 desa di Kecamatan Maduran pada tahun 2029 dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Perhitungan debit air pada Tahun 2029

No	Nama Desa	Jumlah Pddk Th 2019	Debit L/org/dt	Faktor Jam Puncak	Kebocoran %	Total Kebutuhan
1	Durwetan	2843	2,03	3,29	20%	3,95
2	Taji	2289	2,12	2,65	20%	3,18
3	Brumbun	2178	2,02	2,52	20%	3,03
4	Siwuran	1483	1,37	1,72	20%	2,06
5	Klagensram	1881	1,74	2,18	20%	2,61
6	Pangean	3219	2,98	3,73	20%	4,47
7	Gumantuk	2243	2,08	2,60	20%	3,12
8	Ngayung	1160	1,07	1,34	20%	1,61
9	Maduran	2642	2,45	3,06	20%	3,67
10	Jangkung	1056	0,98	1,22	20%	1,47
11	Parengan	3942	3,65	4,56	20%	5,48
12	Pangkatrejo	2659	2,46	3,08	20%	3,69
13	Pringgoboyo	2741	2,54	3,17	20%	3,81
14	Kanugrahan	3061	2,83	3,54	20%	4,25
15	Turi	2003	1,86	2,32	20%	2,78
16	Gedangan	3021	2,80	3,50	20%	4,20
17	Blumbangan	1508	1,40	1,75	20%	2,10
Total Debit						55,47

### Merencanakan Kebutuhan Debit Air

Debit air di Kecamatan Maduran yang dibutuhkan pada 10 tahun kedepan adalah 55,47 lt/dt, sedangkan dari ketersediaan sisa debit pada IPAM Sekaran sebesar 14,82 lt/dt. Jika besaran debit di sesuaikan dari sisa debit yang ada, maka cakupan layanan dibatasi menjadi 4 Desa saja,

- Desa Duriwetan = 3,95 l/dt
- Desa Taji = 3,18 l/dt
- Desa Brumbun = 3,03 l/dt
- Desa Siwuran = 2,06 l/dt

$$+ 12,22 \text{ l/dt}$$

dengan melayani 4 desa dengan sisa debit 12,22 l/dt, maka sudah bisa dikatakan cukup

### Penentuan Diameter Pipa 10 Tahun Kedepan

Kesesuaian diameter rencana untuk mengalirkan debit minimum (Qmin) dengan kontrol kecepatan, tentunya untuk mendapatkan dimensi pipa yang tepat, efisien dan ekonomis sesuai dengan kriteria perencanaan yang digunakan atau dipakai. Penggunaan nilai kecepatan (V) aliran dalam pipa 0,5 m/dt – 4,5 m/dt (sesuai dengan referensi Tabel 12).

Tabel 12. Kriteria Pipa Transmisi dan Distribusi Menurut Kep Men PU no.18 Tahun 2007

No	Uraian	Kriteria Pipa Transmisi	Kriteria Pipa Distribusi
1	Debit Perencanaan (Qmax)	F max Q rerata	F max X Q rerata
2	Faktor harian Maksimum (Fmax)	1,10-1,50	1,15-3
3	Jenis Saluran	Pipa atau saluran terbuka	-
4	Kecepatan Aliran dalam Pipa	0,3-0,6 m/s	0,3-0,6 m/s
	a. Kecepatan minimum (Vmin)	0,5-4,5 m/s	0,5-4,5 m/s
	b. Kecepatan Maksimum (Vmax) PVC DCIP	6,0 m/s	6,0 m/s
5	Tekanan Air dalam Pipa		0,5 – 1,0 atm, pada titik jangkauan terjauh
	a. Tekanan minimum (Hmin)	1 atm	
	b. Tekanan maksimum (Hmaks)		
6	Pipa PVC, Pipa DCIP Pipa PE 100 Pipa PE 80	6-8 atm 10 atm 12,4 atm 9 atm	6-8 atm 11 atm 12,4 atm 9,0 atm
7	Kecepatan Saluran Terbuka		
	a) Kecepatan Minimum (Vmin)	0,6 m/s	
	b) Kecepatan Maksimum (Vmaks)	1,5 m/s	
8	Kemiringan Saluran Terbuka	0,005-0,001	-
9	Tinggi Bebas Saluran Terbuka	15 cm (minimum)	-
10	Kemiringan Tebing Terhadap Dasar Saluran	45 untuk trapesium	-

Sumber : Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan, 1990

Dalam menentukan diameter pipa diperlukan data kecepatan aliran pipa dalam pipa, serta debit total yang dibutuhkan pelanggan, untuk kecepatan aliran dapat dilihat pada tabel 12, serta perhitungan diameter pipa digunakan persamaan [4] sebagai berikut :

$$A = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots [4]$$

sedangkan untuk mencari diameter (D) dari luas alas (A) menggunakan persamaan [5] sebagai berikut :

$$A = 0,785D^2 \dots\dots\dots [5]$$

Perhitungan diameter pipa dihitung dengan nilai variabel kecepatan aliran dari 4,5 – 0,5 m/s sesuai pada tabel 12, maka diameter pipa yang dihasilkan pun bervariasi seperti pada tabel 13.

Tabel 13. Perhitungan diameter pipa

L/dt	Q		V		A		Diameter		Diameter PVC di Pasaran	
	m <sup>2</sup> /dt	m/dt	m/dt	m <sup>2</sup>	m	mm	mm	Inc		
12,22	0,012	4,50	0,003	0,059	58,80	50	2			
12,22	0,012	4,00	0,003	0,062	62,37	50	2			
12,22	0,012	3,50	0,003	0,067	66,68	50	3			
12,22	0,012	3,00	0,004	0,072	72,02	75	3			
12,22	0,012	2,50	0,005	0,079	78,89	75	3			
12,22	0,012	2,00	0,006	0,088	88,21	100	4			
12,22	0,012	1,50	0,008	0,102	101,85	100	4			
12,22	0,012	1,00	0,012	0,125	124,74	150	6			
12,22	0,012	0,50	0,024	0,176	176,41	150	6			

Maka rencana diameter pipa yang akan digunakan di coba-coba pada variabel diameter pipa yang ada pada Tabel 13 di atas, dengan jenis pipa PVC (PolyVinyl Chloride), supaya hasil analisis watercad dapat di simpulkan diameter brapa yang paling ideal.

### Analisa dengan menggunakan program Watercad V8i

Dalam melakukan analisis menggunakan watercad yang pertama dilakukan adalah dengan membuat background pada lembar kerja watercad, dengan memasukan peta jalan pedesaan utuk sebagai tuntunan rencana jalur pipa distribusi utama.yang berskala supaya panjang pipa sesuai dengan lokasi secara real. Data-data peta yang bersekala dapat di gunakan menggunakan data jalan, kontur dan bangunan dengan format shp (*Shape File*) yang di unduh dari <https://extract.bbbike.org/>. setelah mendapatkan file shp maka perlu di olah menggunakan program GLOBAL MAPPER supaya file dapat di export ke format file DXF, sehingga input background ke

watercad dari file DXF sesuai dengan koordinat dan skalanya.




Setelah memasukan semua background yang dibutuhkan maka kita dapat memulai dengan menentukan jalur pipa dan *node (junction)*, lalu input data-data seperti debit air untuk 4 desa, diameter pipa, jenis pipa untuk tingkat kekasaran (*Hazenwilliam's*) yang dapat dilihat pada tabel 14, dan elevasi sesuai dengan garis kontur yang didapat.

Analisis menggunakan watercad adalah untuk mengetahui nilai headloss pada pipa dan pressure pada titik node (*junction*) di masing-masing desa sesuai input diameter pipa. Dalam analisis pengujian ini digunakan 4 diameter pipa berjenis PVC, serta dilakukan 5 kali analisis sebagai berikut.




1. Analisa uji coba ke 1 adalah menggunakan diameter pipa 50 mm.
2. Analisa uji coba ke 2 adalah menggunakan diameter pipa 75 mm.
3. Analisa uji coba ke 3 adalah menggunakan diameter pipa 100 mm.
4. Analisa uji coba ke 4 adalah menggunakan diameter pipa 150 mm.
5. Analisa uji coba ke 5 adalah menggunakan gabungann dari 2 diameter pipa 150 mm dan 100 mm

### Hasil Analisa menggunakan program Watercad V8i

Parameter *headloss* < 5 adalah kehilangan energi pada aliran air didalam pipa sangat kecil, untuk *headloss* 5m sampai dengan 10m adalah kehilangan energi pada aliran air dalam pipa sedang, sedangkan *headloss* > 10m kehilangan energi pada aliran air dalam pipa sangat tinggi. Parameter *headloss* dapat di klasifikasi sesuai warna sebagai berikut:

-  = Nilai Headloos < 5m
-  = Nilai Headloos diantara 5m– 0 m
-  = Nilai Headloos > 10m

Parameter pressure > 50m adalah tekanan air pada node (*junction*) sangat tinggi, untuk pressure 10m sampai dengan 50m dikatagorikan tekanan pada node (*junction*) pada kondisi sedang, dan pressure < 10m adalah tekanan air pada node (*junction*) sangat rendah. Parameter pressure dapat di klasifikasikan sebagai berikut:

-  = Nilai Pressure > 50m
-  = Nilai Pressure diantara 10m –
-  = Nilai Pressure < 10 m

Hasil dari analisa uji coba yang pertama, Headloss dan pressure adalah untuk pipa diameter 50mm dapat dilihat pada tabel 14 sebagai berikut :

Tabel 14. Analisa uji coba Headloss dan pressure untuk pipa diameter 50mm

No	Label	Node	Elevation (m)	Headloss (m)	Pressure (m H20)
1	Duriwetan	STA 0+503	9	107,72	-59
2	Duriwetan	STA 0+697	9	35,61	-94
3	Duriwetan	STA 0+890	7,5	29,87	-123
4	Duriwetan	STA 0+987	8,5	12,39	-136
5	Taji	STA 1+297	10	31,64	-169
6	Taji	STA 1+509	7	19,44	-185
7	Taji	STA 1+682	9	13,2	-201
8	Taji	STA 2+180	8	31,81	-231
9	Taji	STA 2+510	8	17,36	-249
10	Brumbun	STA 3+372	6,5	36,42	-284
11	Brumbun	STA 3+502	10	4,91	-292
12	Brumbun	STA 3+695	8	6,22	-296
13	Brumbun	STA 3+953	8	7,23	-303
14	Brumbun	STA 4+156	14	4,86	-314
15	Brumbun	STA 4+295	10	2,78	-313
16	Brumbun	STA 4+391	9	1,01	-313
17	Brumbun	STA 5+329	4	1,03	-308
18	Brumbun	STA 5+711	6	0,11	-310
19	Siwuran	STA 5+054	7	4,93	-316
20	Siwuran	STA 5+212	7	0,74	-317
21	Siwuran	STA 5+384	7	0,38	-317
22	Siwuran	STA 5+449	6,5	0,04	-317

Hasil dari analisa uji coba yang ke dua, Headloss dan pressure adalah untuk pipa diameter 75 mm dapat dilihat pada tabel 15 sebagai berikut :

Tabel 15. Analisa uji coba Headloss dan pressure untuk pipa diameter 75mm

No	Label	Node	Elevation (m)	Headloss (m)	Pressure (m H2O)
1	Duriwetan	STA 0+503	9	18,96	30
2	Duriwetan	STA 0+697	9	6,27	24
3	Duriwetan	STA 0+890	7,5	5,26	20
4	Duriwetan	STA 0+987	8,5	2,18	17
5	Taji	STA 1+297	10	5,57	10
6	Taji	STA 1+509	7	3,42	9
7	Taji	STA 1+682	9	2,32	5
8	Taji	STA 2+180	8	5,6	0
9	Taji	STA 2+510	8	3,06	-3
10	Brumbun	STA 3+372	6,5	6,41	-8
11	Brumbun	STA 3+502	10	0,86	-12
12	Brumbun	STA 3+695	8	1,09	-11
13	Brumbun	STA 3+953	8	1,27	-12
14	Brumbun	STA 4+156	14	0,86	-19
15	Brumbun	STA 4+295	10	0,49	-16
16	Brumbun	STA 4+391	9	0,18	-15
17	Brumbun	STA 5+329	4	0,18	-10
18	Brumbun	STA 5+711	6	0,02	-12
19	Siwuran	STA 5+054	7	0,87	-14
20	Siwuran	STA 5+212	7	0,13	-14
21	Siwuran	STA 5+384	7	0,07	-14
22	Siwuran	STA 5+449	6,5	0,01	-14

Hasil dari analisa uji coba yang ke tiga, *Headloss* dan *pressure* adalah untuk pipa diameter 100mm dapat dilihat pada tabel 16 sebagai berikut

Tabel 16. Analisa uji coba *Headloss* dan *pressure* untuk pipa diameter 100mm

No	Label	Node	Elevation (m)	Headloss (m)	Pressure (m H2O)
1	Duriwetan	STA 0+503	9	18,96	30
2	Duriwetan	STA 0+697	9	6,27	24
3	Duriwetan	STA 0+890	7,5	5,26	20
4	Duriwetan	STA 0+987	8,5	2,18	17
5	Taji	STA 1+297	10	5,57	10
6	Taji	STA 1+509	7	3,42	9
7	Taji	STA 1+682	9	2,32	5
8	Taji	STA 2+180	8	5,6	0
9	Taji	STA 2+510	8	3,06	-3
10	Brumbun	STA 3+372	6,5	6,41	-8
11	Brumbun	STA 3+502	10	0,86	-12
12	Brumbun	STA 3+695	8	1,09	-11
13	Brumbun	STA 3+953	8	1,27	-12
14	Brumbun	STA 4+156	14	0,86	-19
15	Brumbun	STA 4+295	10	0,49	-16
16	Brumbun	STA 4+391	9	0,18	-15
17	Brumbun	STA 5+329	4	0,18	-10
18	Brumbun	STA 5+711	6	0,02	-12
19	Siwuran	STA 5+054	7	0,87	-14
20	Siwuran	STA 5+212	7	0,13	-14
21	Siwuran	STA 5+384	7	0,07	-14
22	Siwuran	STA 5+449	6,5	0,01	-14

Hasil dari analisa uji coba yang ke empat, *Headloss* dan *pressure* adalah untuk pipa diameter 150mm dapat dilihat pada tabel 17 sebagai berikut

Tabel 17. Analisa uji coba Headloss dan pressure untuk pipa diameter 150mm

No	Label	Node	Elevation (m)	Headloss (m)	Pressure (m H2O)
1	Duriwetan	STA 0+503	9	1,57	56
2	Duriwetan	STA 0+697	9	0,52	56
3	Duriwetan	STA 0+890	7,5	0,44	57
4	Duriwetan	STA 0+987	8,5	0,18	55
5	Taji	STA 1+297	10	0,46	54
6	Taji	STA 1+509	7	0,28	56
7	Taji	STA 1+682	9	0,19	54
8	Taji	STA 2+180	8	0,46	55
9	Taji	STA 2+510	8	0,25	54
10	Brumbun	STA 3+372	6,5	0,53	55
11	Brumbun	STA 3+502	10	0,07	52
12	Brumbun	STA 3+695	8	0,09	54
13	Brumbun	STA 3+953	8	0,11	54
14	Brumbun	STA 4+156	14	0,07	47
15	Brumbun	STA 4+295	10	0,04	51
16	Brumbun	STA 4+391	9	0,01	52
17	Brumbun	STA 5+329	4	0,02	57
18	Brumbun	STA 5+711	6	0	55
19	Siwuran	STA 5+054	7	0,08	54
20	Siwuran	STA 5+212	7	0,01	54
21	Siwuran	STA 5+384	7	0,01	54
22	Siwuran	STA 5+449	6,5	0	55

Hasil dari analisa uji coba yang ke lima, *Headloss* dan *pressure* adalah untuk pipa diameter 100mm dan 150mm dapat dilihat pada tabel 18 sebagai berikut :

Tabel 18. Analisa uji coba *Headloss* dan *pressure* untuk pipa diameter 150mm

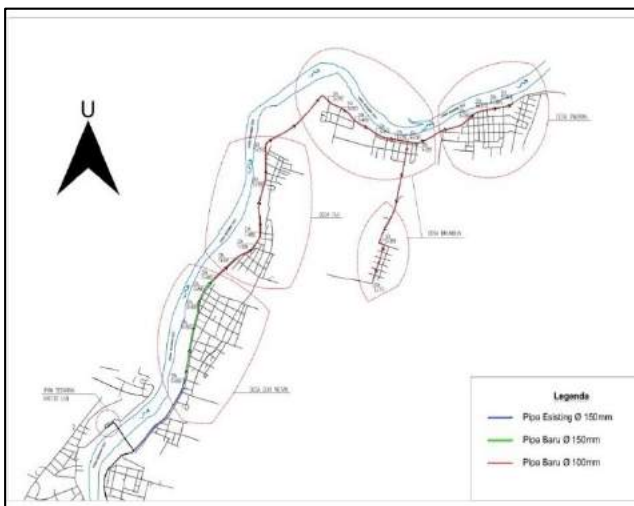
No	Label	Node	Elevation (m)	Headloss (m)	Pressure (m H2O)
1	Duriwetan	STA 0+503	9	1,57	56
2	Duriwetan	STA 0+697	9	0,52	56
3	Duriwetan	STA 0+890	7,5	0,44	57
4	Duriwetan	STA 0+987	8,5	0,18	55
5	Taji	STA 1+297	10	3,33	51
6	Taji	STA 1+509	7	2,05	52
7	Taji	STA 1+682	9	1,39	48
8	Taji	STA 2+180	8	3,35	46
9	Taji	STA 2+510	8	1,83	44
10	Brumbun	STA 3+372	6,5	3,84	42
11	Brumbun	STA 3+502	10	0,52	38
12	Brumbun	STA 3+695	8	0,66	39
13	Brumbun	STA 3+953	8	0,76	38
14	Brumbun	STA 4+156	14	0,51	32
15	Brumbun	STA 4+295	10	0,29	35
16	Brumbun	STA 4+391	9	0,11	36
17	Brumbun	STA 5+329	4	0,11	41
18	Brumbun	STA 5+711	6	0,01	39
19	Siwuran	STA 5+054	7	0,55	38
20	Siwuran	STA 5+212	7	0,08	38
21	Siwuran	STA 5+384	7	0,04	38
22	Siwuran	STA 5+449	6,5	0	38

Hasil uji coba analisa diatas yang paling ideal adalah hasil uji coba yang ke lima, karena dengan menggunakan jika menggunakan hasil uji <https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p48-58>

coba ke lima secara *Headloss* dan *pressure* sudah sangat memenuhi serta ideal untuk dapat di distribusikan ke masyarakat.

### Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih

Maka dengan ini perencanaan sistem distribusi air bersih di Kecamatan Maduran idealnya menggunakan pipa PVC dengan diameter 100mm untuk di Desa Duriwetan dan pipa di perbesar menjadi 150mm dari Desa Taji, Desa Brumbun, serta Desa Siwuran, dengan model sistem jaringan bercabang, dengan konsep sistem pompa *Intermittent System*. Pola sistem distribusi dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pola Sistem Distribusi Hasil Perencanaan

## KESIMPULAN

### Kesimpulan

Setelah dilakukan perhitungan Jumlah penduduk Kecamatan Maduran dalam kurun waktu sepuluh tahun atau pada 2029 yang akan datang, adalah 39.937 jiwa dari 17 desa, dimana rata-rata jumlah pertumbuhan penduduknya 3,98% per tahunnya.

Dikarenakan jumlah penduduk di Kecamatan Maduran pada tahun 2029 sebesar 39.937 jiwa maka total debit air yang dibutuhkan adalah 55,47 l/dt, sedangkan debit yang tersedia hanya 14,82 l/dt. Dimana debit yang tersedia tidak memenuhi kebutuhan total maka hanya 4 desa di Kecamatan Maduran saja yang dapat dilayani, besaran total

debit untuk 4 desa adalah 12,22 l/dt. Yang dapat diartikan debit IPAM Sekaran mencukupi untuk di distribusikan ke 4 desa.

Sebelum menganalisa menggunakan permodelan *WaterCAD*. terlebih dahulu menghitung ukuran diameter pipa yang akan digunakan dalam permodelan tersebut, dan di dapatkan beberapa ukuran diameter pipa. Dalam analisa menggunakan permodelan tersebut dan di uji menggunakan beberapa ukuran diameter pipa, maka yang paling ideal dalam perencanaan sistem distribusi air bersih di Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan adalah menggunakan pipa dengan diameter 150mm dan 100mm, dimana hasil *Headloss* pada pipa sangat kecil yaitu  $< 5m$ , sedangkan *Pressure* pada titik terjauh pun masih diantara 10m sampai dengan 50m. Dan sistem distribusi yang dapat digunakan di Kecamatan Maduran adalah dengan konsep *Intermittent System*

### Saran

Sehubungan dengan layanan baru di Kecamatan Maduran hanya mengakomodasi 4 desa saja, sedangkan total desa di Kecamatan terdapat total 17 desa dan total kebutuhan debit di tahun 2029 mencapai 55,47 l/dt, diameter pipa 10 inch atau 250mm, dengan jenis pipa PVC.

Dalam mencapai peninggkatan layanan untuk keseluruhan desa di Kecamatan Maduran juga harus ditinjau kembali kapasitas IPAM, karena kapasitas IPAM pada saat ini hanya tersedia 30 l/dt, sedangkan yang dibutuhkan 55,47 l/dt, sehingga selisih kekurangan debit pada IPAM adalah 25,47 l/dt. Maka kapasitas IPAM perlu ditambahkan dan juga menambah pompa distribusi atau mengganti dengan kapasitas yang lebih besar.

## REFERENSI

- Badan Pusat Statistik, 2010. "Pedoman Perhitungan Proyeksi Penduduk Dan Angkatan Kerja". Jakarta, *Badan Pusat Statistik*
- Badan Pusat Statistik, 2019. "Kecamatan Maduran Dalam Angka". *Kabupaten Lamongan, Badan Pusat Statistik Kabupaten Lamongan*
- Damanhuri, Enri, 1989. "Pendekatan Sistem dalam Pengendalian Dan Pengeroperasian Sitem Jaringan Distribusi Air Minum:.". *Bandung, Tehnik Lingkungan ITB.*

- I Putu Gustave, I G.N Kerta Arsana, 2014. "Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Penyediaan Air Minum Pedesaan Di Desa Kubu Kecamatan Kubu". *Denpasar, Teknik Sipil Universitas Udayana*
- M. Ibrahim, Aniek Masrevaniah, 2017. "Analisa Hidrolis Pada Komponen Sistem Distribusi Air Bersih Dengan Water Dan Watercad Versi 8 (Studi Kasus Kampung Digiowa, Kampung Mawa Dan Kampung Ikebo, Distrik Kamu, Kabupaten Dogiyai)". *Kota Malang, Teknik Pengairan Universitas Brawijaya*
- Novriyan Nasombe, Fuad Halim, 2015. "Perencanaan Sistem Pelayanan Air Bersih Di Kelurahan Bonkawir Kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat.". *Kota Manado: Teknik Sipil Universitas Samratulangi Manado*
- Perum Jasa Tirta 1 2019. "Master Plan Bisnis Sistim Penyediaan Air Minum Divisi Air Bersih Dan Pengembangan". *Kota Malang, PJT 1*
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI No 18/PRT/M/2007 tentang "Penyelenggaraan pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum". Jakarta
- Sepmita Sugiarta, 2017. "Studi Evaluasi Dan Perencanaan Pengembangan Jaringan Distribusi Air Bersih Di Cabang Sepanjang Kabupaten Sidoarjo (Studi Kasus: Cabang Sepanjang Kabupaten Sidoarjo)". *Kabupaten Malang Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang*
- SNI 7509-2011: "Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi Dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum". Jakarta
- Todar, E.Y.T. and Kamiana, I.M., 2021. Perubahan Parameter Hidrolis Pada Drainase Primer Dengan Dinding Alami Akibat Sampah Padat. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(2), pp.71-76.



## Perilaku Penghuni dalam Melestarikan Fungsi Lingkungan Perumahan Massal

### *The Behavior of Community for Conserving of Flats Environment Function*

**Nurmi Frida Dorintan Bertua Pakpahan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya. Email :  
[nurmipakpahan@unesa.ac.id](mailto:nurmipakpahan@unesa.ac.id)

#### Abstrak

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui hubungan antara kepedulian dan empati dengan perilaku penghuni dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal di Penjaringan Sari, Surabaya. Metode penelitian adalah survei dengan korelasi dan regresi. Instrumen yang digunakan model skala *Likert*, meliputi: 1) perilaku penghuni melestarikan fungsi lingkungan ( $r_{it} = 0.906$ ); 2) kepedulian lingkungan ( $r_{it} = 0.836$ ); 3) empati ( $r_{it} = 0.873$ ). Hasil penelitian menunjukkan, terdapat hubungan positif antara: 1) kepedulian lingkungan ( $X_1$ ) dan perilaku dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal ( $Y$ ). Diperoleh  $F_h = 27.15 > F_t = 6.90$  ( $\alpha = 0.01$ ), koefisien arah regresi  $Y$  atas  $X_1$  linear dan signifikan pada persamaan regresi  $\hat{Y} = 29.39 + 0.77 X_1$ ; 2) empati ( $X_2$ ) dan perilaku penghuni dalam melestarikan fungsi lingkungan ( $Y$ ). Diperoleh  $F_h = 23.92 > F_t = 6.90$  ( $\alpha = 0.01$ ), koefisien arah regresi  $Y$  atas  $X_2$  linear dan signifikan pada persamaan regresi  $\hat{Y} = 34.99 + 0.68 X_2$ ; 3) kepedulian lingkungan ( $X_1$ ) dan empati ( $X_2$ ) secara bersama dengan perilaku dalam melestarikan fungsi lingkungan ( $Y$ ). Diperoleh  $F_h = 27.15 > F_t = 6.90$  ( $\alpha = 0.01$ ), koefisien arah regresi  $Y$  atas  $X_1$  linear dan signifikan pada persamaan regresi jamak  $\hat{Y} = 0,998 + 0,518 X_1 + 0,436 X_2$ .

**Kata Kunci:** Kepedulian lingkungan; empati; pelestarian fungsi lingkungan rumah susun

#### Abstract

*The purpose of the study was to determine the relationship between caring and empathy with the behavior of residents in preserving the environmental function of mass housing in Penjaringan Sari, Surabaya. The research method is a survey with correlation and regression. The instruments used by the Likert scale model include: 1) the behavior of residents to preserve environmental functions ( $r_{it} = 0.91$ ); 2) environmental concern ( $r_{it} = 0.84$ ); 3) empathy ( $r_{it} = 0.87$ ). The results showed that there was a positive relationship between: 1) environmental awareness ( $X_1$ ) and behavior in preserving the environmental function of mass housing ( $Y$ ). It is obtained that  $F_h = 27.15 > F_t = 6.90$  ( $\alpha = .01$ ), the coefficient of the  $Y$  regression direction over  $X_1$  is linear and significant in the regression equation  $\hat{Y} = 29.39 + 0.77 X_1$ ; 2) empathy ( $X_2$ ) and occupant behavior in preserving environmental functions ( $Y$ ). It is obtained that  $F_h = 23.92 > F_t = 6.90$  ( $\alpha = 0.01$ ), the coefficient of the  $Y$  regression direction over  $X_2$  is linear and significant in the regression equation  $\hat{Y} = 34.99 + 0.68 X_2$ ; 3) environmental concern ( $X_1$ ) and empathy ( $X_2$ ) together with behavior in preserving environmental functions ( $Y$ ). It is obtained that  $F_h = 27.15 > F_t = 6.90$  ( $\alpha = .01$ ), the coefficient of the  $Y$  regression direction over  $X_1$  is linear and significant in the multiple regression equation =  $\hat{Y} = 0,998 + 0,518 X_1 + 0,436 X_2$ .*

**Keywords:** environmental concern; empathy; conserving of flats environment function.

## PENDAHULUAN

Komunitas penghuni perumahan massal bertingkat pada umumnya merupakan golongan marginal yang berpenghasilan pas-pasan. Meskipun keadaan fisik rumah massal lebih baik daripada rumah asal para

penghuni, namun permasalahan dan kegagalan para perencana dan pengembang memahami kebutuhan penghuni yang sesungguhnya dapat mengakibatkan kerugian ekonomi maupun sosial yang sangat besar.

Permasalahan utama yang ditimbulkan oleh perumahan massal di kota-kota besar adalah di satu

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p59-66>

pihak pembangunannya sangat diperlukan guna mengatasi keterbatasan lahan dan menghapus permukiman kumuh, namun di lain pihak justru menciptakan lingkungan kumuh baru. Sangat kurangnya penghuni dalam memfungsikan *balkon* sebagai ruang terbuka yang serasi dan seimbang, merupakan pemandangan yang mengesankan kekumuhan. Fasilitas umum dan sarana-prasarana yang kurang terawat dengan baik adalah gambaran ketidak mampuan menciptakan rumah secara serasi dan selaras. Segala fasilitas yang disediakan, bila tidak difungsikan secara seimbang akan membantu terjadinya kerusakan lingkungan perumahan.

Faktor-faktor yang menyebabkan timbulnya persoalan, harus segera diatasi diantaranya perilaku penghuni dalam memfungsikan dan menciptakan lingkungan perumahan secara serasi. Perilaku yang ditampilkan bersumber dari rendahnya tingkat kepedulian dan kurang optimalnya empati dalam memelihara keseimbangan lingkungan rumahnya.

Meninjau latar belakang permasalahan yang ada, maka penelitian ini dimaksudkan untuk menjawab pertanyaan apakah terdapat hubungan dan seberapa besar kontribusi yang diberikan antara kepedulian lingkungan, empati, serta kepedulian dan empati secara bersama, dengan perilaku penghuni dalam melestarikan fungsi lingkungan di perumahan massal.

#### 1. Perilaku Penghuni dalam Melestarikan Fungsi Lingkungan Perumahan Massal

Manusia dan lingkungan merupakan kesatuan yang tidak dapat dipisahkan satu dengan yang lain, keduanya saling berinteraksi. Interaksi manusia dengan lingkungan merupakan jalinan *transactional independency* atau ketergantungan satu sama lain (Gifford, 1978: 2). Melalui suatu proses interaksi dengan lingkungan hidupnya, dapat mempengaruhi dan dipengaruhi oleh lingkungan, manusia juga terbentuk dan dibentuk oleh lingkungan hidupnya (Soemarwoto, 1989: 51). Perilaku manusia akan mempengaruhi lingkungannya, dan sebaliknya lingkungan akan mempengaruhi perilaku dan pengalaman manusia itu sendiri (Gifford, 1978: 2).

Peran manusia sangat dominan dalam mempengaruhi kelangsungan hidup dan kesejahteraan dirinya dan makhluk hidup lain. Namun, karena manusia adalah bagian dari alam dan tunduk pada hukum alam maka perilaku dalam perubahan lingkungan hidup demi memenuhi kehendaknya seharusnya berada dalam batas-batas menurut dukungan alam dan sosial.

Dominasi manusia atas lingkungan hidup alam sangat nyata terlihat pada sebuah kota. Kota merupakan pusat aktivitas manusia secara kolektif.

Sistem urban yang berlaku dalam sebuah kota seringkali dianggap sebagai lingkungan “buatan” dan lingkungan *sosio kultural* yang diciptakan manusia bagi dirinya. Kota dilukiskan oleh Stearns dan Monntag (1974: 28) sebagai ekspresi tertinggi dari perkembangan teknologi dan evolusi kultural manusia dan dengan standar apapun merupakan kesatuan yang sangat kompleks.

Cara pandang ini menyiratkan bahwa kota menyimpan segala potensi yang menarik bagi setiap orang untuk hidup didalamnya. Faktor penarik ini mendorong terjadinya proses pemadatan kota. Namun seringkali peningkatan ini tidak disertai dengan peningkatan pengadaan sarana dan prasarana kota, yang berakibat makin menurunnya kualitas lingkungan kota. Menelaah masalah kualitas, sesungguhnya terdiri dari komponen permukiman, jaringan transportasi, berbagai fasilitas pelayanan dan lain-lain.

Salah satu komponen penting pengelolaan perkotaan yang menjadi perhatian dalam penelitian ini adalah kawasan permukiman dengan daerah perumahan sebagai bagian utamanya. Pola lingkungan daerah perumahan menjadi dasar bagi pola perencanaan fisik kota secara menyeluruh. Khusus keberadaan pemukiman kumuh yang diketahui mempunyai hubungan erat dengan tingginya tingkat kepadatan dan desakan akan kebutuhan tempat tinggal. Akibatnya banyak penduduk mendirikan rumah-rumah ilegal dengan fasilitas minim dan lingkungan yang kurang sehat.

Rumah bagi keluarga berfungsi untuk menyediakan perlindungan fisik wadah aktivitas keluarga dan perlindungan psikologis terhadap tekanan-tekanan dari dunia luar (Heimstra dan McFarling, 1974: 43). Mengingat sangat pentingnya arti rumah dalam hidup manusia, maka rumah harus dibangun dengan kriteria fisik dan psikis tertentu. Diperlukan tinjauan dari berbagai disiplin, mencakup aspek teknologi, ekonomi, dan sosio budaya yang luas untuk membangun rumah bagi golongan masyarakat tertentu.

Salah satu upaya untuk mengatasi terpenuhinya kebutuhan tempat tinggal, sekaligus untuk mengatasi keterbatasan lahan di perkotaan adalah dengan melaksanakan pembangunan perumahan massal yang distrukturkan dalam arah horisontal maupun vertikal yang terdiri dari satuan-satuan milik sendiri dan bagian-bagian milik bersama. Dengan demikian diharapkan mereka dapat memperoleh rumah yang lebih teratur dan aman.

Ditinjau dari fungsinya rumah memiliki: 1) struktur atau bangunan, 2) infrastruktur, yaitu prasarana bagi gerak manusia, perhubungan dan komunikasi, sirkulasi tenaga-materi untuk



kebutuhan jasmani, serta pelayanan (*service*) yang mencakup pendidikan, kesehatan, rekreasi dan budaya (Linn, 1983: h. 120). Ditinjau dari bentuknya, rumah terdiri dari: 1) rumah setengah di bawah tanah (*semi subteranian dwelling*); 2) di atas tanah (*surface dwelling*); 3) di atas tiang (*pile dwelling*) (Koentjaraningrat, 1994: h. 67).

Batasan bentuk rumah di atas menunjukkan bahwa perumahan massal bertingkat diartikan sebagai perumahan yang terdiri atas beberapa rumah di atas tanah (*surface dwelling*), dibangun dengan cara menumpuk ke atas. Rumah di atas tanah (bertingkat) diklasifikasikan menjadi: 1) rumah tingkat bertangga (*walk-up flats*) dengan lantai maksimum empat, biasa disebut rumah susun; 2) rumah tingkat dengan lift lebih dari empat lantai disebut *apartemen (kondominium)* (Budihardjo, 1992: h.199). Ditinjau dari fungsinya, rumah susun sama dengan rumah biasa, yaitu merupakan hunian manusia atau tempat tinggal suatu keluarga. Perbedaannya hanya pada sifat konstruksi bangunan dan hak kepemilikannya (Uguy, 1996: hh 36-37).

Lingkungan rumah massal bertingkat adalah kesatuan ruang dengan semua komponen-komponen yang berada di atas sebidang tanah dengan batas-batas yang jelas di atasnya. Komponen yang dimaksud adalah 1) unit rumah, teras/balkon, 2) selasar, tangga, ruang terbuka/umum, 3) prasarana lingkungan sebagai kelengkapan lingkungan, meliputi jalan kendaraan, jalan lingkungan, tempat parkir, saluran pembuangan, penerangan jalan, 4) utilitas umum adalah fasilitas yang dibutuhkan dalam sistem pelayanan lingkungan meliputi jaringan air bersih, listrik, jaringan telepon, jaringan gas, hidran kebakaran, dan 5) fasilitas sosial (fasilitas yang dibutuhkan oleh penghuni), yaitu gedung serbaguna/olah-raga, taman, rumah ibadah, puskesmas, sekolah, pertokoan dan fasilitas lainnya.

Aktivitas penghuni perumahan massal dapat memberikan keuntungan atau kerugian bagi manusia itu sendiri. Agar dapat memberi manfaat besar bagi keberlangsungan pembangunan perumahan, diperlukan perilaku yang benar dalam melakukan aktivitas. Perilaku sebagai respons secara otomatis terhadap obyek lingkungan (Rotter, 2001: 2). Zuraida (1993: 235) menyatakan perilaku merupakan unsur dari kepribadian manusia yang tampak dan dapat diamati, yang dimunculkan sesuai dengan rangsangan dari luar yang perlu ditanggapi. Lebih lanjut diuraikan Sarwono (1998: 17) bahwa perilaku adalah perbuatan manusia baik yang terbuka (kasat indera) maupun yang tertutup (tidak kasat mata). Perbuatan yang terbuka dinamakan *overt behavior*, yaitu semua perilaku yang bisa ditangkap indera langsung seperti melempar,

memukul, dan lainnya. Sedangkan perilaku yang tidak kasat mata *covert behavior*, yaitu motivasi, sikap, minat, berpikir, emosi.

Berkaitan dengan perilaku melestarikan fungsi lingkungan, Darsono (1994: 43-44) menjelaskan bahwa pelestarian bermakna sebagai tercapainya kemampuan lingkungan yang serasi, seimbang, peningkatan kemampuan tersebut. Sasaran pelestarian meliputi 1) menjamin terpeliharanya proses ekologis yang menunjang sistem penyangga kehidupan, 2) menjamin terpeliharanya keanekaragaman sumber genetik dan tipe ekosistemnya, 3) mengendalikan cara-cara pemanfaatan SDA sehingga terjamin kelestariannya (Hardja-soemantri, 1996: 27). Hanya pada lingkungan yang serasi-seimbang dapat dicapai kehidupan yang optimal. Lingkungan hidup yang dimaksud adalah semua keadaan yang diperoleh dalam kehidupan dan perilaku manusia (Gottlieb, 1965: 1). Lebih spesifik Roberts (1984: 2) membagi lingkungan hidup menjadi: lingkungan alam, buatan dan lingkungan sosial.

Perilaku benar dalam melakukan aktivitas melestarikan fungsi lingkungan dapat memberi manfaat bagi keberlangsungan pembangunan perumahan massal. Manfaat tersebut adalah menciptakan keberlangsungan perumahan sesuai sasarannya, tercapainya keselarasan, keserasian, dan keseimbangan secara fisik, biologi dan sosial di perumahan massal serta terjaminnya kepentingan bagi generasi masa kini dan generasi mendatang.

Kajian teori di atas menyimpulkan bahwa perilaku penghuni melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal adalah rangkaian aktivitas yang merupakan refleksi dari berbagai aspek fisik dan non fisik untuk mencapai tujuan dan respon terhadap lingkungan perumahan massal bertingkat dalam bentuk partisipasi, tindakan, keterlibatan langsung yang diwujudkan dalam aktivitas sehari-hari dan kebiasaan yang dilakukan di dalam dan luar rumah dalam upaya memelihara keberlanjutan perumahan melalui aspek, yaitu: 1) memanfaatkan lingkungan secara efisien, 2) memelihara komponen lingkungan, 3) melindungi keanekaragaman dan keutuhan komponen lingkungan, 4) merehabilitasi yang rusak, dan 5) memantau eksistensinya.

## 2. Kepedulian Lingkungan

Kepedulian lingkungan berkaitan erat dengan perasaan mampu dalam menghadapi lingkungan, yang memiliki rentang dari menerima kerusakan, menyenangkan atau membenci, ke merasa yakin berpotensi untuk memper-baiki kesalahan-kesalahan yang ditanggapi. Unsur yang terpenting dalam kepedulian lingkungan adalah perhatian,

sikap, kepercayaan, dan nilai-nilai tentang lingkungan yang memberi tuntutan bagi setiap perilaku seseorang apakah mendukung kualitas lingkungan atau justru sebaliknya.

Menurut Hoffman (1990: 277-281) ada 3 faktor potensial yang berperan dalam menentukan kepedulian pada lingkungan hidup, yaitu kepribadian, demografi dan sistem nilai. Hal senada dikemukakan oleh Lewin dalam Koeswara (1997: 89) bahwa kepedulian adalah hasil kekuatan yang ada dalam diri individu dan kekuatan yang berasal dari lingkungan psikologis yang akan mempengaruhi tingkah lakunya. Atau dapat dikatakan bahwa kepedulian adalah merupakan unsur psikologis dari kepribadian seseorang.

Secara teoritis kepedulian lingkungan didasarkan pada tiga orientasi nilai, yaitu: *egoistic*, *humanistic* dan *biospheric* (Stern, 1978: 94). *Egoistic* adalah apabila kepedulian itu didasarkan pada orientasi nilai kepentingan pribadi. *Humanistic* apabila kepedulian didasarkan pada *altruistik* sosial dan penyelamatan manusia dan lingkungan. *Biospheric* jika tindakan didasarkan atas prinsip moral yang peduli terhadap spesies dan lingkungan. Kepedulian seseorang terhadap suatu obyek, berkaitan dengan pandangan nilai yang dianutnya dan menyadari alasan perbuatannya demi mencapai tujuan. Kajian teori menyimpulkan bahwa kepedulian lingkungan adalah suatu pernyataan sikap umum terhadap kualitas lingkungan yang diwujudkan dalam kesediaan diri untuk menyatakan aksi-aksi agar dapat meningkatkan dan memelihara kualitas yang berkaitan dengan lingkungan .

Kepedulian lingkungan jika dikaitkan dengan melestarikan fungsi lingkungan dapat ditunjukkan oleh keadaan psikologis seseorang berupa perhatian, kesadaran, perasaan dan sistem nilai dalam memelihara proses tata kehidupan dan mengendalikan cara pemanfaatan, sehingga terjamin kelestarian fungsi lingkungan. Dengan memiliki kepedulian lingkungan, maka seseorang akan berpandangan, berkeyakinan, bersikap, cenderung untuk bertindak melindungi dan memberikan dukungan pada kualitas bagian milik sendiri (unit rumah), bagian milik bersama (misalkan tangga), sarana, prasarana dan fasilitas sosial pada perumahan massal. Kepedulian lingkungan seseorang akan berbeda-beda tingkatannya, sangat dipengaruhi oleh informasi yang diterima, pendidikan, lingkungan kerja, lingkungan rumah. Tingkat kepedulian yang tinggi terhadap lingkungan akan dapat mewujudkan perilaku yang mendukung kualitas lingkungan. Dengan demikian, diduga terdapat hubungan positif antara kepedulian lingkungan dan perilaku dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal.

### 3. Empati

Empati berkaitan dengan perasaan simpati dan perhatian pada orang lain, yang seolah-olah ikut mengalami bersama atau dengan tidak langsung ikut mengalami penderitaan orang lain (Sears, 1994: 387). Empati pada orang lain berhubungan dengan rasa sosial yang dimiliki oleh orang yang berempati. Respek terhadap hal-hal yang berhubungan dengan masalah sosial akan memiliki perilaku sosial yang meliputi tindakan yang dapat menguntungkan orang lain tanpa memerlukan imbalan (Baron, 1992: 295)

Goleman (1995: 147) menyatakan kemampuan yang sama untuk merasakan diberi empati, untuk menempatkan diri pada posisi orang lain, membuat seseorang menganut prinsip-prinsip moral tertentu. Lebih lanjut Tudor (1981: 145-146) mengemukakan bahwa empati meliputi kepekaan sosial (*social cognition*), menghargai perasaan orang lain (*affective learning*) dan motivasi *altruisme*. Motivasi *altruisme* menurut Myers (1983: 385) merupakan dorongan untuk melakukan perhatian atau pertolongan yang diberikan seseorang pada orang lain, tanpa mengharapkan imbalan.

Kajian teori ini menyimpulkan bahwa empati adalah kepekaan mema-hami perasaan orang lain ke dalam perasaan sendiri yang berkaitan dengan kepekaan sosial (*social cognition*), perasaan (*affective learning*) dan *altruisme*. Jika dikaitkan dengan perumahan massal, digambarkan bagaimana seorang penghuni memandang lingkungan rumah sebagai milik bersama dan keberadaannya untuk kepentingan bersama. Dengan memiliki empati, maka lingkungan akan terjaga, karena ia menyadari bahwa lingkungan tempat tinggalnya adalah untuk keberlangsungan anak-cucu. Kesadaran terhadap pentingnya perasaan dan kepekaan sosial perlu dikembangkan, agar setiap penghuni menampilkan perilaku yang selalu mengupayakan kelestarian fungsi lingkungan di perumahan massal. Dengan demikian, diduga terdapat hubungan positif antara empati dan perilaku dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal.

### 4. Perumusan Hipotesis

Berdasarkan landasan teori dan kajian pikir, maka dapat dirumuskan hipotesis: *Pertama*, terdapat hubungan positif antara kepedulian lingkungan dan perilaku penghuni dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal. *Kedua*, terdapat hubungan positif antara empati dan perilaku dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal. *Ketiga*, terdapat hubungan positif antara kepedulian lingkungan dan empati

secara bersama dengan perilaku dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal.

## METODE

Penelitian dilakukan di perumahan susun Penjaringan Sari Surabaya. Subyek penelitian adalah penghuni dengan jumlah sample 100 orang dan menggunakan teknik pengambilan *cluster random sampling*.

Metode penelitian adalah survei dengan teknik analisis korelasi dan regresi. Pengumpulan data menggunakan tiga instrumen berupa kuesioner model skala *Likert* yang telah dikalibrasi dan diujicobakan kepada 30 orang responden, meliputi: 1) instrumen perilaku melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal diperoleh harga koefisien reliabilitas  $r_{it} = 0,906$ ; 2) instrumen kepedulian lingkungan diperoleh harga  $r_{it} = 0,836$ ; 3) instrumen empati diperoleh harga  $r_{it} = 0,873$ . Validitas butir instrumen dihitung menggunakan rumus *Product Moment*, sedangkan koefisien reliabilitasnya menggunakan *Alpha Cronbach*.

Sebelum uji hipotesis, dilakukan uji persyaratan analisis, meliputi: uji normalitas data dengan uji *Kolmogorov-Smirnov*, dan uji homogenitas varians populasi diuji dengan uji *Barlett*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Rangkuman Uji Normalitas

No.	Galat Taksir Y atas	Nilai $D_h$	Nilai $D_t$	Kesimpulan
1.	X1	0,093	0,136	Normal
2.	X2	0,093	0,136	Normal

Tabel 2. Rangkuman Uji Homogenitas Varians

No.	Galat Taksir Y atas	$\chi_h$	$\chi_t$	Kesimpulan
1.	X1	25,71	49,8	Homogen
2.	X2	25,90	47,4	Homogen

**Hipotesis pertama:** menyatakan *terdapat hubungan positif antara kepedulian lingkungan dan perilaku dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal*. Hasil analisis regresi linear sederhana tentang hubungan variabel perilaku melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal (Y) atas variabel kepedulian lingkungan ( $X_1$ ) diperoleh persamaan regresi  $\hat{Y} = 29,39 + 0,77 X_1$ .

Tabel 3. ANAVA Uji Signifikansi dan Linearitas Regresi  $\hat{Y} = 29,39 + 0,77 X_1$

Sumber Variasi	dk	JK	KT	$F_h$	$F_t$ $\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
Total	99	23235,79	-	-	-	-
Koefisien (a)	1	-	-	-	-	-
Regresi (b/a)	1	5040,03	5040,03	27,15**	3,94	6,90
Sisa	98	18195,76	185,67	-	-	-
Tuna Cocok	34	6680,81	196,49	1,09 <sup>NS</sup>	1,62	1,98
Galat	64	11514,95	179,92	-	-	-

**Keterangan:**

- \*\* = Regresi sangat signifikan ( $F_h = 27,15 > F_t = 6,90$ )
- NS = Nonsignifikan, linear ( $F_h = 1,09 < F_t = 1,62$ ); dk = derajat kebebasan
- JK = Jumlah Kuadrat  $F_h$  = Harga F hasil perhitungan
- KT = Kuadrat Tengah (rata-rata JK)  $F_t$  = Harga F diperoleh dari tabel

Perhitungan signifikansi regresi Y atas  $X_1$  pada Tabel 3 menunjukkan harga  $F_h = 27,15 > F_t = 6,90$  pada taraf  $\alpha = 0,01$ . Artinya, koefisien arah regresi Y atas  $X_1$  linear dan signifikan, maka persamaan regresi  $\hat{Y} = 29,39 + 0,77 X_1$  dapat dipertanggungjawabkan untuk menyimpulkan hubungan antara  $X_1$  dan Y. Kekuatan tersebut ditunjukkan oleh koefisien korelasi  $r_{y1} = 0,466$ .

Tabel 4. Uji Signifikansi Koefisien Korelasi Kepedulian Lingkungan ( $X_1$ ) dengan Perilaku Melestarikan Fungsi Lingkungan Perumahan Massal (Y)

Variabel	n	r	$r^2$	dk	$t_h$	$t_t$ $\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
$X_1$ dan Y	100	0,466	0,217	98	5,21**	1,66	2,37

**Keterangan:**

- \*\* = Koefisien korelasi sangat signifikan ( $t_h = 5,21 > t_t = 2,37$ )
- Y = Perilaku penghuni dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal
- $X_1$  = Kepedulian lingkungan
- r = Koef. korelasi  $t_h$  = harga t hasil perhitungan
- $r^2$  = Koef. determinasi  $t_t$  = harga t dari tabel

Diperoleh harga  $t_h = 5,21 > t_t = 2,37$  ( $dk = 98$  dan  $\alpha = 0,01$ ), maka disimpulkan *hipotesis nol* ( $H_0: \rho_{y.1} = 0$ ) *ditolak*. Artinya *hipotesis pertama* yang diajukan *teruji kebenarannya*. Koef. determinasi (kuadrat dari koefisien korelasi) antara  $X_1$  dan Y ( $r^2_{y1} = 0,217$ ), menunjukkan bahwa 21,70% variasi pada variabel perilaku melestarikan fungsi lingkungan dapat dijelaskan variabel kepedulian lingkungan melalui regresi  $\hat{Y} = 29,39 + 0,77X_1$ .

**Hipotesis kedua:** *terdapat hubungan positif antara empati dan perilaku melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal*.

Hasil analisis regresi linear sederhana mengenai hubungan variabel perilaku dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal (Y) atas variabel empati ( $X_2$ ) diperoleh persamaan regresi  $\hat{Y} = 34,99 + 0,68 X_2$ .

Tabel 5. Tabel ANAVA Uji Signifikansi dan Linearitas Regresi  $\hat{Y} = 34,99 + 0,68 X_2$

Sumber Variasi	dk	JK	KT	F <sub>h</sub>	F <sub>t</sub> α=.05 α=.01	
Total	99	23235,79	-	-	-	-
Koefisien (a)	1	-	-	-	-	-
Regresi (b/a)	1	4558,10	4558,10	23,92**	3,94	6,90
Sisa	98	18677,69	190,59	-	-	-
Tuna Cocok	32	7277,47	227,42	1,32 <sup>NS</sup>	1,62	1,98
Galat	66	11400,79	172,73	-	-	-

**Keterangan:**

- \*\* = Regresi sangat signifikan ( $F_h = 23,92 > F_t = 6,90$ )  
 NS = Nonsignifikan, linear ( $F_h = 1,32 < F_t = 1,62$ ) ; dk = derajat kebebasan  
 JK = Jumlah Kuadrat      F<sub>h</sub> = Harga F hasil perhitungan  
 KT = Kuadrat Tengah      F<sub>t</sub> = Harga F diperoleh dari (rata-rata JK)      tabel

Perhitungan signifikansi regresi Y atas X<sub>2</sub> pada Tabel 5 menunjukkan bahwa harga F<sub>h</sub> = 23,92 > F<sub>t</sub> = 6,90 pada α = 0,01. Artinya, koefisien arah regresi Y atas X<sub>2</sub> linear dan signifikan, maka persamaan regresi  $\hat{Y} = 34,99 + 0,68 X_2$  dapat dipertanggungjawabkan untuk menyimpulkan hubungan antara X<sub>2</sub> dan Y. Kekuatan hubungan antara X<sub>2</sub> dan Y ditunjukkan oleh koefisien korelasi r<sub>y2</sub> = 0,443 (lihat pada Tabel 6).

Tabel 6. Uji Signifikansi Koefisien Korelasi Empati (X<sub>2</sub>) dengan Perilaku Melestarikan Fungsi Lingkungan Perumahan Massal (Y)

Variabel	n	r	r <sup>2</sup>	dk	t <sub>h</sub>	t <sub>t</sub> α=.05 α=.01	
X <sub>1</sub> dan Y	100	0.463	0.196	98	4.79**	1.66	2.37

**Keterangan:**

- \*\* = Koefisien korelasi sangat signifikan ( $t_h = 5,21 > t_t = 2,37$ )  
 Y = Perilaku penghuni dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal  
 X<sub>1</sub> = Kepedulian lingkungan  
 r = Koef. korelasi      t<sub>h</sub> = harga t hasil perhitungan  
 r<sup>2</sup> = Koef. determinasi      t<sub>t</sub> = harga t dari tabel

Diperoleh harga t<sub>h</sub> = 4,79 > t<sub>t</sub> = 2,37 (dk = 98 dan α = 0,01, maka disimpulkan *hipotesis nol* (H<sub>0</sub>: ρ<sub>y,2</sub> = 0) *ditolak*. *Hipotesis kedua* yang diajukan *teruji kebenarannya*. Koefisien determinasi antara X<sub>2</sub> dan Y (r<sup>2</sup><sub>y2</sub>) sebesar 0,196, menyatakan bahwa kekuatan hubungan sebesar 19,60% adalah kontribusi variasi pada variabel perilaku penghuni (Y) dapat dijelaskan variabel empati (X<sub>2</sub>) pada persamaan regresi  $\hat{Y} = 34,99 + 0,68X_2$ .

**Hipotesis ketiga:** *terdapat hubungan positif antara kepedulian lingkungan dan empati secara bersama dan perilaku penghuni dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal.*

Tabel 7. Tabel ANAVA Uji Signifikansi dan Linearitas Persamaan Regresi Jamak  $\hat{Y} = 0,998 + 0,518 X_1 + 0,436 X_2$ .

Sumber Variasi	dk	JK	KT	F <sub>h</sub>	F <sub>t</sub> α=.05 α=.01	
Regresi	1	6369,757	3184,88	18,32**	2,70	3,98
Sisa	98	16866,033	173,88	-	-	-
Total	66	1802525	-	-	-	-

**Keterangan:**

- \*\* = Koef. korelasi sangat signifikan ( $F_h = 18,32 > F_t = 3,98$ )  
 JK = Jumlah Kuadrat      F<sub>h</sub> = Harga F hasil perhitungan  
 KT = Kuadrat Tengah      F<sub>t</sub> = Harga F diperoleh dari (rata-rata JK)      tabel

Hasil analisis regresi linear jamak tentang hubungan variabel perilaku dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal (Y) atas variabel kepedulian lingkungan (X<sub>1</sub>) dan empati (X<sub>2</sub>) diperoleh persamaan regresi jamak  $\hat{Y} = 0,998 + 0,518 X_1 + 0,436 X_2$ .

Perhitungan signifikansi regresi Y atas X<sub>1</sub> dan X<sub>2</sub> pada Tabel 7 menunjukkan harga F<sub>h</sub> = 18,317 > F<sub>t</sub> = 3,98 pada taraf signifikansi α = 0,01. Artinya, persamaan regresi jamak  $\hat{Y} = 0,998 + 0,518 X_1 + 0,436 X_2$  dapat dipertanggung jawabkan untuk menyimpulkan hubungan antara kepedulian lingkungan (X<sub>1</sub>) dan empati (X<sub>2</sub>) secara bersama dengan perilaku dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal (Y). Kekuatan hubungan itu ditunjukkan oleh koefisien korelasi jamak R<sub>y.12</sub> = 0,274 (lihat Tabel 8).

Tabel 8. Uji Signifikansi Koefisien Korelasi antara Kepedulian Lingkungan (X<sub>1</sub>) dan Perilaku Penghuni dalam Melestarikan Fungsi Lingkungan Perumahan Massal (Y)

Variabel	n	R <sub>y.12</sub>	R <sup>2</sup> <sub>y.12</sub>	dk	t <sub>h</sub>	t <sub>t</sub> α=.05 α=.01	
X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> dan Y	100	0.27	0.52	2 dan 97	5,21**	3.08	4.80

**Keterangan:**

- \*\* = Koefisien korelasi sangat signifikan ( $t_h = 5,21 > t_t = 4,80$ )  
 Y = Perilaku penghuni dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal  
 X<sub>1</sub> = Kepedulian lingkungan  
 r = Koef. korelasi      t<sub>h</sub> = harga t hasil perhitungan  
 r<sup>2</sup> = Koef. determinasi      t<sub>t</sub> = harga t dari tabel

Diperoleh harga t<sub>h</sub> = 5,21 > t<sub>t</sub> = 4,80 (dk = 2; 97; taraf signifikansi α = 0,01), maka disimpulkan *hipotesis nol* (H<sub>0</sub>: ρ<sub>y.12</sub> = 0) *ditolak*. Artinya, *hipotesis ketiga* yang diajukan, *teruji kebenarannya*. Koefisien determinasi antara X<sub>1</sub> dan X<sub>2</sub> dengan Y (R<sup>2</sup><sub>y.12</sub>) sebesar 0,523, menyatakan kekuatan hubungan sebesar 52,30% adalah kontribusi variabel kepedulian lingkungan dan empati terhadap variabel perilaku melestarikan lingkungan.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian mengungkapkan: **pertama**, terdapat hubungan positif antara kepedulian lingkungan dan perilaku penghuni dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal. Artinya, makin tinggi kepedulian lingkungan, makin baik perilaku dalam melestarikan fungsi lingkungan. Jika perilaku melestarikan fungsi lingkungan perumahan ditingkatkan secara lebih baik, maka kepedulian lingkungan dapat meningkat pula. **Kedua**, terdapat hubungan positif antara empati dan perilaku melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal. Artinya, makin tinggi empati, maka makin baik perilaku dalam melestarikan fungsi lingkungan. Jika perilaku melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal ditingkatkan secara lebih baik, maka empati meningkat pula. **Ketiga**, terdapat hubungan positif antara kepedulian lingkungan dan empati secara bersama dan perilaku penghuni dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal. Artinya, bilamana perilaku penghuni dalam melestarikan fungsi lingkungan perumahan ditingkatkan secara lebih baik, maka kepedulian lingkungan dan empati penghuni secara bersama akan meningkat pula.

Kesimpulan di atas menunjukkan temuan yang diperoleh pada penelitian, yaitu ada hubungan positif dan signifikan antara kepedulian lingkungan dan empati secara sendiri-sendiri maupun secara bersama dengan perilaku melestarikan fungsi lingkungan perumahan massal. Dengan demikian, apabila peningkatan perilaku melestarikan fungsi lingkungan menjadi fokus dan tujuan tercapainya peningkatan kualitas lingkungan perumahan yang bersih, sehat, serasi, teratur dan nyaman, maka perlu dipertimbangkan implikasi berikut ini.

### a. Upaya Meningkatkan Perilaku Melestarikan Fungsi Lingkungan Perumahan Massal Melalui Peningkatan Kepedulian Lingkungan

*Pertama*, perlu kesadaran tentang kelestarian lingkungan yang membentuk manusia untuk peduli pada masalah-masalah yang ada di lingkungannya, dan diharapkan mampu menciptakan suatu permukiman massal berkelanjutan. Hal ini dapat dilakukan dalam lingkup kehidupan masyarakat yang paling kecil, yaitu keluarga. Pendidikan dalam keluarga tentang pelestarian lingkungan, seperti menciptakan rumah yang aman, nyaman, bersih, sehat, serasi perlu ditanamkan dan dikembangkan sedini mungkin. *Kedua*, mensosialisasikan nilai dan norma sosial, kesadaran dan kepekaan pribadi atau kelompok sosial terhadap lingkungan. Hal ini dapat dilakukan dengan melibatkan tokoh setempat yang

dapat memberikan panutan bagi penghuni. Panutan warga harus mampu mengidentifikasi dirinya bahwa hidup di perumahan massal bertingkat menyenangkan, banyak kemudahan yang diperoleh, fasilitas cukup lengkap, menguntungkan, dan lain-lain. *Ketiga*, menginformasikan tentang pentingnya memelihara kualitas lingkungan bagi kelanjutan hidup manusia melalui pertemuan rutin warga atau dalam bentuk tulisan, poster, leaflet, maupun buletin, secara kontinyu.

### b. Upaya Meningkatkan Perilaku Penghuni dalam Melestarikan Fungsi Lingkungan Perumahan Massal Melalui Peningkatan Empati

*Pertama*, mengembangkan kerjasama dan gotong royong diantara penghuni, misal kerjasama dalam keadaan suka dan duka, sehingga dapat menumbuhkan dan mempertebal kebersamaan diantara penghuni. Kebersamaan melahirkan kebiasaan melaksanakan gotong royong dalam menjaga, memelihara dan memperbaiki fasilitas yang ada. *Kedua*, kepekaan sosial dapat diperluas dengan menumbuhkan kesadaran dan kepekaan pribadi dan kelompok tentang keberadaan lingkungan perumahan massal, yang merupakan milik bersama dan juga perlu dipelihara bersama. Kepekaan ini akan meningkatkan empati, tidak hanya untuk sesama warga sebagai manusia, tetapi memiliki rasa empati juga terhadap fasilitas, sarana dan prasarana di lingkungan perumahan massal.

## REFERENSI

- Baron, Robert A., 1992. *Psychology*. Boston: Allyn & Bacon.
- Budihardjo, Eko, 1992. *Rumah Susun di Indonesia Dikaji dari Disiplin Arsitektur dan Planologi*, "Sejumlah Masalah Pemukiman." Bandung: Alumni.
- Darsono, Valentinus, 1994. *Pengantar Ilmu Lingkungan*. Yogyakarta: Atma Jaya.
- Gifford, Robert, 1978. *Environmental Psychology: Principles & Practice*. Boston: Allyn & Bacon.
- Goleman, Daniel, 1995. *Emotional Intelligence*. NY: Scientific American, Inc.
- Gottlieb, Lois Davidson, 1965. *Environment and Design in Housing*. NY: The Macmillan Co.
- Heimstra, NW. & LH. McFarling, 1974. *Environmental Psychology*. California: Brooks-Cole Pub.Co.

- Linn, Johannes F., 1983. *Cities in the Developing World: Policies for Their Equitable & Efficient Growth*. USA: Oxford.
- Myers, David G., 1983. *Psychologi*. New York: McGraw Hill-Book Company.
- Robert, R.D., et al., 1984. *Planning and Ecology*. London: Chapma.
- Rotter, Julian B. *The Social Learning Theory*. <http://psych.fullerton.e.u/jmearns/rotter.htm>, 8/14/01. p.2 of 6.
- Sears, O. David, et al., 1994. *Social Psycholog*, terjemahan Miekael Adryanto, dkk. Jakarta: Erlangga.
- Stearns, F. & T. Monntag, 1974. *The Urban Ecosystem: A Holistic Approach*. Pennsylvania: Dowdwn, Hutcinson & Ross.
- Tudor, Marry, 1981. *Child Development*. New-York: McGraw Hill-Book Co.
- Uguy, Mediana Johanna H., 1996. "Perilaku Spasial Penghuni dalam Lingkungan Perumahan Massal," *Tesis*. Jakarta: PPs Ilmu Lingkungan UI.

