



# Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (PROTEKSI)

Vol. 5 No. 2 Desember (2023)

The Commencement of PROTEKSI

- **Pengaruh Atap Transparan Terhadap Kinerja Termal Gedung Persipda Kota Salatiga**  
Ruliyanto, Eddy Prianto
- **Kapasitas Drainase dan Kualitas Air Drainase pada Perumahan Bamaraya dalam Perspektif Teknis dan Persepsi Masyarakat**  
Sri Maisarah, I Made Kamiana, Allan Restu Jaya
- **Evaluasi Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Proyek Kontruksi Puri Kelapa Gading Minahasa Utara**  
Adrian Philip Marthinus, Pingkan Ane Kristy Pratasis, Tisano Tjakrawala Arsjad
- **Analisis Pengaruh Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Terhadap Kinerja Pekerja Konstruksi Menggunakan Metode Random Sampling**  
Maulidya Octaviani Bustamin, Nurul Jannah Asid, Muchamad Raditya Alnurtama
- **Optimalisasi Jaringan Trayek Suroboyo Bus Berdasarkan Pemetaan OD (Origin Destination) dengan Aplikasi Web App Map Arcgis**  
R. Endro Wibisono, Anita Susanti, Dadang Supriyatno, Ari Widayanti, Erisa Widya Septika
- **Pengaruh Penambahan Fiber Paku Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton**  
Safrin Zuraidah, Aldio Kevin Antow, Bambang Sujatmiko, Budi Hastono
- **Tinjauan Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data SPT Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sorong**  
Rokhman, Retno Puspa Rini, Asrul Saputra, Muhammad Rusmin, Jefrianus Klau
- **Pemanfaatan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi Filler pada Campuran Perkerasan Asphalt Concrete – Binder Course**  
Silviya Widyastuti, Ari Widayanti
- **Evaluasi Kinerja Saluran Drainase di Jalan Semambung – Sumpit Kecamatan Driyorejo dengan Hec-RAS**  
Karina Nova Setyawati, Abdiyah Amudi

## 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 5, Nomor 2, Desember 2023. 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 ketekniksipil. Pada Volume 5, Nomor 2 ini menerbitkan 9 judul artikel ilmiah yang kami sajikan. Penulis pada Volume 5, Nomor 2 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 5, No. 2, Desember 2023

E-ISSN : 2655-6421

# Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (PROTEKSI)

---

---

## **Pimpinan Redaksi :**

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

## **Managing Editor :**

R. Endro Wibisono, S.Pd., M.T. (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 :**

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

### **Pengaruh Atap Transparan Terhadap Kinerja Termal Gedung Persipda Kota Salatiga**

Ruliyanto, Eddy Prianto ..... 67-83

### **Kapasitas Drainase dan Kualitas Air Drainase pada Perumahan Bamaraya dalam Perspektif Teknis dan Persepsi Masyarakat**

Sri Maisarah, I Made Kamiana, Allan Restu Jaya ..... 84-91

### **Evaluasi Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Proyek Kontruksi Puri Kelapa Gading Minahasa Utara**

Adrian Philip Marthinus, Pingkan Ane Kristy Pratasis, Tisano Tjakrawala Arsjad..... 92-98

### **Analisis Pengaruh Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Terhadap Kinerja Pekerja Konstruksi Menggunakan Metode Random Sampling**

Maulidya Octaviani Bustamin, Nurul Jannah Asid, Muchamad Raditya Alnurtama ..... 99-107

### **Optimalisasi Jaringan Trayek Suroboyo Bus Berdasarkan Pemetaan OD (Origin Destination) dengan Aplikasi Web App Map Arcgis**

R. Endro Wibisono, Anita Susanti, Dadang Supriyatno, Ari Widayanti, Erisa Widya Septika ..... 108-118

### **Pengaruh Penambahan Fiber Paku Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton**

Safrin Zuraidah, Aldio Kevin Antow, Bambang Sujatmiko, Budi Hastono ..... 119-126

### **Tinjauan Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data SPT Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sorong**

Rokhman, Retno Puspa Rini, Asrul Saputra, Muhammad Rusmin, Jefrianus Klau ... 127-133

### **Pemanfaatan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi Filler pada Campuran Perkerasan Asphalt Concrete – Binder Course**

Silviya Widyastuti, Ari Widayanti..... 134-140

### **•Evaluasi Kinerja Saluran Drainase di Jalan Semambung – Sumput Kecamatan Driyorejo dengan Hec-RAS**

Karina Nova Setyawati, Abdiyah Amudi ..... 141-153

## 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.vxn.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, Katakunci	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 :

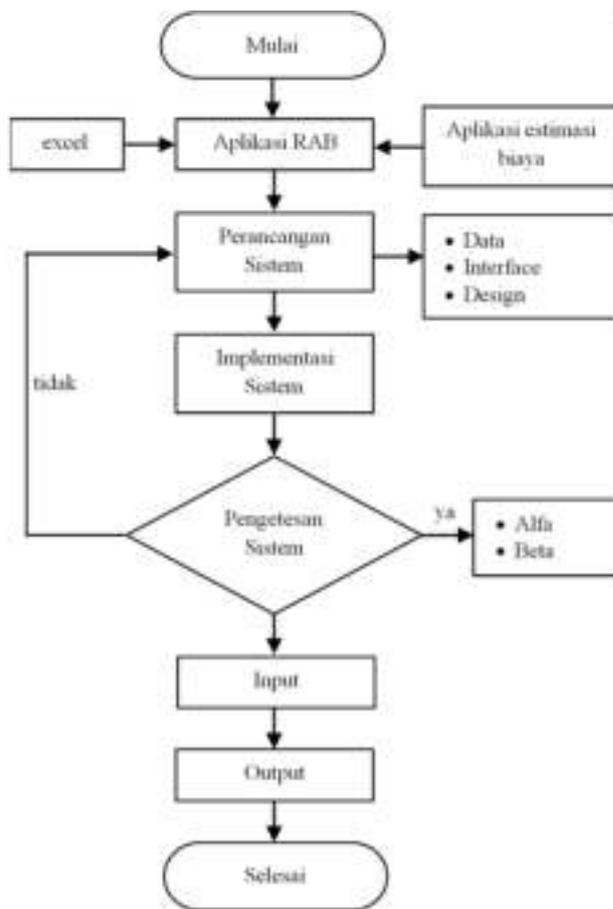
- n = jumlah simulasi yang diperlukan
- Z = nilai invers dari distribusi normal
- $\sigma$  = standar deviasi
- B = interval kesalahan (*margin of error*)

### 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 sekomprehensif 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", *ECOBAConferencePaper, 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>*

# Pengaruh Atap Transparan Terhadap Kinerja Termal Gedung Persipda Kota Salatiga

## *The Effect of Transparent Roof on Thermal Performance of Persipda Building, Salatiga City*

Ruliyanto<sup>1</sup>, Eddy Prianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Email : [ruliyanto@studens.undip.ac.id](mailto:ruliyanto@studens.undip.ac.id)

<sup>2</sup> Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Email : [eddyprianto@arsitektur.undip.ac.id](mailto:eddyprianto@arsitektur.undip.ac.id)

### Abstrak

Gedung Perpustakaan dan Kearsipan Daerah (Persipda) Kota Salatiga memiliki tampilan arsitektural yang unik dan berbeda dengan bangunan sekitarnya, yaitu terdapat model atap transparan pada puncak atapnya. Hal ini dimaksudkan untuk memasukkan cahaya alami pada siang hari, sehingga dapat menghemat pemakaian energi. Konsep atap transparan tersebut membawa dampak pada ketidaknyamanan termal, sebab disamping memberikan sinar terang, cahaya alami dari sinar matahari juga membawa panas melalui proses radiasi. Kondisi tersebut menciptakan suhu ruang yang panas pada lantai 2. Berdasar dari permasalahan tersebut, dibutuhkan studi untuk mengevaluasi gedung Persipda sudah memenuhi kenyamanan termal atau belum dilihat dari indikator kinerja termalnya. Metode penelitian menggunakan metode kuantitatif, dengan cara melakukan pengukuran langsung indikator kinerja termal (temperatur & kelembaban) pada eksterior dan interior setiap lantai gedung ini. Sehingga kinerja termal pada bangunan ini dapat diketahui secara spesifik melalui indikator kinerja termal dari masing – masing selimut bangunannya.

**Kata Kunci:** Atap transparan; bukaan atap; kinerja termal; penerangan alami; perpustakaan salatiga

### Abstract

*The Salatiga City Regional Library and Archives Building (Persipda) has a unique architectural appearance and is different from the surrounding buildings, namely there is a transparent roof model at the top of the roof. This is intended to include natural light during the day, so as to save energy consumption. The transparent roof concept has an impact on thermal discomfort, because besides providing bright light, natural light from the sun also carries heat through the radiation process. These conditions create a hot room temperature on the 2nd floor. Based on these problems, a study is needed to evaluate whether the Persipda building has met thermal comfort or has not been seen from its thermal performance indicators. The research method uses quantitative methods, by directly measuring thermal performance indicators (temperature & humidity) on the exterior and interior of each floor of this building. So that the thermal performance of this building can be known specifically through the thermal performance indicators of each building envelope.*

**Keywords:** *Transparent roof; roof openings; thermal performance; natural lighting; salatiga library*

## PENDAHULUAN

Data penggunaan energi rata-rata gedung perkantoran di Indonesia adalah sebesar 250 KWh/m<sup>2</sup>/tahun, angka ini melebihi standar penggunaan energi pada gedung kantor yaitu 180

KWh/m<sup>2</sup>/tahun. Dapat disimpulkan bahwa banyak gedung perkantoran di Indonesia masih boros energi . (Erahman et al., 2015, p. 2). Kota Salatiga memiliki permintaan penyediaan kebutuhan energi listrik terus meningkat yang salah satu faktornya dipengaruhi dari sisi perencanaan pembangunan

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p67-83>

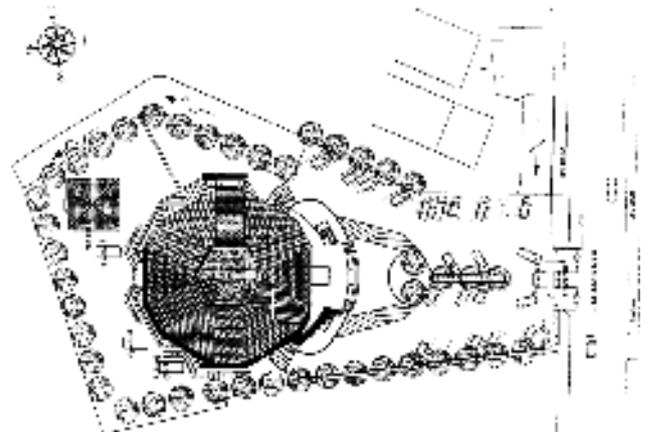
daerah. (*Kholistianingsih, 2021, p. 104*). Sehingga diperlukan perencanaan dengan konsep bangunan hemat energi, yaitu bangunan yang memiliki keseimbangan energi. Faktor faktornya antara lain: Pengoptimalan penggunaan internal heating load yang tinggi, menghindari overheating, perlindungan dari panas matahari dan silau, pengoptimalan pencahayaan alami, Fleksibilitas dalam penggantian dan perawatan alat di bangunan tanpa konsumsi energi yang berlebihan. (*Gonzalo,2006*) (*Laksmiyanti et al., 2020, p. 1*). Hasil rancangan tidak lagi memenuhi unsur estetika dan fungsional, tetapi harus memperhatikan tingkat keefisienan dalam penggunaan energi. Atau dengan kata lain hemat energi dimaksudkan mengurangi tingkat pemakaian listrik tanpa mengabaikan keindahan, fungsionalitas dan kenyamanannya.

Gedung Perpustakaan dan Kearsipan Daerah Kota Salatiga berada pada Jl. Adisucipto No. 7, Kota Salatiga. Gedung Persipda diresmikan oleh Walikota Salatiga tanggal 27 Februari 2013, untuk pelayanan perpustakaan mulai tanggal 1 maret 2013, sehingga dikenal Gedung Perpustakaan dan Kearsipan Daerah Kota Salatiga seperti terlihat sekarang ini. Bentuk arsitektural gedung ini memiliki ciri khusus berupa atap transparan pada puncaknya. Pada area interior dibawah konstruksi atap menggunakan plafond menempel pada konstruksi atap dengan pemasangan mengikuti kemiringan atap.



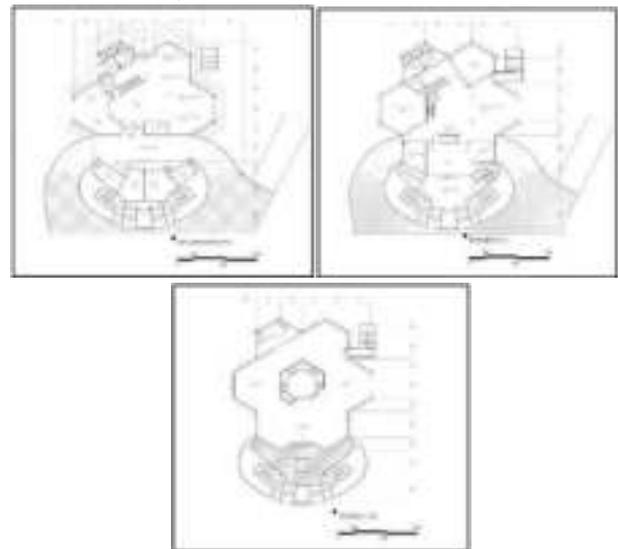
Gambar 1. Lokasi Persipda Salatiga.  
sumber : Dok. Penulis 2022

Gedung Persipda menghadap arah timur serong ke arah tenggara. Pada area halaman merupakan land development dan sebagai area parkir, pada sisi belakang bangunan terdapat gasebo. Bangunan persipda dikelilingi dengan tata ruang luar yang hijau dengan banyak terdapat vegetasi terutama pada bagian belakang dan samping kiri.



Gambar 2. SitePlan Gedung Persipda Salatiga.  
sumber : Dok. Pribadi 2022

Denah bangunan Gedung persipda berbentuk segi banyak beraturan dengan 18 belas bidang dinding terdapat bukaan jendela sebagai ventilasi alami kedalam bangunan. Pada tengah bangunan lantai 2 terdapat void sebagai penghubung dengan lantai 1 dan berfungsi sebagai area penerangan alami langsung dari atap transparan yang berada di atasnya.



Gambar 3. Denah Gedung Persipda Salatiga  
sumber : Dok. Penulis 2022

Gedung persipda kota salatiga mempunyai tampak bangunan modern dengan penutup atap “menyerupai” kerucut, terbagi atas dua bagian kemiringan atap. Pada area teras lantai 1 menggunakan atap beton dengan ornament material “lisplank” berupa bahan alumunium berwarna orange.



Gambar 4. Tampak Gedung Persipda Salatiga  
sumber : Dok. Penulis 2022

Sebagai bangunan publik bangunan Persipda harus mempertimbangkan kenyamanan pengguna bangunan yang berada di dalamnya dan dapat memenuhi beberapa faktor, salah satunya adalah faktor kenyamanan termal pada bangunan ini. Indikasi kenyamanan termal dikaji dari kinerja termal yang dikaji dari selimut bangunan dinding dan atap. Bangunan Persipda terdiri atas tiga lantai dengan denah segi banyak beraturan, terdapat void lebar ditengah bangunan sebagai penghubung lantai satu dengan lantai dua. Konstruksi atap berbentuk pipa dengan atap oundouline dan atap transparan model datar sebagai penutup atap puncaknya, yang bertujuan sebagai bukaan untuk mendapatkan intensitas sinar matahari dan penerangan alami di dalam bangunan ini.

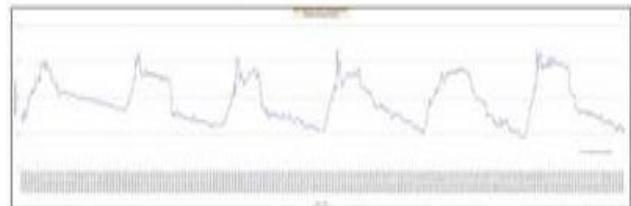
Kondisi eksisting tersebut menyebabkan kenyamanan ruang lantai satu dan dua pada gedung persipda ini, dirasakan udara yang panas dan pada ruang tertentu terdapat penerangan alami yang berlebih dan pada waktu – waktu tertentu menyebabkan silau pada ruangan terutama lantai dua dari bangunan ini. Kondisi bukaan pada atap transparan ini memberikan pengaruh terhadap kinerja termal pada ruang bangunan Persipda.



Gambar 5. Bukaan atap transfaran Persipda Salatiga.  
sumber : Dok. Penulis 2022

### Iklm mikro

Sebelum pembahasan mengenai kinerja termal, sangat diperlukan mengenai data iklim lingkungan / iklim mikro pada suatu daerah penelitian. Pengertian iklim mikro dalam suatu penelitian adalah profil beberapa parameter iklim (suhu udara, kelembaban, angin, curah hujan dan panas terpaan sinar matahari) terdekat dengan obyek penelitian (Olgyay, 2015), (Lippsmeier, 1969), (Kindangan,2017) (Prianto, 2022, p. 118).



Gambar 6. Profil Iklim Mikro Kota Salatiga.  
sumber : Puspa ragam bentuk  
bentuk arsitektur setempat

Dilihat dari grafik profil iklim mikro diatas, kondisi temperature tidak terdapat pola perbedaan yang mencolok / signifikan dan cenderung berbentuk typical dari hari ke hari selama waktu pengukuran 2 hari. Berdasar dari hasil pengukuran tersebut didapatkan hasil profil iklim mikro kota salatiga seperti pada tabel berikut :

Tabel 1. Profil Iklim Mikro Kota Salatiga  
sumber : *Puspa ragam bentuk bentuk arsitektur setempat*

Suhu ( $T_e$ ) dan Temperatur (%)	$T_e$ (°C)	$H_e$ (%)
Maksimal	31,8	96,7
Minimal	19,4	47
Rata – rata	24,6	81,1

Nilai kinerja termal suatu bahan atau bentuk bangunan didasarkan atas perbedaan suhu udara di dalam bangunan dengan suhu di lingkungan eksteriornya. Dalam kajian lebih detail kinerja termal suatu material sering disebut dengan Kinerja Termal (Eurolab, n.d.),(Soekardi, 2019), (Samodra, n.d.), dimana Faktor- U digunakan untuk menguji ketahanan suatu produk terhadap aliran panas, secara sederhana pengertian kinerja termal adalah faktor seberapa baik bangunan menahan panas.

Rumus perhitungan Kinerja Termal adalah sebagai berikut :

Teksterior – T interior = (+/-)..... Rumus 01  
Heksterior – H interior = (+/-)..... Rumus 02  
dimana : Tekst. Suhu udara ruang luar (°C) T int. Suhu udara ruang dalam (°C). Heks. Kelembaban udara ruang luar (%) H int. Kelembaban udara ruang dalam (%). Bilamana hasil (+) positif, berarti Suhu/Kelembaban di interior dalam kondisi lebih sejuk, dan sebaliknya untuk hasil (-) negative. (Prianto, 2022, pp. 122–123)

### Pendinginan Pasif

Selubung bangunan memberikan perlindungan terhadap pengaruh lingkungan luar yang tidak dikehendaki seperti panas radiasi, angin, hujan, kebisingan, polusi, dan memiliki peran penting dalam dalam mengurangi konsumsi untuk pendinginan dan pencahayaan. Pada bangunan berlantai satu dan dua, luas atap jauh lebih besar daripada luas dinding dan merupakan bagian dari bangunan yang terpapar sinar matahari langsung sepanjang hari, menyebabkan panas yang besar masuk ke dalam bangunan, oleh karena itu perancangan konstruksi atap bangunan harus dilakukan secara hati-hati untuk menghindari masuknya panas berlebih ke dalam bangunan dan

menjadi penentu beban panas yang masuk ke dalam bangunan. (Budhyowati, 2022, p. 46)

Tiga teknik pendinginan pasif yang diaplikasikan pada atap bangunan, yaitu; lapisan reflektif pada atap, isolasi termal pada langit-langit dan sirkulasi udara alami di zona loteng untuk meningkatkan kinerja termal bangunan residensial di Indonesia. (Lapisa et al., n.d., p. 208). Penerapan teknik pendinginan pasif bersamaan dalam menciptakan kenyamanan dalam suatu bangunan bahkan penghematan energi bangunan karena suatu beban panas radiasi matahari untuk bangunan di daerah tropis adalah dengan mengoptimalkan aspek lapisan reflektif pada atap, isolasi termal pada langit-langit dan sirkulasi udara alami di zona loteng. Pengolahan yang bijak terhadap aspek - aspek tersebut secara signifikan mengurangi suhu yang terlalu panas dan ketidaknyamanan termal pada bangunan secara keseluruhan. (Kindangan, 2017, p. 2) . Konstruksi atap hemat energi, memilih material penutup atap, plafon, dan insulasi atap yang memiliki nilai konduktivitas panas yang kecil dan memiliki nilai resistan yang besar sehingga sedikit mengalirkan panas. Tipe konstruksi atap yang paling baik adalah yang paling besar nilai resistannya sehingga nilai transmitannya menjadi kecil, dengan demikian panas yang dialirkan pun kecil. Jenis material penutup atap yang paling hemat energi adalah Panel Polystyrene dengan nilai konduktivitas 0.039 W/mK, nilai resistan 2.046 m<sup>2</sup>K/W dan nilai transmittan 0.489 W/m<sup>2</sup>K. untuk mengurangi nilai transmittan konstruksi atap dapat dilakukan dengan mendesain variasi tipe konstruksi. (Budhyowati, 2022, p. 55)

Teknik insulator dipengaruhi dari cara pemasangan insulator, material insulator, ketebalan insulator, maupun orientasi bangunan mempengaruhi penurunan suhu ruang. Dimana cara pemasangan terbaik adalah jika insulator dipasang miring mengikuti bentuk atap dan tepat di bawah atap terluar. Selain itu semakin tebal insulator maka semakin lambat perambatan panasnya, sehingga ruangan di bawahnya tidak secara langsung terasa panas. (Marina, 2020, p. 485)

Teknik bukaan ventilasi, bukaan pada keongan atap dapat dimanfaatkan untuk mengalirkan

udara yang berguna untuk mendinginkan udara panas dibawah atap yang sekaligus akan menurunkan suhu di dalam atap rumah. (Sukawi et al., 2016, p. 9) . Peran ventilasi dalam menciptakan kenyamanan termal dalam ruang sangat penting, hal ini terlihat pada bangunan yang berventilasi lebih terbuka pada material batu efektif dalam perambatan kalor, sehingga suhu dalam ruang lebih cepat beradaptasi dengan suhu luar ruangan saat suhu luar ruangan mulai hangat, dan saat malam hari saat ventilasi di tutup dengan adanya celah kecil pada ventilasi, dapat mempertahankan kondisi termal dalam ruang serta mengurangi efek gerah pada penghuni bangunan yang dikarenakan penumpukan kalor dalam ruang. (Retyanto & Hendriani, 2018, pp. 104–105)

## METODE

Metode penelitian dilakukan dengan pengukuran langsung ke lapangan menggunakan alat ukur 10 buah data logger elitech GSP-6 dan peralatan penunjang lainnya, seperti tripot, dan payung sebagai pelindung alat dari hujan dan panas. Pengukuran dilakukan mulai pukul  $\pm$  06.00 wib, dengan durasi selama 2 hari x 24 jam. Durasi pengukuran setiap 15 menit, jadi diperoleh data ukur pada masing – masing titiknya sebanyak 192 buah. Titik pengukuran berada pada setiap lantai bangunan di tambah dengan area outdoor. Dengan penomoran alat ukur sebagai berikut , T1 (outdoor depan), T2 (outdoor basement), T3 (lantai Basement), T4 (Lantai 01), T5 (Lantai 02), T6 (outdoor teras), T7 (outdoor atap), T08 (outdoor belakang), T09 (outdoor samping kanan) dan T10 (outdoor samping kiri).

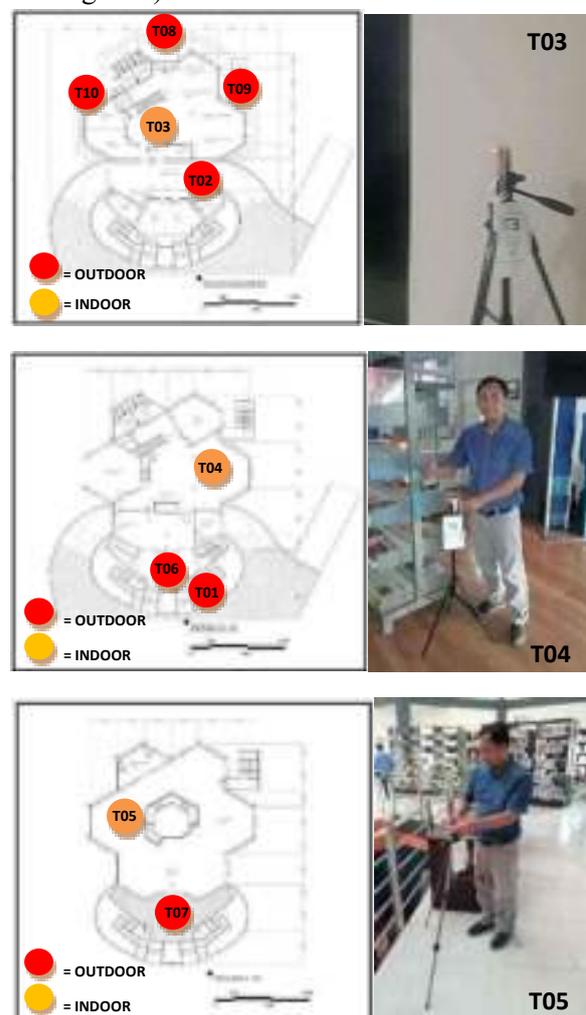


Gambar 7. Data Logger Elitech GSP-06.  
sumber : Dok. Penulis 2022

## HASIL & PEMBAHASAN

### Pengambilan Data Lapangan

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 12 s/d 13 september tahun 2022 (2 hari), dengan waktu pengambilan data selama satu hari penuh (24 jam) dimulai dari jam 6.00 wib s/d 6.00 hari berikutnya dengan menggunakan data logger elitech GSP-6. Titik pengukuran ditempatkan pada area outdoor dan indoor bangunan sejumlah 10 titik. Dimulai dari T1 (outdoor depan), T2 (outdoor basement), T3 (lt. basement), T4 (lt. 01), T5 (lt. 02), T6 (outdoor teras), T7 (outdoor atap), T8 (outdoor belakang), T09 (outdoor samping kanan) dan T10 (outdoor samping kiri bangunan).

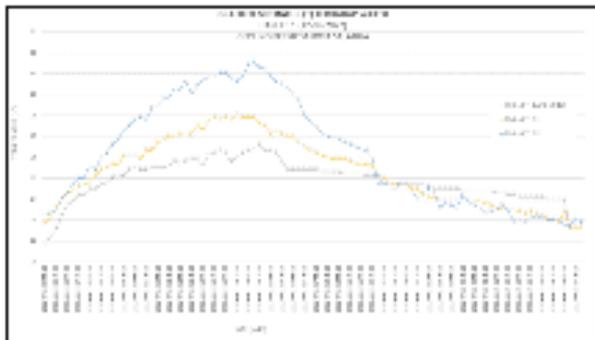


Gambar 8. Penempatan Titik Ukur  
sumber : Dok. Penulis 2022

### Hasil Pengukuran

a. Hari pertama

Data temperature (T)°C dan kelembaban (H) % hari pertama didapat terlihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 9. *T int. Hari 01, Gedung Persipda*  
sumber : Dok. Penulis 2022

Temperature interior (Tint) lantai gedung persipda Salatiga menunjukkan suhu tertinggi secara berurut mulai dari lantai 02 (Tmaks. 30,5°C terjadi pada jam 14.55 wib), lantai 01 (Tmaks. 28°C terjadi pada jam 14.25 wib) dan lantai basement (T maks. 26,6°C terjadi pada jam 15.25 wib). Perbedaan temperatur lantai 02 dengan lantai 01 sebesar 2,5 °C dan lantai 01 dengan lantai basement sebesar 1,4 °C.

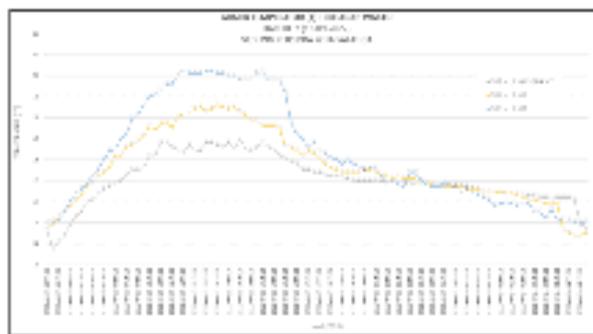


Gambar 10. *H int. Hari 01, Gedung Persipda*  
sumber : Dok. Penulis 2022

Nilai kelembaban (Hint) berbanding terbalik dengan nilai temperturnya. Kelembaban tertinggi secara berurut mulai dari lantai basement (Hmaks. 87,5% terjadi pada jam 06.25 wib), lantai 01(Hmaks. 86,7% terjadi pada jam 06.25 wib), dan lantai 02 (Hmaks. 82% terjadi pada jam 06.25 wib),

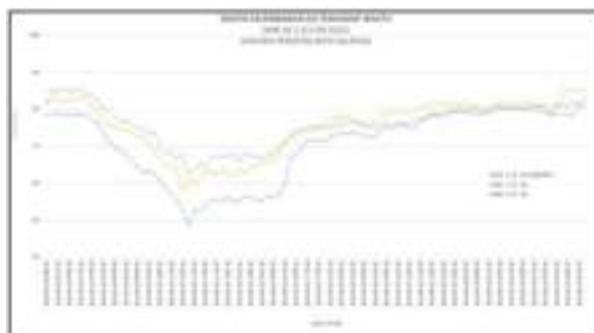
b. Hari kedua

Data temperature (T)°C dan kelembaban (H) % hari pertama didapat terlihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 11. *T int. Hari 02, Gedung Persipda*  
sumber : Dok. Penulis 2022

Temperature interior (Tint) tertinggi secara berurut terjadi pada lantai 02 (Tmaks. 30,3°C terjadi pada jam 11.55 wib), lantai 01 (Tmaks. 28,6°C terjadi pada jam 13.25 wib) dan lantai basement (T maks. 27°C terjadi pada jam 14.25 wib). Perbedaan temperatur lantai 02 dengan lantai 01 sebesar 1,7 °C dan lantai 01 dengan lantai basement sebesar 1,6 °C.



Gambar 12. *H int. Hari 01, Gedung Persipda*  
sumber : Dok. Penulis 2022

Kelembaban (Hint) berbanding terbalik dengan nilai temperturnya. Kelembaban tertinggi secara berurut mulai dari lantai basement (Hmaks. 85,6% terjadi pada jam 07.25 wib), lantai 01(Hmaks. 82,6% terjadi pada jam 05.25 wib), dan lantai 02 (Hmaks. 81,6% terjadi pada jam 04.25 wib),

### Pengaruh Atap Transparan Terhadap Kinerja Termal

Untuk mengetahui pengaruh atap transparan terhadap kinerja termal, dilakukan kajian kinerja termal gedung persipda dari setiap lantainya (lantai basement, lantai 01 dan lantai 02), dengan kajian kinerja termal pada 4 sisi dinding (depan, kanan, belakang dan kiri). Setelah didapat hasil kinerja

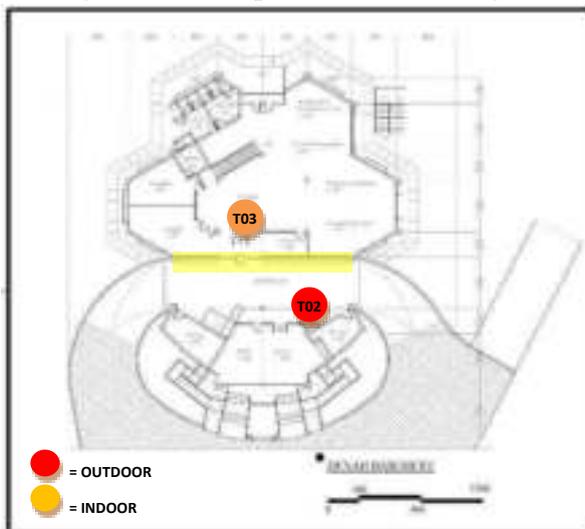
<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p67-83>

termal tersebut khusus lantai 02 dikaji dari kinerja termal atap bangunannya, karena pada lantai 02 ini selain dinding terdapat juga selimut bangunan yang berupa atap.

### A. Lantai Basement

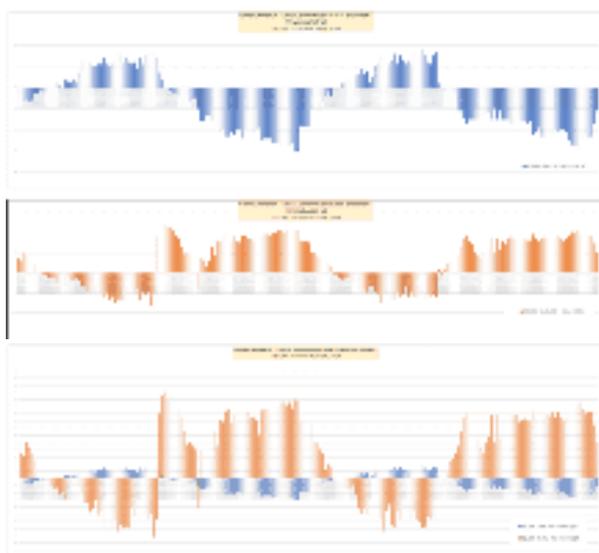
#### - Kinerja Termal Dinding Depan

Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada lantai basement ini. Dinding berada pada area droof off basement berada ditengah antara ruangan servis dan ruangan kantor arsip daerah kota Salatiga.



Gambar 13. *Dinding Depan Lt. Basement*  
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding depan lantai basement diperoleh selisih perbedaan T02 – T03 dan H02 – H03. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



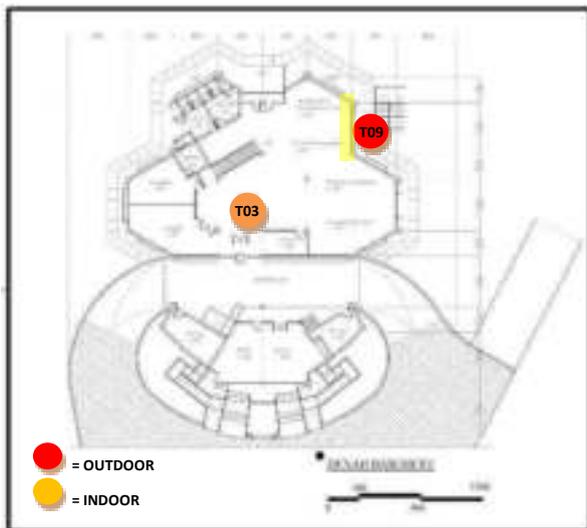
Gambar 14. *Grafik Kinerja Termal*

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Grafik kinerja termal antara pengukuran hari pertama dengan hari kedua berbentuk serupa / typical, urain kinerja termal digunakan dari salah satu waktu pengukurannya, yaitu hari pertama. Kinerja termal dinding depan lantai basement menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 8.00 wib **T<sub>int</sub> lebih panas dari T<sub>eks</sub>** (bernilai negatif) dengan nilai < 1 °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 8.00 s/d jam 18.00 wib **T<sub>int</sub> lebih dingin dari T<sub>eks</sub>** (bernilai positif) dengan selisih tertinggi mencapai 1,6 °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 08.00 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 14.00 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 18.00 wib.
- Jam 18.00 wib s/d jam 6.00 wib hari berikutnya **T<sub>int</sub> lebih panas dari T<sub>eks</sub>** (bernilai negatif) dengan selisih tertinggi mencapai ≥ 3 °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 18.00 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 04.30 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 06.00 wib hari berikutnya.

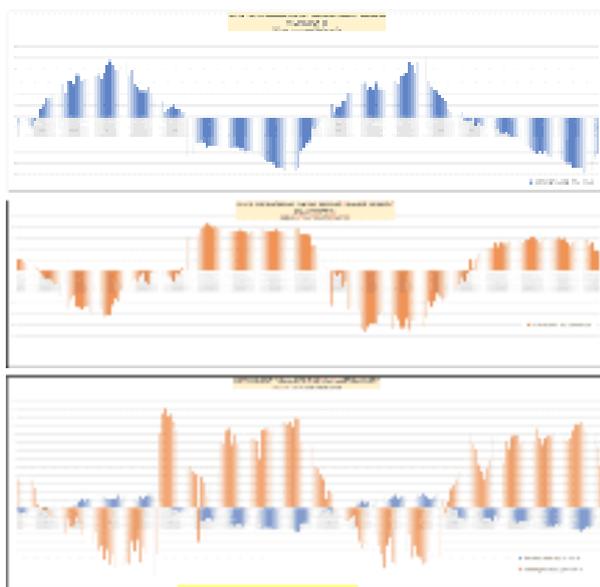
#### - Kinerja termal dinding samping kanan

Dinding samping kanan lantai basement terlihat pada bidang yang berwarna kuning. Dinding berada diantara area tangga outdoor yang merupakan tangga servis ke area lantai atasnya dan ke area tandon, pada area bawah bordes sebagai area genset.



Gambar 15. Dinding Samping Kanan Lt. Basement  
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding samping kanan lantai basement diperoleh selisih perbedaan T09 – T03 dan H09 – H03. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



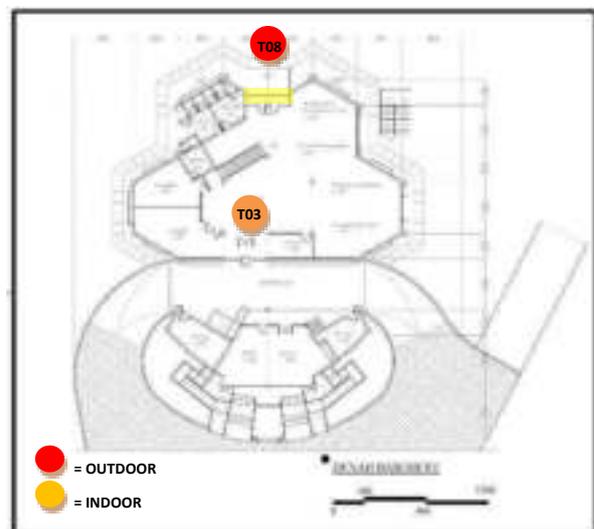
Gambar 16. Grafik Kinerja Termal Dinding Samping Kanan Lt. Basement  
sumber : Dok. Penulis 2022

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding samping kanan lantai basement menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 7.25 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai  $< 1$  °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 7.25 s/d jam 19.40 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai 4,8 °C , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 07.25 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 13.25 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 19.40 wib.
- Jam 19.40 wib s/d jam 6.55 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai 4,5 °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 19.40 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 03.55 s/d 4.40 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 06.55 wib hari berikutnya.

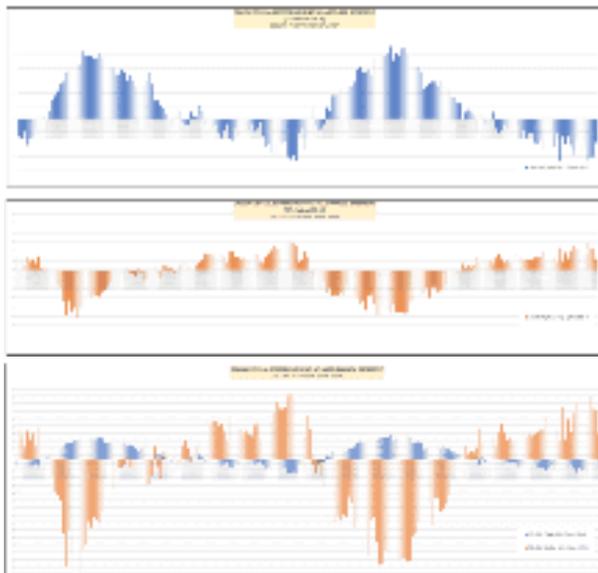
- **Kinerja termal dinding belakang**

Dinding belakang lantai basement terlihat pada bidang yang berwarna kuning. Dinding berhadapan langsung dengan halaman belakang yang berupa area taman.



Gambar 17. Dinding Belakang Lt. Basement  
sumber : Dok. Penulis 2022

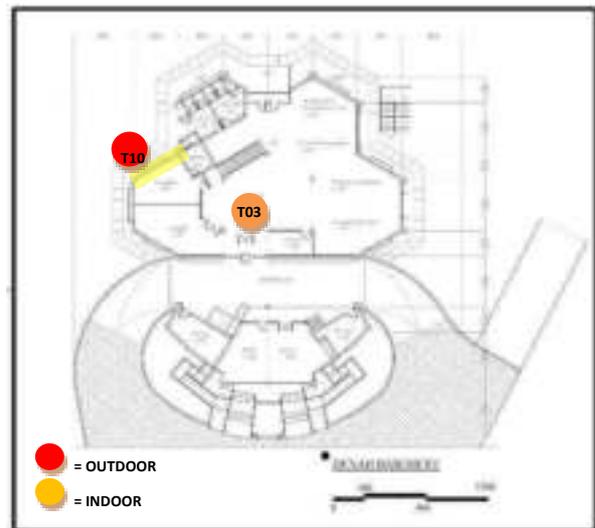
Kinerja termal pada dinding belakang lantai basement diperoleh selisih perbedaan T08 – T03 dan H08 – H03. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



Gambar 18. Grafik Kinerja Termal Dinding Belakang Lt. Basement  
sumber : Dok. Penulis 2022

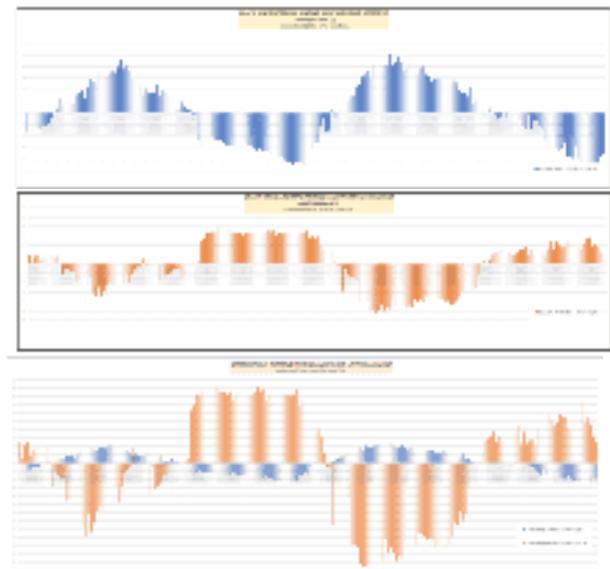
Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding belakang lantai basement menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 7.40 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai  $< 2,1$  °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 7.40 s/d jam 21.25 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai  $5,1$  °C , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 7.40 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 12.40 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 21.25 wib.
- Jam 21.25 wib s/d jam 7.10 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai  $3,2$  °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 21.25 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 04.55 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 07.10 wib hari berikutnya.
- **Kinerja termal dinding samping kiri**  
Dinding samping kanan lantai basement terlihat pada bidang yang berwarna kuning. Dinding berhadapan langsung dengan area taman sisi kiri bangunan.



Gambar 19. Dinding Samping Kiri Lt. Basement  
sumber : Dok. Penulis 2022

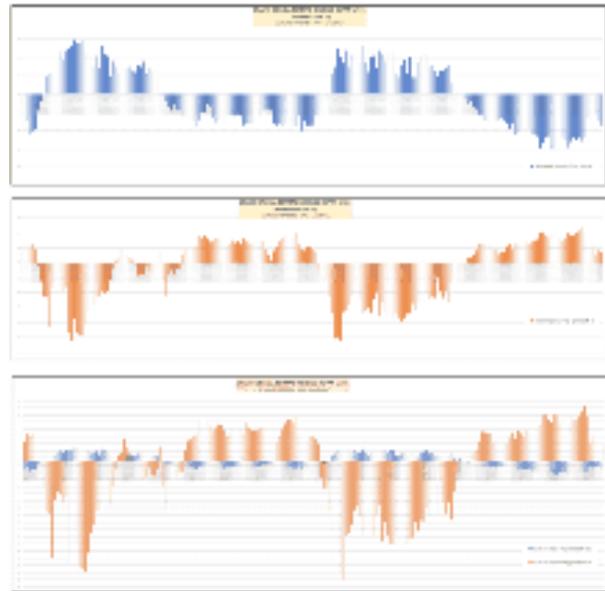
Kinerja termal pada dinding samping kiri lantai basement diperoleh selisih perbedaan T10 – T03 dan H10 – H03. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



Gambar 20. Grafik Kinerja Termal Dinding Samping Kiri Lt. Basement.  
sumber : Dok. Penulis 2022

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding samping kiri lantai basement menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 7.55 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai  $< 1,5$  °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 7.55 s/d jam 19.25 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai  $4,6$  °C , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 7.55 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 13.40 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 19.25 wib.
- Jam 19.25 wib s/d jam 6.55 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai  $4,5$  °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 19.25 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 3.55 wib s/d 04.55 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 06.55 wib hari berikutnya.

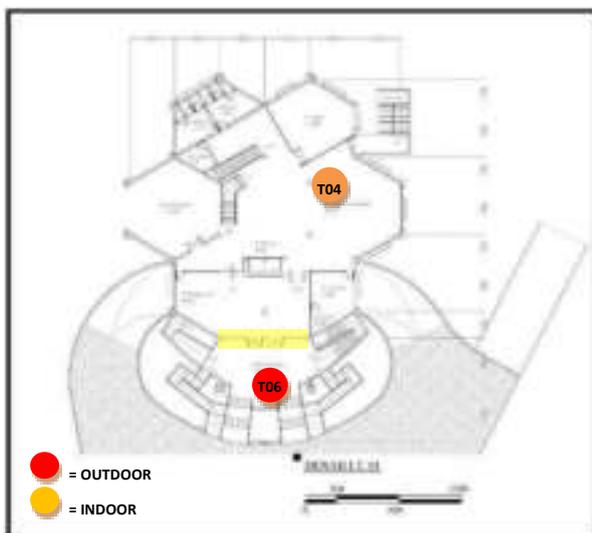


Gambar 22. *Grafik Kinerja Termal Dinding Depan Lt. 01*  
sumber : Dok. Penulis 2022

## B. Lantai 01

### - Kinerja termal dinding depan

Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding depan lantai 01 ini. Merupakan dinding pembatas antara teras dengan ruang perpustakaan.

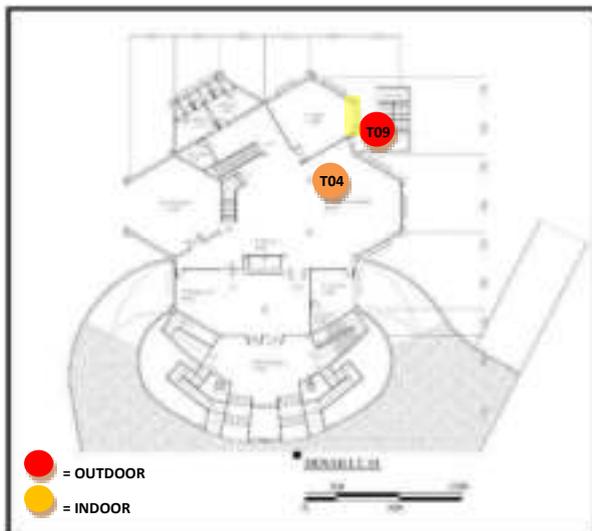


Gambar 21. *Dinding Depan Lt. 01*  
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding depan lantai 01 diperoleh selisih perbedaan  $T06 - T04$  dan  $H06 - H04$ . Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.

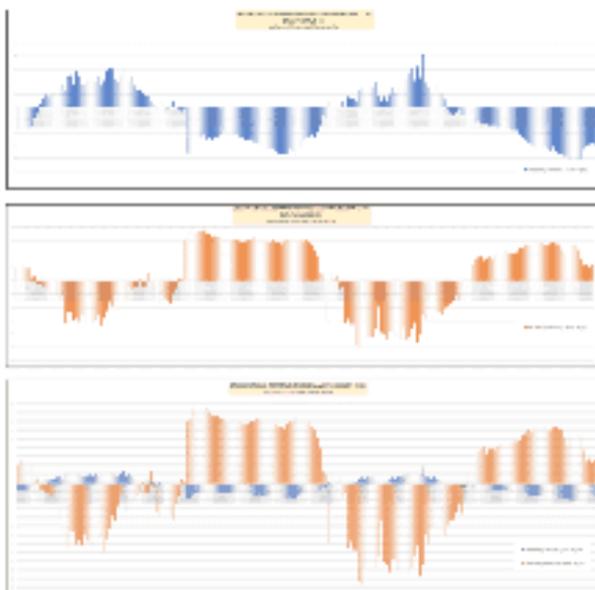
Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding depan lantai 01 menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 7.40 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai  $< 2,2$  °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 7.40 s/d jam 16.55 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai  $3,1$  °C , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 7.40 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 10.55 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 16.55 wib.
- Jam 16.55 wib s/d jam 6.55 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai  $2$  °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 16.55 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 4.55 dan mengalami penurunan sampai dengan jam 06.55 wib hari berikutnya.
- **Kinerja termal dinding samping kanan**  
Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding samping kanan lantai 01 ini. Berada pada area disebelah tangga outdoor.



Gambar 23. Dinding Samping Kanan Lt. 01  
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding samping kanan lantai 01 diperoleh selisih perbedaan T09 – T04 dan H09 – H04. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



Gambar 24. Grafik Kinerja Termal  
Dinding Samping Kanan Lt. 01  
sumber : Dok. Penulis 2022

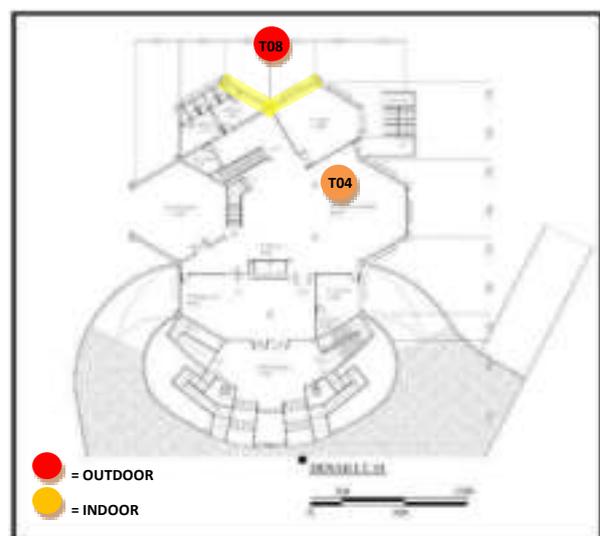
Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding samping kanan lantai 01 menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 7.25 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai  $< 1,7$  °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).

- Jam 7.25 s/d jam 18.55 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai  $3,1$  °C , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 7.25 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 13.25 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 18.55 wib.
- Jam 18.55 wib s/d jam 8.10 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai  $3,8$  °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 18.55 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 4.55 dan mengalami penurunan sampai dengan jam 8.10 wib hari berikutnya.

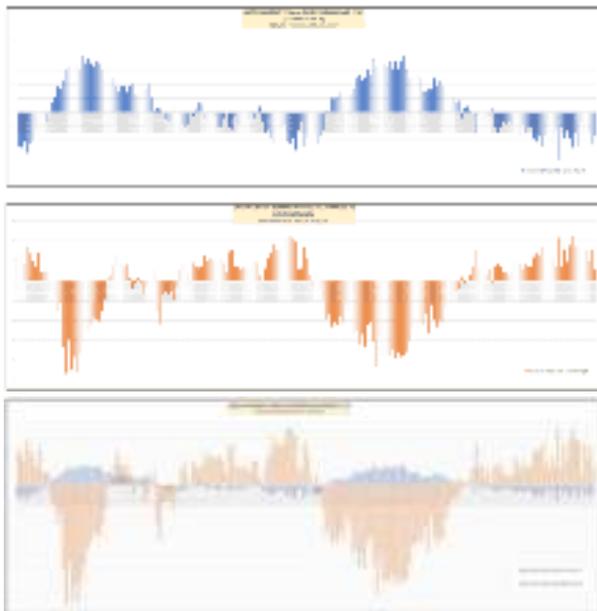
#### - Kinerja termal dinding belakang

Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding belakang lantai 01, menghadap taman sisi belakang bangunan.



Gambar 25. Dinding Belakang Lt. 01  
sumber : Dok. Penulis 2022

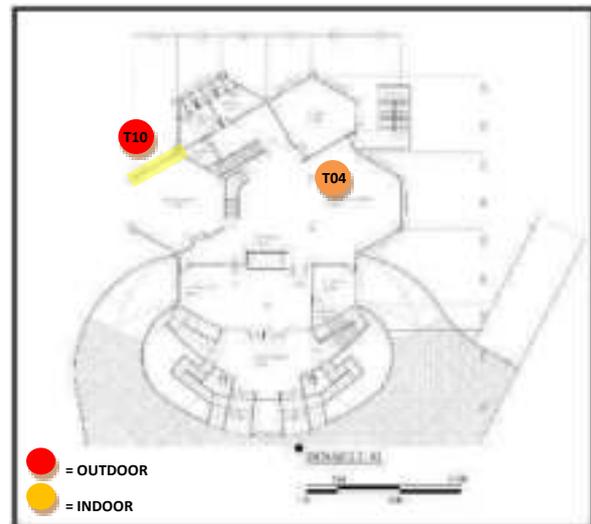
Kinerja termal pada dinding belakang lantai 01 diperoleh selisih perbedaan T08 – T04 dan H08 – H04. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



Gambar 26. *Grafik Kinerja Termal Dinding Belakang Lt. 01*  
sumber : Dok. Penulis 2022

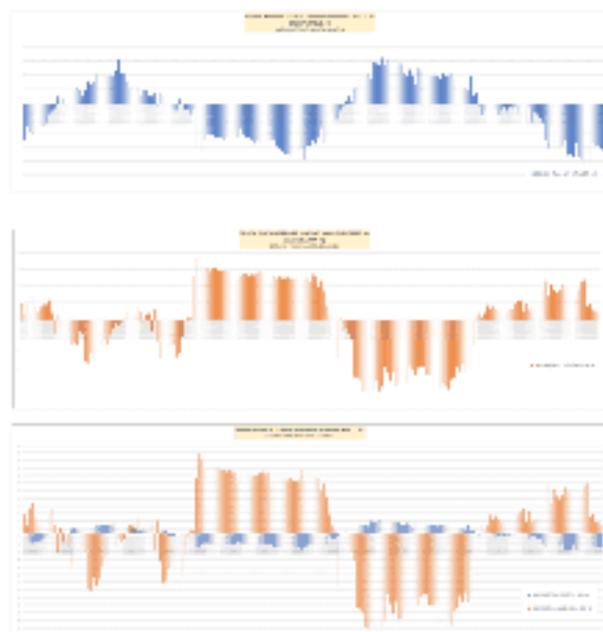
Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding samping kanan lantai 01 menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 8.25 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai  $< 2,2$  °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 8.25 s/d jam 17.55 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai  $4$  °C , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 8.25 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 11.10 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 17.55 wib.
- Jam 17.55 wib s/d jam 7.40 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai  $2,7$  °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 17.55 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 4.55 dan mengalami penurunan sampai dengan jam 7.40 wib hari berikutnya.
- **Kinerja termal dinding samping kiri**  
Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding samping kiri lantai 01, menghada taman sisi kiri bangunan.



Gambar 27. *Dinding Samping Kiri Lt. 01*  
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding samping kiri lantai 01 diperoleh selisih perbedaan T10 – T04 dan H10 – H04. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



Gambar 28. *Grafik Kinerja Termal Dinding Samping Kiri Lt. 01*  
sumber : Dok. Penulis 2022

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding samping kanan lantai 01 menunjukkan :

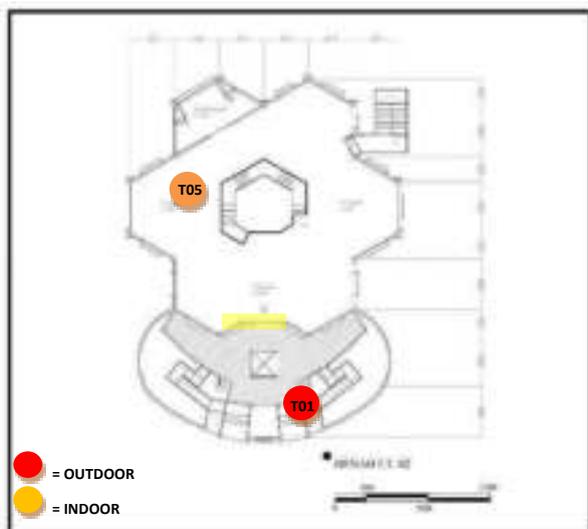
- Jam 5.55 s/d jam 8.25 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai  $< 2,5$  °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).

- Jam 8.25 s/d jam 17.55 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai  $3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 8.25 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 13.40 wib dan mengalami penurunan sampai dengan jam 17.55 wib.
- Jam 17.55 wib s/d jam 8.25 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai  $3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 17.55 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 4.55 dan mengalami penurunan sampai dengan jam 8.25 wib hari berikutnya.

### C. Lantai 02

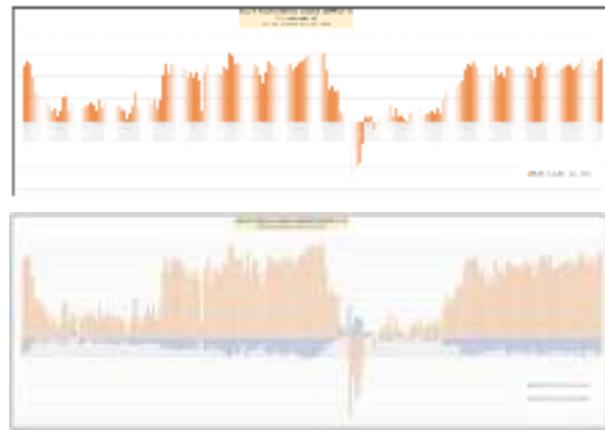
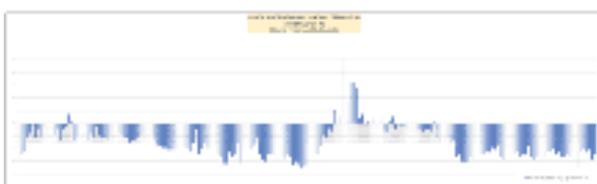
#### - Kinerja termal dinding depan

Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding depan lantai 02, merupakan dinding pembatas area atap beton teras dengan ruang perpustakaan lantai02.



Gambar 29. Dinding Depan Lt. 02  
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding depan lantai 02 diperoleh selisih perbedaan T01 – T05 dan H01 – H05. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



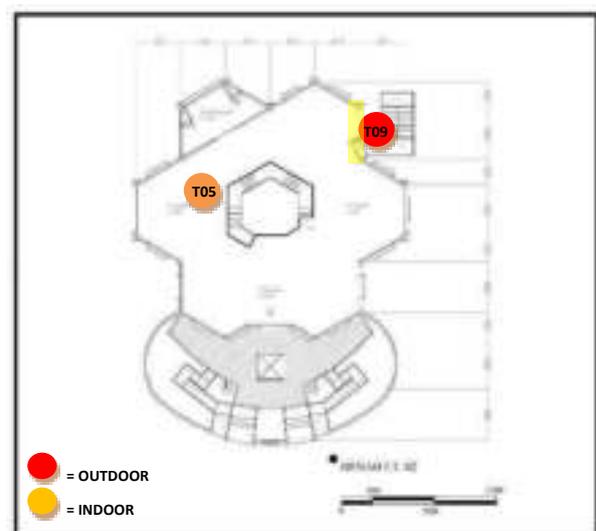
Gambar 30. Grafik Kinerja Termal Dinding Depan Lt. 02  
sumber : Dok. Penulis 2022

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T)  $^{\circ}\text{C}$ , dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding depan lantai 02 menunjukkan perbedaan pola dengan lanatai basement dan lantai 01.

- Jam 5.55 s/d jam 7.55 wib dihari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai  $< 2,9^{\circ}\text{C}$ , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). pada waktu tertentu terdapat Tint lebih dingin dari Teks (sekali / dua kali) disebabkan faktor lain, secara umum Tint lebih tinggi daripada Teks dan terjadi sepanjang hari.

#### - Kinerja termal dinding samping kanan

Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding samping kanan lantai 02, berada diantara tangga outdoor.

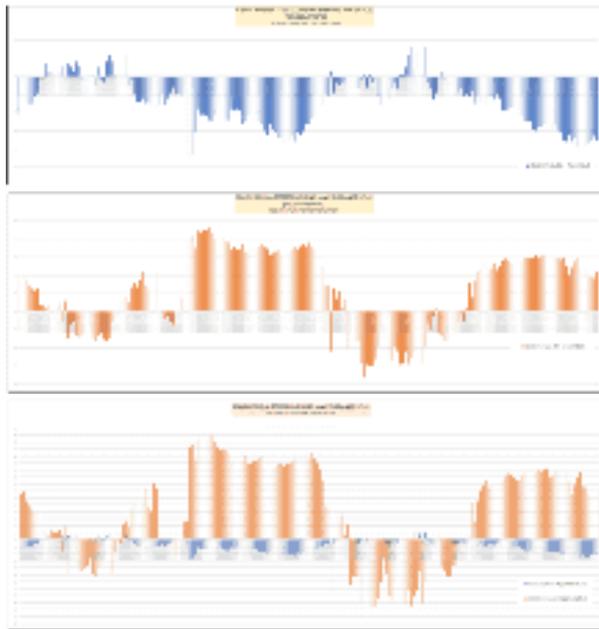


Gambar 31. Dinding Samping Kanan Lt. 02

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p67-83>

sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding samping kanan lantai 02 diperoleh selisih perbedaan T09 – T05 dan H09 – H05. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.

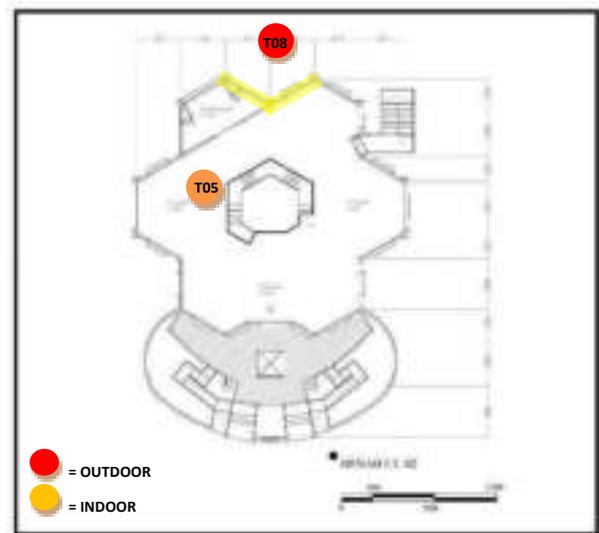


Gambar 32. Grafik Kinerja Termal Dinding Samping Kanan Lt. 02  
sumber : Dok. Penulis 2022

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding samping kanan lantai 02 menunjukkan :

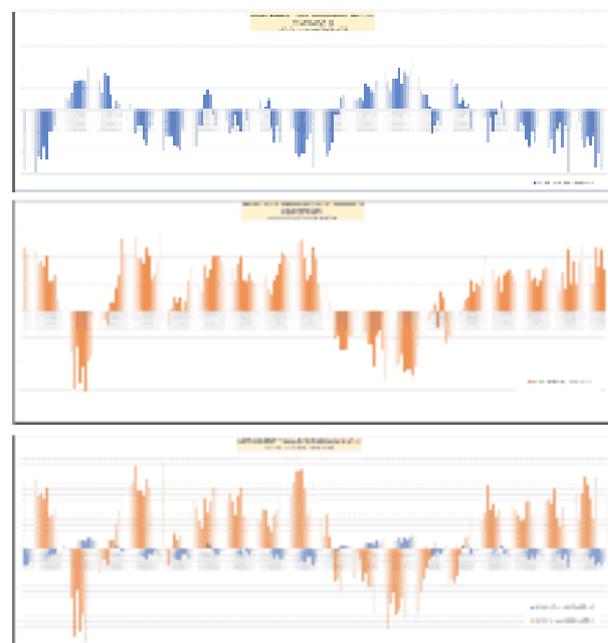
- Jam 5.55 s/d jam 7.40 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai  $< 2,1$  °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 7.40 s/d jam 14.55 wib **Tint tidak stabil**, kadang Tint lebih dingin dari Teks begitu juga sebaliknya. Tint lebih dingin dari Teks (1,2 °C), Tint lebih panas dari Teks (0,5 °C)
- Jam 14.55 wib s/d jam 7.25 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai 4,5°C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 14.55 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 19.55 dan mengalami penurunan sampai dengan jam 7.25 wib hari berikutnya.
- **Kinerja termal dinding belakang**

Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding belakang lantai 02, menghadap ke taman belakang.



Gambar 33. Dinding Belakang Lt. 02  
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding belakang lantai 02 diperoleh selisih perbedaan T08 – T05 dan H08 – H05. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.

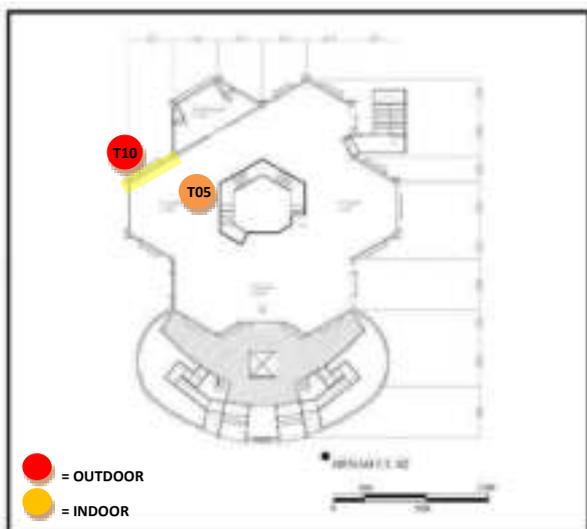


Gambar 34. Grafik Kinerja Termal Dinding Belakang Lt. 02  
sumber : Dok. Penulis 2022

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding belakang lantai 02 menunjukkan :

- Jam 5.55 s/d jam 8.40 wib **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai < 2,9 °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 8.40 s/d jam 14.40 wib **Tint lebih dingin dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai 2 °C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H).
- Jam 14.40 wib s/d jam 1.55 wib hari berikutnya **Tint tidak stabil**, kadang Tint dominan lebih panas dari Teks, tetapi pada waktu tertentu Tint bisa lebih dingin dari Teks. Tint lebih panas dari Teks (1,8°C) dan Tint lebih dingin dari Teks (1 °C).
- Jam 1.55 wib s/d jam 7.40 wib hari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan selisih tertinggi mencapai 2,7°C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). Pola selisih / perbedaan T mulai naik dari jam 1.55 wib dengan puncak selisih tertinggi antara jam 5.40 dan mengalami penurunan sampai dengan jam 7.40 wib hari berikutnya.

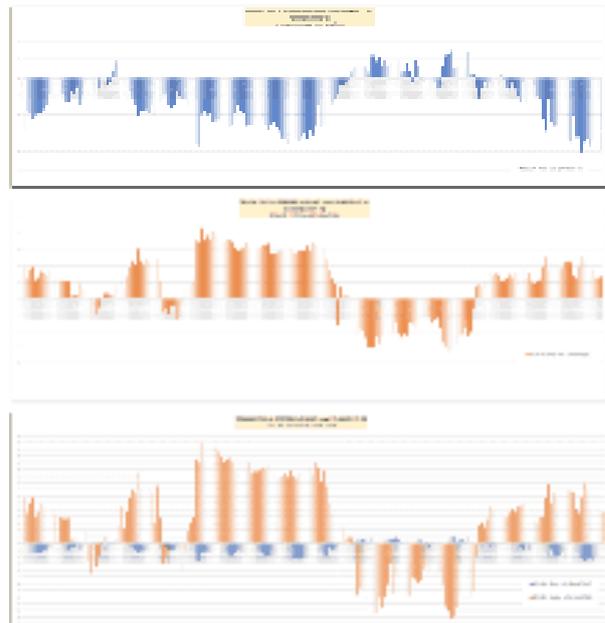
- **Kinerja termal dinding samping kiri**  
Bidang dinding warna kuning sebagai area kajian kinerja termal pada dinding samping kiri lantai 02, menghadap ke taman samping kiri.



Gambar 35. Dinding Samping Kiri Lt. 02  
sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal pada dinding samping kiri lantai 02 diperoleh selisih perbedaan T10 – T05 dan H10 –

H05. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



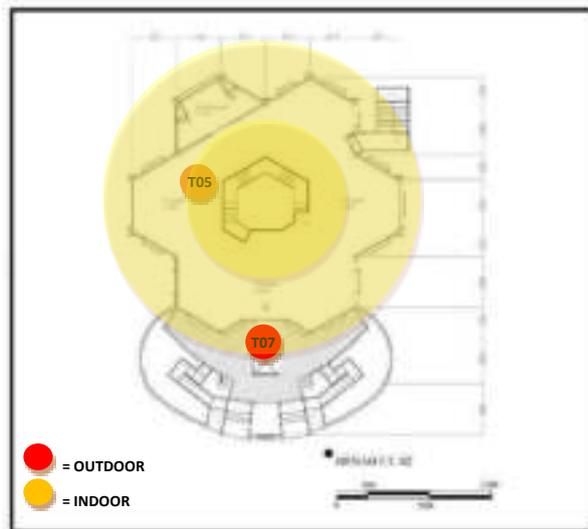
Gambar 36. Grafik Kinerja Termal  
Dinding Samping Kiri Lt. 02  
sumber : Dok. Penulis 2022

Grafik warna biru menunjukkan kinerja termal nilai Temperatur (T) °C, dan grafik warna oranye merupakan kinerja termal nilai Kelembaban (H) %. Kinerja termal dinding samping kiri lantai 02 menunjukkan pola yang sama dengan kinerja termal dinding depan lantai 02 ini.

- Jam 5.55 s/d jam 8.55 wib dihari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai < 2,9°C, berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). pada waktu tertentu terdapat Tint lebih dingin dari Teks (sekali / dua kali) disebabkan faktor lain, secara umum Tint lebih tinggi dari Teks terjadi sepanjang hari.

#### - Kinerja termal atap

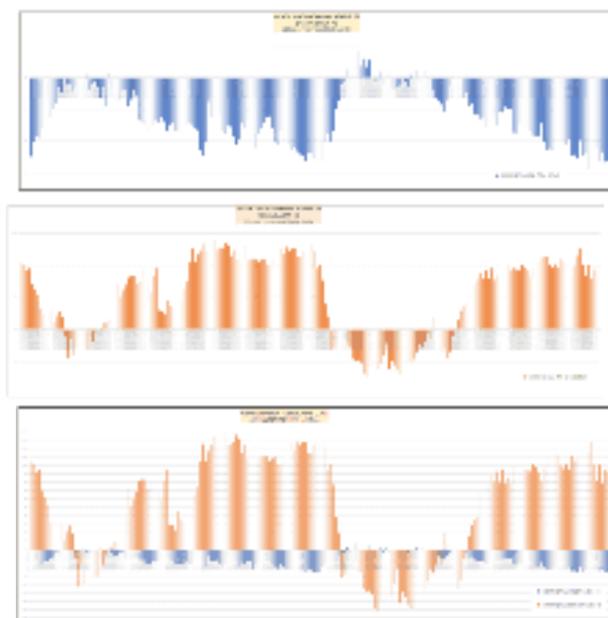
Pada lantai 02 terdapat selimut bangunan bidang atap, terlihat pada bidang lingkaran kuning. Lingkaran kuning besar atap jenis ondouline, lingkaran kuning kecil atap transparan model datar.



Gambar 37. Bidang Atap

sumber : Dok. Penulis 2022

Kinerja termal atap lantai 02 diperoleh selisih perbedaan T07 – T05 dan H07 – H05. Dari pengukuran tersebut diperoleh grafik kinerja termal dibawah ini.



Grafik biru adalah kinerja termal nilai T ( $^{\circ}\text{C}$ ), grafik oranye kinerja termal nilai H (%).

Kinerja atap menunjukkan pola yang sama dengan kinerja termal dinding depan dan dinding samping kiri lantai 02.

- Jam 5.55 s/d jam 8.10 wib dihari berikutnya **Tint lebih panas dari Teks** dengan nilai  $2,5^{\circ}\text{C}$ , berlaku sebaliknya dengan nilai kelembabannya (H). pada waktu tertentu terdapat Tint lebih dingin dari Teks (sekali / dua kali) disebabkan faktor lain, secara

umum Tint lebih tinggi dari Teks terjadi sepanjang hari.

## KESIMPULAN

Pengaruh atap transparan terhadap kinerja termal gedung Persipda kota Salatiga ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Untuk mendapatkan jawaban pengaruh atap terhadap kinerja termal dilakukan pengukuran pada selimut bangunan seluruh lantai. Lantai basement & lantai 01 pengukuran kinerja termal dinding depan, samping kanan, belakang dan samping kiri. Untuk lantai 02 selain semua semua sisi dinding ditambah dengan sisi bidang atap.
- Data pengukuran diperoleh kondisi Temperatur ( $T^{\circ}\text{C}$ ) dan Kelembaban (%) ruang. Temperatur tertinggi / panas secara urut adalah lantai 02, lantai 01 dan lantai basement.
- Kinerja termal pada semua sisi dinding lantai basement diperoleh hasil rata – rata nilai kinerja termalnya jam  $\pm$  6.00 wib s/d 9.00 wib (pagi hari) Tint lebih panas daripada Teks. Selanjutnya Jam 9.00 wib s/d 18.00 wib (siang s/d sore) Tint lebih dingin dari Teks. Jam 18.00 wib s/d 6.00 wib (malam s/d pagi) hari selanjutnya Tint lebih panas dari Teks.
- Kinerja termal pada semua sisi dinding lantai 01 memiliki pola yang sama dengan lantai basement.
- Kinerja termal pada semua sisi dinding lantai 02 diperoleh hasil rata – rata nilai kinerja termalnya jam  $\pm$  6.00 wib s/d 6.00 wib hari selanjutnya Tint lebih panas daripada Teks.
- Kinerja termal pada bidang atap lantai 02 diperoleh selisih temperature yang mencapai  $2,5^{\circ}\text{C}$ , dengan waktu yang stabil nilai temperature tidak jauh berbeda dari angka tersebut.
- Hasil penelitian kinerja termal pada selimut bangunan lantai basement dan lantai 01 membentuk pola selisih temperature Tint lebih panas dari Teks, jam  $\pm$  6.00 wib s/d 9.00 wib (pagi hari), Tint lebih dingin dari Teks, 9.00 wib s/d 18.00 wib (siang hari s/d sore hari), Tint lebih panas dari Teks, Jam 18.00 wib s/d 6.00 wib (malam s/d pagi hari). Pola sebaliknya terjadi pada lantai 02, yaitu sepanjang hari Tint lebih panas dari Teks (Jam 6.00 wib s/d 6.00 wib hari berikutnya), hal ini dikarenakan pada area lantai 02 terdapat atap transparan. Jadi atap transparan ini

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p67-83>

- memberikan pengaruh terhadap Tint selalu lebih panas dibanding dengan Teks.
- Solusi kinerja termal atap lantai 02, menggunakan lapisan reflektif pada atap, isolasi termal pada langit-langit dan sirkulasi udara alami di zona loteng, karena gedung Persipda tidak terdapat loteng, digunakan jendela atap untuk sirkulasi udaranya.
  - Penelitian ini membahas secara umum kinerja termal karena keberadaan dari atap transparan, untuk analisa dan perhitungan karakteristik bahan bangunan, dimensi bukaan dan faktor – faktor teknis lainnya, dibutuhkan penelitian lebih lanjut.

## REFERENSI

- Budhyowati, M.N, 2022, "Kajian Konstruksi Atap Bangunan Hemat Energi", *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, Vol. 4 No. 2 , 45–57.
- Erahman, P. F., Nugroho, A. M., & Sujudwijono, N., 2015, "Kantor Sewa dengan Pendekatan Pencahayaan Alami di Kota Malang [PhD Thesis]". *Brawijaya University*.
- Kholistianingsih, K., 2021, "Perencanaan dan Pemenuhan Energi Listrik Di Kota Salatiga". *Teodolita: Media Komunikasi Ilmiah Di Bidang Teknik*, Vol. 22 No.2, 102–110.
- Kindangen, J. I., 2017, "Pendinginan Pasif untuk Arsitektur Tropis Lembab". *Deepublish (CB Budi Utama)*.
- Laksmiyanti, D. P. E., Nilasari, P. F., & Hendra, F. H, 2020, Desain Tanggap Iklim. "In Desain Tanggap Iklim". *CV. Pilar Edukasi*.
- Lapisa, R., Setiawan, M. Y., Arwizet, F. R., & Krismadinata, N. (n.d.). "Pemanfaatan Teknik Pendinginan Pasif Untuk Meningkatkan Performa Termal Bangunan Residensial di Indonesia".
- Marina, N. F., 2020, "Dampak Lapisan Konstruksi Atap terhadap Suhu Ruang". *AGREGAT*, Vol. 5 No.2.
- Prianto, E., 2022, "Belajar Mengkaji Kinerja Termal pada Loteng Atap Kampung (Studi Eksperimen dengan Rumah Model)".
- Retyanto, B. D., & Hendriani, A. S., 2018, "Aspek Ventilasi Dan Aktivitas Penghuni Menciptakan Kenyamanan Termal Rumah Vernakuler Lereng Sindoro-Sumbing". *Gravity: Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Fisika*, Vol. 4 No.1.
- Sukawi, S., Dwiyanto, A., Sari, S. R., & Hardiman, G. (2016). Keongan Atap: Model Ventilasi Atap Pada Hunian Kampung Kota Di Kampung Pendrikan Semarang. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, Vol. 1 No. 1.

# Kapasitas Drainase dan Kualitas Air Drainase di Perumahan Bamaraya Kota Palangka Raya dalam Perspektif Teknis dan Persepsi Masyarakat

## *Drainage Capacity and Drainage Water Quality in Bamaraya Housing, Palangka Raya City, from a Technical and Public Perception Perspective*

**Sri Maisarah<sup>1</sup>, I Made Kamiana<sup>2</sup>, Allan Restu Jaya<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya. Email : [serymaisarah29@gmail.com](mailto:serymaisarah29@gmail.com)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya. Email : [kamianamade62@gmail.com](mailto:kamianamade62@gmail.com)

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya. Email : [allanrestujaya@gmail.com](mailto:allanrestujaya@gmail.com)

### **Abstrak**

Di beberapa tempat di jaringan drainase Perumahan Bamaraya, Kota Palangka Raya, warna air drainasenya kehitam-hitaman dan terjadi banjir ketika hujan lebat dengan durasi lama. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas drainase dan kualitas air drainase di Perumahan Bamaraya dari perspektif teknis dan persepsi masyarakat. Penelitian ini menggunakan data curah hujan harian maksimum, data jaringan dan dimensi saluran drainase eksisting, data sampel air drainase, dan data persepsi masyarakat. Kapasitas drainase dianalisis dengan cara membandingkannya terhadap debit rencana. Kualitas air drainase dianalisis berdasarkan parameter pH, COD, BOD, dan TSS. Persepsi masyarakat dianalisis secara statistik deskriptif, dalam hal ini berdasarkan nilai rata-rata (nilai *mean*) jawaban responden. Hasil penelitian menunjukkan, kapasitas drainase pada beberapa saluran mulai terlampaui pada debit rencana dengan periode ulang  $\geq 2$  tahun. Parameter pH dan COD air drainase di bawah baku mutu air limbah. Sedangkan parameter BOD dan TSS air drainase di atas baku mutu air limbah. Dalam skala 1 sampai 4, menurut persepsi masyarakat nilai *mean* kapasitas drainase 1,940 (kurang baik) dan nilai *mean* kualitas air drainase 1,450 (sangat tidak baik). Penelitian ini perlu dikembangkan dengan fokus pada perancangan dimensi drainase dan pemanfaatan instalasi pengolahan air limbah untuk meningkatkan kapasitas drainase dan kualitas air drainase.

**Kata Kunci:** kapasitas drainase; kualitas air drainase; perspektif teknis; persepsi masyarakat

### **Abstract**

*In some areas of the drainage network in Bamaraya Housing, Palangka Raya City, the water color in the drainage turns dark, and flooding occurs during heavy and prolonged rainfall. This research aims to analyze the drainage capacity and drainage water quality in Bamaraya Housing from both technical and public perception perspectives. This study utilizes data on maximum daily rainfall, existing drainage network and channel dimensions, drainage water samples, and public perception data. Drainage capacity is analyzed by comparing it to the designed discharge. Drainage water quality is assessed based on parameters such as pH, COD, BOD, and TSS. Public perceptions are analyzed using descriptive statistical methods, specifically focusing on the average values (mean) of respondents' answers. The research results indicate that drainage capacity in several channels begins to exceed the designed discharge with a return period of  $\geq 2$  years. The pH and COD parameters of drainage water are below the wastewater quality standards, while the BOD and TSS parameters of drainage water exceed the wastewater quality standards. On a scale of 1 to 4, according to public perceptions, the mean value of drainage capacity is 1.940 (poor), and the mean value of drainage water quality is 1.450 (very poor). This research needs to be developed with a focus on the design of drainage dimensions and the utilization of wastewater treatment installations to improve drainage capacity and drainage water quality.*

**Keywords:** drainage capacity; drainage water quality; technical perspective; public perception

## PENDAHULUAN

Salah satu perumahan yang berlokasi di sekitaran jalan RTA Milono Kota Palangka Raya adalah Perumahan Bamaraya. Perumahan ini terletak pada topografi relatif datar. Jumlah rumah di perumahan ini kurang lebih 150 rumah. Ukuran atau tipe rumah di perumahan ini yaitu tipe 36, tipe 45, dan 70. Jarak antar rumah cukup berdekatan. Jaringan jalan raya yang tersedia di Perumahan Bamaraya berupa jaringan jalan yang permukaannya sudah diberikan perkerasan aspal.

Di Perumahan Bamaraya juga sudah terbangun jaringan drainase tersier. Jumlah saluran dalam jaringan drainase tersier tersebut sebanyak tujuh pasang (kanan dan kiri jalan), dengan rincian sebagai berikut: (1) satu pasang di ruas jalan Bamaraya I, (2) satu pasang di Jalan Bamaraya II, (3) satu pasang di Jalan Bamaraya III, (4) satu pasang di Jalan Bamaraya IV B, (5) satu pasang di Jalan Putri Karindang, (6) dua pasang di beberapa jalan penghubung setiap ruas jalan Bamaraya I - Bamaraya III.

Muara aliran pada jaringan drainase tersier Perumahan Bamaraya secara garis besar sebagian menuju ke saluran drainase sekunder di Jln. RTA Milono, dan sebagian lagi menuju ke saluran drainase sekunder di Jln. Putri Karindang.

Konstruksi saluran drainase tersier yang terbangun di Perumahan Bamaraya pada umumnya berupa saluran terbuka berpenampang trapesium dan persegi, dengan dinding saluran berupa pasangan batu. Jaringan saluran drainase yang terbangun itu juga sekaligus digunakan oleh warga perumahan untuk membuang air limbah dari dapur, kamar mandi, dan cucian. Menurut Wesli (2008), drainase dengan fungsi mengalirkan air yang demikian itu atau drainase yang mengalirkan air yang berasal lebih dari satu sumber tergolong saluran drainase multi fungsi.

Pada tempat-tempat tertentu di saluran drainase tersier di Perumahan Bamaraya, kondisinya dipenuhi rumput, sampah, dan endapan-endapan lumpur. Kondisi yang demikian menyebabkan pendangkalan dan penurunan kapasitas drainase. Selain itu, pada tempat-tempat tertentu juga, air di saluran drainase tersier di Perumahan Bamaraya cenderung berwarna kehitam-hitaman serta berbau.

Fenomena terjadinya penurunan kapasitas drainase dan kualitas air drainase yang cenderung buruk tidak hanya terjadi di Perumahan Bamaraya Kota Palangka Raya, tetapi juga terjadi di beberapa daerah di Indonesia. Sebagai contoh mengenai hal itu, antara lain dapat dilihat dalam penelitian: (1) Dewantara dkk (2014), (2) Andana dkk (2016), (3)

Kartawijaya dkk (2021), (4) Sarminingsih dkk (2022).

Perbaikan kapasitas drainase dan kualitas air drainase akan lebih efektif apabila dalam pelaksanaannya melibatkan peran masyarakat. Salah satu contohnya adalah yang dilakukan oleh Roeswitawati dkk (2022) ketika bekerja sama dengan masyarakat dalam kegiatan normalisasi drainase dan penyuluhan tentang pentingnya pemeliharaan drainase. Dalam evaluasi kegiatan tersebut, dijelaskan bahwa kegiatan berlangsung lancar, respon masyarakat terhadap kegiatan sangat positif, dan setelah normalisasi drainase, aliran air dari saluran drainase tidak lagi meluap ke jalan, sehingga tidak mengganggu lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas drainase dan kualitas air drainase di Perumahan Bamaraya Kota Palangka Raya dari perspektif teknis dan persepsi masyarakat.

## METODE

### Lokasi, Waktu, Variabel, dan Data

Lokasi penelitian adalah di Perumahan Bamaraya, Kota Palangka Raya, seperti terlihat pada Gambar 1. Penelitian ini dilakukan pada tahun 2022. Variabel penelitian yaitu: kapasitas drainase, kualitas air drainase, beban drainase, persepsi masyarakat.



Gambar 1. Lokasi penelitian (Perumahan Bamaraya, sekitar Jalan RTA Milono, Kota Palangka Raya)

Keterangan Gambar 1:

Garis kuning : kawasan perumahan yang ditinjau  
Garis merah : jaringan drainase yang ditinjau

Data primer yang digunakan dalam penelitian yaitu:

1. Data sampel air drainase. Sampel air drainase diambil dari dua tempat, yaitu di saluran drainase Jln. Bamaraya I dan di saluran drainase Jln. CHR Binti Perumahan Bamaraya. Waktu pengambilan sampel dilakukan secara sesaat.

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p84-91>

2. Data tata letak jaringan saluran drainase dan jaringan jalan raya. Data ini dikumpulkan dengan cara pengukuran koordinat jaringan saluran drainase dan jaringan jalan di Perumahan Bamaraya.
3. Data koefisien pengaliran permukaan (C). Data ini dikumpulkan dengan cara pengamatan penggunaan lahan di Perumahan Bamaraya.
4. Data profil melintang dan memanjang saluran drainase di Perumahan Bamaraya. Data ini dikumpulkan dengan cara pengukuran sipat datar pada jaringan drainase di Perumahan Bamaraya.
5. Data persepsi masyarakat, dalam hal ini data persepsi warga Perumahan Bamaraya mengenai kapasitas drainase dan kualitas air drainase di lingkungan perumahannya. Data persepsi dikumpulkan dengan menggunakan kuesioner.

Selain data primer, dalam penelitian ini juga digunakan data sekunder sebagai berikut:

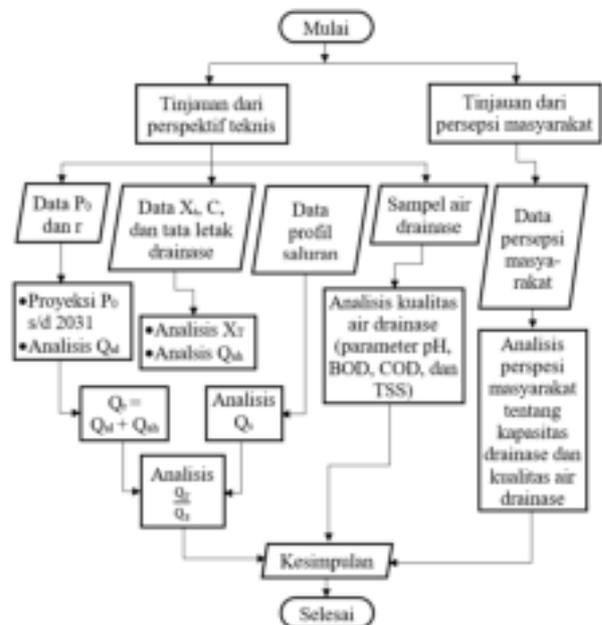
1. Data jumlah penduduk ( $P_0$ ) dan data pertumbuhan penduduk ( $r$ ) Perumahan Bamaraya. Data ini dikumpulkan dari Kantor (BPS) Kota Palangka Raya.
2. Data curah hujan, dalam hal ini curah hujan per hari yang paling tinggi dalam suatu tahun ( $X_i$ ), dan data koordinat stasiun hujan. Data hujan ini diambil dari tahun 2012-tahun 2021. Stasiun hujan yang digunakan yaitu Palangka, Bukit Tunggal, dan Kalampangan. Data hujan dan stasiun hujan dikumpulkan dari dari BWS Kalimantan II Palangka Raya.

### Urutan Analisis

- a. Urutan analisis pada tinjauan perspektif teknis
  1. Proyeksi jumlah penduduk di Perumahan Bamaraya sampai dengan tahun 2031.
  2. Analisis debit air limbah ( $Q_{al}$ ).
  3. Analisis hujan rencana ( $X_T$ ).
  4. Analisis debit air hujan ( $Q_{ah}$ ).
  5. Analisis beban drainase ( $Q_r$ ).
  6. Analisis kapasitas drainase ( $Q_s$ ).
  7. Analisis potensi banjir berdasarkan perbandingan  $Q_r$  dengan  $Q_s$ .
  8. Analisis kualitas air drainase berdasarkan parameter: Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS), pH, Biological Oxygen Demand (BOD) (Kementerian LHK, 2016).
- b. Urutan analisis pada tinjauan perspektif persepsi masyarakat
  1. Uji validitas kuesioner.
  2. Uji reliabilitas kuesioner.
  3. Analisis persepsi masyarakat dengan menggunakan stastistik deskriptif. Parameter

statistik yang dianalisis adalah nilai *mean* jawaban responden.

Secara skematis, penelitian dilakukan sesuai bagan alir yang tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Proyeksi Penduduk Perumahan Bamaraya

Proyeksi jumlah penduduk di Perumahan Bamaraya dari tahun 2022 sampai dengan tahun 2031 telah dihitung dengan dua metode, yaitu Metode Geometrik dan Metode Eksponensial (Aryastana, 2018). Data yang digunakan dalam proyeksi penduduk di Perumahan Bamaraya, yaitu jumlah penduduk tahun 2022 sebesar 447 orang dan faktor pertumbuhan penduduk menurut BPS Kota palangka Raya Tahun 2022 sebesar  $n = 2,24\%$ .

Berdasarkan hasil proyeksi jumlah penduduk Perumahan Bamaraya dari tahun 2022 sampai dengan tahun 2031 yang telah dihitung dengan Metode Geometrik dan Metode Eksponensial, selanjutnya dihitung nilai kekuatan hubungan ( $r$ ) dan nilai simpangan standar ( $S_d$ ). Hasil perhitungan pada Metode Geometrik,  $r = 0,96$  dan  $S_d = 529,07$ ; dan pada Metode Eksponensial,  $r = 0,96$  dan  $S_d = 542,77$ . Dengan memperhatikan nilai  $r$  dan  $S_d$  dari kedua metode tersebut, maka dalam penelitian ini hasil perhitungan proyeksi penduduk dari Metode Geometrik akan digunakan dalam perhitungan pada tahap selanjutnya. Proyeksi penduduk Perumahan Bamaraya pada tahun 2031 berdasarkan Metode Gemoetrik adalah 4096 orang.

### Debit Air Limbah

Debit air limbah dapat dihitung berdasarkan Persamaan [1] sampai dengan Persamaan [3] (Pratiwi dan Purwanti (2015).

$$Q_{al} = Q_{peak} + Q_{inf} \dots\dots\dots[1]$$

$$Q_{peak} = Q_{ar} \times f_{peak} \dots\dots\dots[2]$$

$$Q_{inf} = \frac{A \times f_{inf}}{86400} \dots\dots\dots[3]$$

Keterangan:

$Q_{al}$  : debit air limbah pada ke saluran drainase (m<sup>3</sup>/dt)

$Q_{peak}$  : puncak debit air limbah (m<sup>3</sup>/dt)

$Q_{ar}$  : air limbah rata-rata (m<sup>3</sup>/dt)

$Q_{ab}$  : kebutuhan air bersih (l/org/hr)

$Q_{inf}$  : debit infiltrasi (m<sup>3</sup>/dt)

A : luas layanan drainase (ha)

$f_{peak}$  : faktor puncak

$f_{inf}$  : faktor infiltrasi (m<sup>3</sup>/ha/hr)

Perhitungan  $Q_{al}$  pada tiap-tiap ruas saluran drainase Perumahan Bamaraya menggunakan data sebagai berikut: (1)  $Q_{ab} = 150$  l/org/hr; (2)  $Q_{ar} = 80\%$   $Q_{ab}$ ; (3)  $f_{peak} = 3,34$ ; (4)  $f_{inf} = 8,75$  m<sup>3</sup>/ha/hr (Metcalf dan Eddy dalam Pratiwi dan Purwanti (2015)); (5) proyeksi jumlah penduduk tahun 2031 pada ruas saluran yang ditinjau; (6) luas layanan drainase pada ruas saluran yang ditinjau.

Hasil perhitungan  $Q_{al}$  pada tiap-tiap ruas saluran drainase Perumahan Bamaraya tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Debit air limbah ( $Q_{al}$ )

Saluran drainase di jalan	$Q_{al}$ (m <sup>3</sup> /dt)
Bamaraya I <sub>kr</sub>	0,000284
Bamaraya I <sub>kn</sub>	0,000293
Bamaraya II <sub>kr</sub>	0,000270
Bamaraya II <sub>kn</sub>	0,000300
Bamaraya III <sub>kr</sub>	0,000339
Bamaraya III <sub>kn</sub>	0,000337
Bamaraya IV B <sub>kr</sub>	0,000045
Bamaraya IV B <sub>kn</sub>	0,000085
Putri Karindang <sub>kr</sub>	0,000104
Putri Karindang <sub>kn</sub>	-
CHR Binti <sub>kr</sub>	0,000082
CHR Binti <sub>kn</sub>	0,000104
A <sub>kr</sub>	0,000021
A <sub>kn</sub>	0,000021
B <sub>kr</sub>	0,000031
B <sub>kn</sub>	0,000029

### Hujan Rencana

Untuk mendapatkan data hujan rencana ( $X_T$ ) diperlukan data hujan wilayah (Adiyani, 2019; Amrulloh dkk, 2021), dan hujan wilayah telah

dihitung dengan Metode Poligon Thiessen (Amrulloh dkk, 2021). Hasil perhitungan hujan wilayah tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hujan wilayah

Tahun	Hujan harian maksimum ( $X_i$ ) pada stasiun hujan			Hujan wilayah (mm)
	Palangka (10,24%)	Bukit Tunggul (7,33%)	Kalam-pangan (82,43%)	
2012	155,00	176,40	149,14	172,21
2013	119,60	129,70	119,82	127,94
2014	119,80	137,50	150,00	136,60
2015	149,90	105,10	120,82	110,84
2016	269,20	126,10	126,12	140,75
2017	168,00	107,50	115,00	114,24
2018	100,00	108,20	100,00	106,76
2019	128,00	195,50	123,23	183,29
2020	185,70	146,70	164,43	151,99
2021	88,10	102,10	22,20	94,81

Data hujan wilayah pada Tabel 2 memiliki parameter statistik sebagai berikut: rata-rata hujan wilayah  $\bar{X} = 133,94$  mm; standar deviasi ( $S_d$ ) = 28,88; Koefisien Skewness ( $C_s$ ) = 0,47; dan Koefisien Kurtosis ( $C_k$ ) = 3,28. Berdasarkan nilai  $C_s$  dan  $C_k$  tersebut, selanjutnya hujan rencana dihitung secara analitis dengan distribusi normal (Kamiana, 2011).

Kesesuaian distribusi normal juga telah diuji dengan dua metode. Hasil uji sebagai berikut: Chi Kuadrat terhitung = 1 < Chi Kuadrat kritis = 5,991; deviasi maksimum ( $\Delta P$  maks) = 0,12 < deviasi kritis ( $\Delta P$  kritis) = 0,41. Hasil dari dua uji tersebut menunjukkan bahwa dalam penelitian ini distribusi normal dapat digunakan untuk perhitungan hujan rencana.

Persamaan analitis dari distribusi normal merupakan persamaan yang menunjukkan bahwa hujan rencana ( $X_T$ ) merupakan penjumlahan dari rata-rata hujan wilayah ( $\bar{X}$ ) dan perkalian antara standar deviasi ( $S_d$ ) hujan wilayah dan faktor frkwensi (K) distribusi normal (Kamiana, 2011). Berdasarkan nilai  $\bar{X}$ , nilai  $S_d$ , dan nilai K kemudian didapat nilai hujan rencana ( $X_T$ ) seperti tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Hujan rencana ( $X_T$ )

Periode ulang (tahun)	$\bar{X}$	$S_d$	K	$X_T$ (mm)
2	133,94	28,88	0	133,94
5	133,94	28,88	0,84	158,20
10	133,94	28,88	1,28	170,91
20	133,94	28,88	1,64	181,31

### Debit Air Hujan

Debit pada saluran drainase yang bersumber dari air hujan ( $Q_{ah}$ ) dihitung sebagai debit dengan

periode ulang tertentu (Adiyani, 2019; Agustulusnu dkk, 2019).

Dalam penelitian ini,  $Q_{ah}$  dihitung berdasarkan Metode Rasional (Herison dkk, 2018; Kustini dan Winanti, 2020), intensitas hujan dihitung berdasarkan Metode Mononobe (Kamiana, 2011), waktu konsentrasi dihitung dengan penjumlahan waktu aliran di lahan dan di saluran (Kamiana, 2011).

Nilai  $Q_{ah}$  saluran drainase disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Debit air hujan  $Q_{ah}$

Saluran drainase di jalan:	$Q_{ah}$ ( $m^3/dt$ ) dengan periode ulang (tahun):			
	2	5	10	20
Bamaraya I <sub>kr</sub>	0,2318	0,2738	0,2958	0,3138
Bamaraya I <sub>kn</sub>	0,2072	0,2447	0,2644	0,2804
Bamaraya II <sub>kr</sub>	0,2000	0,2362	0,2552	0,2707
Bamaraya II <sub>kn</sub>	0,1680	0,1984	0,2143	0,2274
Bamaraya III <sub>kr</sub>	0,1669	0,1971	0,2129	0,2259
Bamaraya III <sub>kn</sub>	0,2961	0,3497	0,3778	0,4008
Bamaraya IV B <sub>kr</sub>	0,0293	0,0346	0,0374	0,0397
Bamaraya IV B <sub>kn</sub>	0,0226	0,0267	0,0288	0,0306
Putri Karindang <sub>kr</sub>	0,0527	0,0622	0,0672	0,0713
Putri Karindang <sub>kn</sub>	0,0937	0,1106	0,1195	0,1268
CHR Binti <sub>kr</sub>	0,0832	0,0983	0,1062	0,1127
CHR Binti <sub>kn</sub>	0,0096	0,0113	0,0122	0,0130
A <sub>kr</sub>	0,0184	0,0217	0,0234	0,0249
A <sub>kn</sub>	0,0335	0,0395	0,0427	0,0453
B <sub>kr</sub>	0,0797	0,0941	0,1016	0,1078
B <sub>kn</sub>	0,2318	0,2738	0,2958	0,3138

### Beban Drainase

Debit yang masuk ke saluran drainase atau beban drainase ( $Q_r$ ) merupakan penjumlahan debit air limbah ( $Q_{al}$ ) dengan debit air hujan ( $Q_{ah}$ ). Dengan kata lain,  $Q_r = Q_{al} + Q_{ah}$  atau data Tabel 1 + data Tabel 4.

Hasil perhitungan  $Q_r$  dengan periode ulang tertentu pada tiap-tiap saluran drainase, tercantum pada Tabel 5.

Tabel 5. Beban drainase atau  $Q_r$  ( $m^3/dt$ )

Saluran drainase di jalan:	$Q_r = Q_{al} + Q_{ah}$ dengan periode ulang (tahun):			
	2	5	10	20
Bamaraya I <sub>kr</sub>	0,2321	0,2741	0,2961	0,3141
Bamaraya I <sub>kn</sub>	0,2075	0,2450	0,2646	0,2807
Bamaraya II <sub>kr</sub>	0,2003	0,2365	0,2555	0,2710
Bamaraya II <sub>kn</sub>	0,1683	0,1987	0,2146	0,2277

Bamaraya III <sub>kr</sub>	0,1672	0,1974	0,2133	0,2262
Bamaraya III <sub>kn</sub>	0,2964	0,3500	0,3781	0,4011
Bamaraya IV B <sub>kr</sub>	0,0294	0,0347	0,0375	0,0397
Bamaraya IV B <sub>kn</sub>	0,0227	0,0267	0,0289	0,0306
Putri Karindang <sub>kr</sub>	0,0528	0,0623	0,0673	0,0714
Putri Karindang <sub>kn</sub>	0,0937	0,1107	0,1196	0,1269
CHR Binti <sub>kr</sub>	0,0833	0,0984	0,1063	0,1128
CHR Binti <sub>kn</sub>	0,0096	0,0114	0,0123	0,0130
A <sub>kr</sub>	0,0184	0,0217	0,0235	0,0249
A <sub>kn</sub>	0,0335	0,0396	0,0427	0,0453
B <sub>kr</sub>	0,0797	0,0941	0,1017	0,1079
B <sub>kn</sub>	0,2321	0,2741	0,2961	0,3141

### Kapasitas Drainase

Kapasitas drainase ( $Q_s$ ) merupakan kemampuan maksimum saluran drainase dalam mengalirkan air. Dalam perhitungan kapasitas drainase, aliran di saluran drainase diasumsikan sebagai aliran saluran terbuka dalam kondisi langgeng dan seragam (Putro dan Hadihardaja, 2013).

Kapasitas drainase dalam penelitian ini dihitung berdasarkan Persamaan Kontinuitas (Kamiana, 2022). Nilai kecepatan pada Persamaan Kontinuitas dihitung dengan rumus kecepatan Manning (Putro dan Hadihardaja, 2013; Todar dkk, 2022). Hasil perhitungan  $Q_s$  disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kapasitas drainase ( $Q_s$ )

Saluran drainase di jalan:	$Q_s$ ( $m^3/dt$ )
Bamaraya I <sub>kr</sub>	0,13
Bamaraya I <sub>kn</sub>	0,16
Bamaraya II <sub>kr</sub>	0,04
Bamaraya II <sub>kn</sub>	0,06
Bamaraya III <sub>kr</sub>	0,53
Bamaraya III <sub>kn</sub>	0,12
Bamaraya IV B <sub>kr</sub>	0,59
Bamaraya IV B <sub>kn</sub>	0,22
Putri Karindang <sub>kr</sub>	0,10
Putri Karindang <sub>kn</sub>	0,12
CHR Binti <sub>kr</sub>	0,29
CHR Binti <sub>kn</sub>	0,07
A <sub>kr</sub>	0,30
A <sub>kn</sub>	0,28
B <sub>kr</sub>	0,28
B <sub>kn</sub>	0,10

### Analisis potensi banjir

Analisis potensi banjir pada saluran drainase telah dilakukan berdasarkan perbandingan  $Q_r$  dengan  $Q_s$  atau perbandingan antara  $Q_r$  pada Tabel 5 dan  $Q_s$  pada Tabel 6. Apabila perbandingan  $Q_r$  dengan  $Q_s$  lebih besar dari satu artinya di titik tinjauan berpotensi banjir. Sebaliknya, apabila lebih kecil dari satu artinya di titik tinjauan tidak berpotensi banjir atau aman. Hasil analisis potensi banjir pada tiap-tiap saluran drainase disajikan pada Tabel 7.

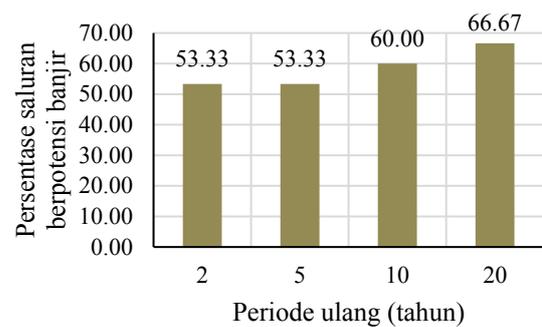
Tabel 7. Potensi banjir pada tiap-tiap saluran drainase berdasarkan nilai  $Q_r / Q_s$

Saluran drainase di jalan:	$\frac{Q_r}{Q_s}$ pada periode ulang (tahun)			
	2	5	10	20
Bamaraya I <sub>kr</sub>	2,4429	2,8851	3,1164	3,3061
	Banjir	Banjir	Banjir	Banjir
Bamaraya I <sub>kn</sub>	6,4993	7,6745	8,2907	8,7946
	Banjir	Banjir	Banjir	Banjir
Bamaraya II <sub>kr</sub>	6,5743	7,7635	8,3851	8,8941
	Banjir	Banjir	Banjir	Banjir
Bamaraya II <sub>kn</sub>	4,6327	5,4706	5,9091	6,2674
	Banjir	Banjir	Banjir	Banjir
Bamaraya III <sub>kr</sub>	0,5309	0,6268	0,6769	0,7182
	Aman	Aman	Aman	Aman
Bamaraya III <sub>kn</sub>	2,4156	2,8525	3,0815	3,2689
	Banjir	Banjir	Banjir	Banjir
Bamaraya IV B <sub>kr</sub>	0,0728	0,0860	0,0928	0,0984
	Aman	Aman	Aman	Aman
Bamaraya IV B <sub>kn</sub>	0,1636	0,1928	0,2083	0,2211
	Aman	Aman	Aman	Aman
Putri Karindang <sub>kr</sub>	4,3784	5,1699	5,5849	5,9237
	Banjir	Banjir	Banjir	Banjir
CHR Binti <sub>kr</sub>	0,7544	0,8913	0,9629	1,0217
	Aman	Aman	Aman	Banjir
CHR Binti <sub>kn</sub>	0,2844	0,3360	0,3629	0,3851
	Aman	Aman	Aman	Aman
A <sub>kr</sub>	2,6792	3,1633	3,4162	3,6243
	Banjir	Banjir	Banjir	Banjir
A <sub>kn</sub>	0,6459	0,7627	0,8240	0,8742
	Aman	Aman	Aman	Aman
B <sub>kr</sub>	1,0050	1,1866	1,2815	1,3596
	Banjir	Banjir	Banjir	Banjir
B <sub>kn</sub>	0,8030	0,9482	1,0243	1,0867
	Aman	Aman	Banjir	Banjir

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa jumlah saluran drainase di Perumahan Bamaraya sebanyak 15 saluran. Rincian jumlah saluran drainase yang berpotensi banjir sebagai berikut:

1. Jumlah saluran drainase yang berpotensi banjir pada beban drainase dengan periode 2 tahun sebanyak 8 saluran atau 53,33%.
2. Jumlah saluran drainase yang berpotensi banjir pada beban drainase dengan periode 5 tahun sebanyak 8 saluran atau 53,33%.
3. Jumlah saluran drainase yang berpotensi banjir pada beban drainase dengan periode 10 tahun sebanyak 9 saluran atau 60,00%.
4. Jumlah saluran drainase yang berpotensi banjir pada beban drainase dengan periode 20 tahun sebanyak 10 saluran atau 66,67%.

Berdasarkan uraian di atas, kemudian persentase saluran drainase yang berpotensi banjir disajikan seperti Gambar 3.



Gambar 3. Persentase saluran drainase berpotensi banjir

### Kualitas Air Drainase

Parameter sampel air drainase telah dianalisis. Kemudian hasilnya dibandingkan dengan ketentuan yang tercantum dalam Kementerian LHK (2016) tentang air limbah domestik. Kualitas air drainase dan perbandingannya terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Kualitas air drainase

Parameter	Satuan	Sampel pada		Baku mutu	Keterangan
		Lokasi 1	Lokasi 2		
pH	-	6,39	6,02	6-9	M
BOD	mg/l	44,0	33,0	30	TM
COD	mg/l	100	69,4	100	M
TSS	mg/l	552	380	30	TM

Berdasarkan Tabel 8, jika ditinjau dari parameter pH dan COD, kualitas air drainase di Perumahan Bamaraya tergolong memenuhi syarat baku mutu air limbah (M). Sedangkan jika ditinjau dari parameter BOD dan TSS, kualitas air drainase di Perumahan Bamaraya tergolong tidak memenuhi syarat baku mutu air limbah (TM).

### Persepsi Masyarakat

Persepsi masyarakat tentang drainase di Perumahan Bamaraya Kota Palangka Raya telah dikumpulkan. Responden penelitian dipilih dengan persyaratan sebagai berikut:

1. Warga yang telah bertempat tinggal di Perumahan Bamaraya minimal 2 tahun.
2. Warga yang berusia di atas 17 tahun.
3. Warga yang memiliki latar belakang pendidikan serendah-rendahnya SMA atau sejenis.

Persyaratan responden tersebut di atas bertujuan untuk mendapatkan responden yang memahami kondisi saluran drainase di Perumahan Bamaraya. Untuk jumlah populasi atau  $N = 447$  orang, maka berdasarkan Metode Slovin (Sugiyono, 2019) didapat jumlah sampel dalam penelitian ini atau  $n = 82$  orang.

Kuesioner yang digunakan sebagai instrumen pengumpul data persepsi masyarakat yang bertempat tinggal di Perumahan Bamaraya terdiri dari dua kuesioner. Kuesioner pertama berisi dua buah pertanyaan tentang pendapat masyarakat terhadap kapasitas drainase dan kualitas air drainase. Kuesioner kedua berisi lima buah pertanyaan tentang pendapat masyarakat terhadap kondisi saluran drainase dan gorong-gorong. Opsi jawaban pada kuesioner pertama maupun kuesioner kedua sebanyak empat buah.

Uji kuesioner yang dilakukan meliputi uji validitas dengan Metode Korelasi (Ghozali, 2018), dan uji reliabilitas dengan Metode Alpha Cronbach (Ghozali, 2018). Kuesioner digolongkan valid apabila  $r$  tabel lebih kecil dari nilai  $r$  setiap pertanyaan dalam kuesioner. Dengan jumlah responden 82 orang dan pada interval kepercayaan 95% maka ditetapkan  $r$  tabel = 0,220 (Ghozali, 2018). Selanjutnya dari segi kesesuaian terhadap reliabilitas, nilai Alpha Cronbach > 0,6 dijadikan acuan. Apabila hasil perhitungan  $r$  memenuhi acuan tersebut, artinya kuesioner sesuai.

Hasil uji validitas dan hasil uji reliabilitas tercantum pada tiga tabel berikut.

Tabel 9. Hasil uji validitas kuesioner pertama

Pertanyaan	r hitung	r tabel	Keterangan
Kualitas air drainase	0,808	0,220	Sesuai
Kapasitas drainase	0,895	0,220	Sesuai

Tabel 10. Hasil uji validitas kuesioner kedua

Pertanyaan	r hitung	r tabel	Keterangan
Kelengkapan jaringan drainase	0,452	0,220	Valid
Dimensi drainase	0,729	0,220	Valid
Kondisi dinding dan dasar saluran drainase	0,696	0,220	Valid
Kelengkapan gorong-gorong	0,690	0,220	Valid
Dimensi gorong-gorong	0,659	0,220	Valid

Tabel 11. Hasil uji reliabilitas kuesioner

Kuesioner	Alpha Cronbach	r tabel	Keterangan
Pertama	0,614	0,600	Sesuai
Kedua	0,659	0,600	Sesuai

Dari Tabel 9 dan Tabel 10 terlihat  $r$  tabel lebih kecil dari  $r$  hitung. Artinya, dua kelompok kuesioner yang digunakan sebagai instrumen pengumpul data persepsi dalam penelitian ini tergolong valid. Dari segi reliabilitas kuesioner, pada Tabel 11 diperlihatkan nilai Alpha Cronbach > 0,6 untuk kuesioner pertama maupun kuesioner kedua. Hal ini menandakan bahwa dua kelompok kuesioner yang digunakan tersebut tergolong reliabel.

Jawaban terhadap kuesioner pertama dan kuesioner kedua telah dianalisis. Analisis bertujuan untuk mengetahui nilai rata-rata (nilai *mean*) dari jawaban responden. Skala nilai *mean* adalah 1 sampai 4. Hasil analisis nilai *mean* tercantum pada dua tabel berikut.

Tabel 12. Nilai *mean* jawaban kuesioner pertama

Jawaban atas pertanyaan	Mean	Kategori
Kapasitas drainase	1,940	Kurang baik
Kualitas air drainase	1,450	Sangat tidak baik

Berdasarkan Tabel 12 dapat dilihat bahwa menurut persepsi masyarakat Perumahan Bamaraya, kualitas air drainase di lingkungan perumahannya tergolong sangat tidak baik dan kapasitas drainase tergolong kurang baik.

Tabel 13. Nilai *mean* jawaban kuesioner kedua

Jawaban atas pertanyaan	Mean	Kategori
Kelengkapan jaringan drainase	2,83	Cukup baik
Dimensi drainase	2,60	Cukup baik
Kondisi dinding dan dasar saluran drainase	1,62	Sangat tidak baik
Kelengkapan gorong-gorong	2,80	Cukup baik
Dimensi gorong-gorong	2,96	Cukup baik

Berdasarkan Tabel 13 dapat dilihat bahwa menurut persepsi masyarakat Perumahan Bamaraya, dinding dan dasar saluran drainase di lingkungan perumahannya merupakan elemen bangunan drainase yang tergolong sangat tidak baik. Sedangkan kondisi elemen bangunan drainase lainnya, seperti kelengkapan jaringan drainase, dimensi saluran drainase, kelengkapan gorong-gorong dan dimensi gorong-gorong tergolong cukup baik.

## KESIMPULAN

1. Dari perspektif teknis, di Perumahan Bamaraya Kota Palangka Raya, kapasitas drainase yang terlampaui lebih besar dari 53,33% pada beban drainase dengan periode ulang lebih besar dari 2 tahun. Sementara itu, kualitas drainasenya memenuhi baku mutu jika ditinjau dari parameter COD dan pH. Namun, tidak memenuhi baku mutu jika ditinjau dari parameter TSS dan BOD.
2. Dari perspektif persepsi masyarakat Perumahan Bamaraya Kota Palangka Raya, kapasitas drainase di lingkungan perumahan dianggap kurang baik, dan kualitas air drainase dianggap sangat kurang baik.
3. Penelitian ini sebaiknya dilanjutkan dengan fokus perancangan ulang dimensi drainase dan

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p84-91>

pemanfaatan instalasi pengolahan air limbah dalam meningkatkan kapasitas drainase dan kualitas air drainase.

## REFERENSI

- Adiyani, E.L., 2019, "Nilai Faktor Pertumbuhan untuk Estimasi Hujan Rencana di Pulau Jawa", *Jurnal Sumber Daya Air*. Vol. 15. No. 1.
- Agustulusnu, Kamiana, I.M., Saputra, R., 2019, "Evaluasi dan Perencanaan Saluran Drainase di Jalan Sangga Buana II Kota Palangka Raya", *INFO-TEKNIK*. Vol. 20. No. 2.
- Amrulloh, M., Widiarti, W.Y., Halik, G., 2021, "Evaluasi Kinerja Sistem Drainase Jalan Kaliurang Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember", *Jurnal. Teknik Pengairan*. Vol. 12. No. 2.
- Andana, B., Arisanty, D., Adyatma, S., 2016, "Evaluasi Daya Tampung Sistem Drainase di Kecamatan Banjarmasin Selatan", *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)*. Vol. 3. No. 4.
- Aryastana, P., Agung, G., Eryani, P., Yujana, C.A., 2018, "Analisis Kualitas dan Kebutuhan Air Masyarakat Dusun Blokagung Desa Karangdoro Banyuwangi", *Paduraksa*. Vol. 7. No. 2.
- BPS Kota Palangka Raya, 2021, "*Palangka Raya dalam Angka*", Palangka Raya.
- BWS Kalimantan II Palangka Raya, 2021, "*Data Curah Hujan*", Palangka Raya.
- Ghozali, I., 2018, "*Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 25*", Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang.
- Herison, A., Romdania, Y., Purwadi, O.T., Effendi, R., 2018, "Kajian Penggunaan Metode Empiris dalam Menentukan Debit Banjir Rancangan pada Perencanaan Drainase (Review)", *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*. Vol. 16. No. 2.
- Kamiana, I.M., 2011, "*Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*", Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Kamiana, I.M., Nindito, D.A., Wulandari, A., 2022, "Pemodelan Fisik Konstruksi Kelompok Tiang dalam Mereduksi Aliran Super Kritis di Hilir Pintu Air Tipe Flap", *Jurnal Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*. Vol. 4. No. 2.
- Kustini, I., Winanti, E.T., 2020, "Upaya Mengurangi Genangan Banjir di Kampus Unesa Ketintang Surabaya dengan Parit Resapan", *Jurnal Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*. Vol. 2. No. 1.
- Kartawijaya, S.A., Sutandi, A., Kurniawan, V., 2021, "Analisis Kapasitas Saluran Drainase di Kecamatan Kelapa Gading", *Jurnal Mitra Teknik Sipil*. Vol. 4. No. 2.
- Kementerian LHK, 2016, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik", Jakarta.
- Pratiwi, R.S., Purwanti, I.F., "Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik di Kelurahan Keputih Surabaya", *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 4. No. 1.
- Putro, H., Hadihardaja, J., 2013, "Variasi Koefisien Kekasaran Manning (n) pada Flume Akrilik pada Variasi Kemiringan Saluran dan Debit Aliran", *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*. Vol. 19. No. 2.
- Roeswitawati, D., Mahabella, L.S., Sofiyani, I.R., Adibah, A.N., 2022, "Perbaikan Drainase untuk Mengatasi Limpasan Air Hujan dalam Meningkatkan Kualitas Permukiman RW 07 Kelurahan Merjosari", *Reswara : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. Vol. 3. No. 2.
- Sari, U.C., Wardani, S.P.R., Partono, W., Muhrozi, Priastiwi, Y.A., Setiaji, A.R.A., Akbar, M.R., Rohman, I.H.T., 2021 "Perbaikan Saluran Drainase sebagai Upaya Pengendalian Banjir di Kelurahan Tlogosari Wetan Semarang", *Jurnal Pasopati*. Vol. 3. No. 2.
- Sarminingsih, A., Handayani, D.S., Astriani, A., 2022, "Review-Design of Drainage System of Kedungmundu Road, Semarang City with the Implementation of the Sustainable Urban Drainage System (SUDS)", *Jurnal Presipitasi*. Vol. 19. No. 2.
- Sugiyono, 2019, "*Metodelogi Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif Dan R&D*", Alfabeta. Bandung.
- Todar, E.Y., Nomeritae, Kamiana, I.M., 2021, "Perubahan Parameter Hidrolis pada Drainase Primer dengan Dinding Alami Akibat Sampah Padat", *Proteksi*, Vol. 3 No. 2.
- Wesli, 2008, "*Drainase Perkotaan*", Graha Ilmu. Yogyakarta.

## **Evaluasi Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pada Proyek Konstruksi Puri Kelapa Gading Minahasa Utara**

### *Evaluation Of The Occupational Safety And Health Management System Implementation In The Puri Kelapa Gading Minahasa Utara Construction Project*

**Adrian Philip Marthinus<sup>1</sup>, Pingkan Ane Kristy Pratahis<sup>2</sup>, Tisano Tjakrawala Arsjad<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi Telp: (0431) 863886.

email: [adrianphmarth@unsrat.ac.id](mailto:adrianphmarth@unsrat.ac.id)

#### **Abstrak**

Pemerintah melalui pedoman dan penerapan SMK3 mewajibkan semua perusahaan konstruksi untuk menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) pada proyek yang dilakukan. Proyek Konstruksi Puri Kelapa Gading Minahasa Utara adalah proyek konstruksi dengan resiko kecelakaan kerja yang tinggi dengan penggunaan tenaga kerja, alat berat dan material dalam skala besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) pada Proyek Konstruksi Puri Kelapa Gading Minahasa Utara. Penelitian dilakukan menggunakan metode survei melalui lembar kuisioner dan wawancara, kemudian diolah dalam bentuk tabel distribusi frekuensi. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa identifikasi penerapan Sistem Manajemen K3 pada Proyek Konstruksi Puri Kelapa Gading Minahasa Utara meliputi Sistem Manajemen K3 (X1), Teknologi Keselamatan (X2) dan Kesehatan Kerja (X3), dan hasil evaluasi penerapan Sistem Manajemen K3 pada Proyek Konstruksi Puri Kelapa Gading Minahasa Utara dikategorikan “baik” untuk Sistem Manajemen K3 (X1), “baik” untuk Teknologi Keselamatan (X2), dan “cukup baik - baik” untuk Kesehatan Kerja” (X3).

**Kata Kunci:** Konstruksi; Proyek; Puri Kelapa Gading Minahasa Utara; Sistem Manajemen K3.

#### **Abstract**

*The government, through the guidelines and implementation of OHS Management System, requires all construction companies to implement an Occupational Safety and Health Management System (OHS Management System) on the projects they carry out. The Puri Kelapa Gading North Minahasa Construction Project is a construction project with a high risk of work accidents with the use of labor, heavy equipment and materials on a large scale. This research aims to identify and evaluate the implementation of occupational safety and health management system (OHS Management System) in Puri Kelapa Gading Construction Project, North Minahasa. The research was conducted using a survey method through questionnaires and interviews, then processed with the form of frequency distribution tables. The results concluded that the implementation of the OHS Management System on the Puri Kelapa Gading North Minahasa Construction Project includes the OHS Management System (X1), Safety Technology (X2) and Occupational Health (X3), and the results of the evaluation of the implementation of the OHS Management System on the Puri Kelapa Gading North Minahasa Construction Project rated “good” for OHS Management System (X1), “good” for Safety Technology (X2), and “fairly good - good” for Occupational Health” (X3).*

**Keywords:** Construction; Project; Puri Kelapa Gading Minahasa Utara; OHS Management System.

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p92-98>

## PENDAHULUAN

Pedoman dan Penerapan SMK3 yang diterbitkan pemerintah melalui Peraturan Menteri PUPR No. 10 Tahun 2021 dan PP No. 22 Tahun 2020, mewajibkan semua perusahaan konstruksi untuk menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) pada proyek yang dilakukan (Peraturan Menteri No. 10 Tahun 2021; Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2020).

Penerapan Sistem Manajemen K3 oleh perusahaan konstruksi dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti sistem manajemen K3 itu sendiri, teknologi keselamatan yang digunakan, serta memadainya sarana prasarana kesehatan kerja di lokasi proyek. Berdasarkan data BPJS Ketenagakerjaan, jumlah kecelakaan kerja mencapai 221.740 kasus pada 2020. Jumlah itu naik menjadi 234.370 kasus pada 2021 dan 265.334 kasus sampai dengan November 2022 (Merdeka, 2023). Penyebab tingginya angka kecelakaan kerja paling banyak ditemukan karena kelemahan sistem manajemen K3 yang diterapkan oleh perusahaan-perusahaan tidak dilakukan peningkatan berkelanjutan (continual improvement) dan bersifat memenuhi tingkat pemenuhan dari konsumen semata.

Tercatat melalui UU Ketenagakerjaan, kewajiban menyelenggarakan Sistem Manajemen K3 pada perusahaan-perusahaan besar di Indonesia baru menghasilkan 2,1% saja dari 15.000 lebih perusahaan berskala besar yang sudah menerapkan Sistem Manajemen K3 (Marthinus A. P., 2019). Hal ini menunjukkan penerapan Sistem Manajemen K3 oleh perusahaan konstruksi masih tergolong rendah. Keadaan ini mengindikasikan bahwa penerapan SMK3 harus menjadi prioritas dalam dunia konstruksi di Indonesia.

Penelitian Adrian (2019) pelaksanaan sistem manajemen K3 pada proyek konstruksi di Indonesia untuk proyek risiko tinggi disimpulkan bahwa kelengkapan fasilitas K3 yang tersedia masih dikategorikan sedang yaitu sebesar 75%. Selain itu, penerapan sistem manajemen K3 di PT. Semen Padang menunjukkan bahwa penerapan SMK3 belum diterapkan optimal sepenuhnya. Hal ini terkendala oleh pengetahuan pekerja terkait K3 yang diterapkan (Herlina Y., 2016).

Proyek Konstruksi Puri Kelapa Gading Minahasa Utara adalah proyek konstruksi dengan resiko kecelakaan kerja yang tinggi dengan penggunaan tenaga kerja, alat berat dan material dalam skala besar, sehingga perlu dilakukan antisipasi terhadap potensi terjadinya kecelakaan dan sakit akibat kerja.

Untuk menanggapi permasalahan tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) di Proyek Konstruksi Puri Kelapa Gading Minahasa Utara. Penelitian dilakukan dengan metode survei melalui kuesioner dan wawancara, kemudian diolah dalam bentuk tabel distribusi frekuensi.

### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) pada Proyek Konstruksi Puri Kelapa Gading Minahasa Utara.

### Batasan Penelitian

Penelitian ini menggunakan batasan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada Proyek Konstruksi Puri Kelapa Gading Minahasa Utara
2. Pelaksana konstruksi yang ditinjau adalah PT.Cakra Buana Megah.
3. Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) di lokasi penelitian
4. Penelitian dilakukan pada jam kerja dengan pengambilan data kuesioner, wawancara dan observasi di proyek terkait sesuai dengan peraturan-peraturan yang berlaku.

### Manfaat Penelitian

1. Manfaat Akademis  
Manfaat akademis yang diharapkan dari hasil penelitian adalah seperti berikut yaitu:
  - a. Untuk bidang ilmu pengetahuan, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap kemajuan ilmu pengetahuan, khususnya pada pengembangan upaya-upaya untuk menghasilkan terobosan baru dibidang K3 Konstruksi.

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p92-98>

- b. Di bidang penelitian diharapkan hasil penelitian ini bisa dijadikan referensi bagi peneliti lainnya yang hendak meneliti masalah K3 Konstruksi.
2. Manfaat Praktis
- Manfaat praktis yang diharapkan dari hasil penelitian adalah seperti berikut yaitu:
- a. Bagi pekerja konstruksi, hasil penelitian ini bisa dijadikan salah satu pedoman dalam mengoptimalkan penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja pada proyek konstruksi.
  - b. Dapat dijadikan acuan perbaikan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja perusahaan-perusahaan lain.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek konstruksi Puri Kelapa Gading Minahasa Utara dimana pelaksana konstruksi yang ditinjau adalah PT. Cakra Buana Megah yang berlokasi di Minahasa Utara.

### Data Penelitian

Metode yang digunakan untuk mengumpulkan data terbagi dua meliputi :

#### 1. Data Primer

Data primer dikumpulkan dengan metode penyebaran kuesioner dimana responden akan diminta untuk menjawab pertanyaan, yang selanjutnya akan di buatkan tabulasi penilaian responden. Lembar kuesioner menggunakan skala peng-ukuran Likert's dengan tingkat pengukuran adalah menggunakan skala ordinal yang tidak hanya menyatakan kategori saja tetapi sudah dapat menyatakan peringkat. Ada lima alternatif pengukuran yang digunakan yaitu tipe Skala Likert dengan skor:

5 = Sangat Baik , 4 = Baik, 3 = Kurang Baik, 2 = Tidak Baik, 1 = Sangat Tidak Baik

#### 2. Data Sekunder

Data sekunder dikumpulkan dengan pengumpulan data jumlah pekerja yang terlibat, Rencana K3 Kontrak, Laporan Bulanan SMK3L, beberapa referensi hasil penelitian.

### Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan adalah variabel bebas: sistem manajemen K3, teknologi keselamatan, kesehatan kerja. Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel terikat.

Berikut merupakan variabel yang digunakan dalam penelitian :

<b>X1</b>	<b>Sistem Manajemen K3</b>
1.1	Komitmen dan Kebijakan K3
1.2	Perencanaan SMK3
1.3	Penerapan SMK3
1.4	Pengukuran & Evaluasi SMK3
1.5	Tinjauan Ulang SMK3
<b>X2</b>	<b>Teknologi Keselamatan</b>
2.1	Penggunaan APD
2.2	Penanggulangan Darurat
2.3	Penanggulangan Insiden
2.4	Sarana K3
<b>X3</b>	<b>Kesehatan Kerja</b>
3.1	Sarana K3
3.2	Pelayanan Kesehatan
3.3	Limbah B3
3.4	Lingkungan kerja aman dan sehat

### Analisa Data

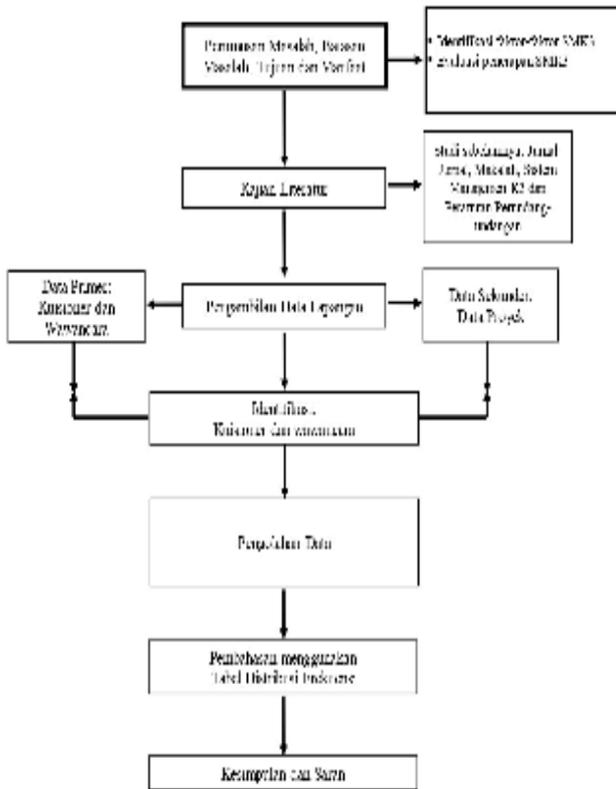
Analisa data merupakan suatu proses pengolahan data yang diperoleh melalui survey kuesioner dan wawancara. Analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisa SWOT.

Analisa SWOT dilakukan dengan menggunakan matriks SWOT. Matriks ini dapat menggambarkan dengan jelas bagaimana faktor eksternal peluang (opportunities) dan ancaman (treaths) yang dihadapi perusahaan dapat disesuaikan dengan faktor internal kekuatan (strengths) dan

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p92-98>

kelemahan (weaknesses) yang dimilikinya. Kemudian dilanjutkan dengan menentukan empat set kemungkinan alternatif strategis yang bisa digunakan perusahaan.

### Diagram Alur Penelitian



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Survey dari pekerja pada PT. Cakra Buana Megah dilakukan dengan menyebarkan kuesioner dan wawancara serta pengamatan dilapangan selama ± 3 bulan. Jawaban kuesioner dengan beberapa pertanyaan pada masing-masing variabel Sistem Manajemen K3 (X1), Teknologi Keselamatan (X2), Kesehatan Kerja (X3).

**Tabel 1 Sistem Manajemen K3 (Pimpinan)**

Sistem Manajemen K3	Rerata	Ket
X 1.1	4	Baik
X 1.2	4	Baik
X 1.3	4	Baik

X 1.4	4	Baik
X 1.5	4	Baik

Berdasarkan tabel di atas rata-rata penilaian pimpinan terhadap Sistem Manajemen K3 berada pada kategori baik. Dapat dikatakan bahwa penyampaian kebijakan K3 merata ke semua tim K3, komitmen perusahaan terhadap K3 dikerjakan dengan baik.

**Tabel 2 Teknologi Keselamatan (Pimpinan)**

Teknologi Keselamatan	Rerata	Ket
X 2.1	4	Baik
X 2.2	4	Baik
X 2.3	4	Baik
X 2.4	4	Baik

Berdasarkan tabel di atas rata-rata penilaian pimpinan terhadap Teknologi Keselamatan berada pada kategori baik. Dapat dikatakan bahwa APD berfungsi dengan baik saat digunakan oleh pekerja. Untuk penanggulangan situasi darurat sudah dilakukan pelatihan. Sarana K3 seperti APAR, jalur evakuasi, center point dan rambu-rambu K3 sudah memadai.

**Tabel 3 Kesehatan Kerja (Pimpinan)**

Kesehatan Kerja	Rerata	Ket
X 3.1	4	Baik
X 3.2	3	Cukup Baik
X 3.3	2	Kurang Baik
X 3.4	4	Baik

Berdasarkan tabel di atas rata-rata penilaian pimpinan terhadap Kesehatan Kerja berada pada kategori baik. Pada sub indikator X 3.2, dikategorikan cukup baik. Sedangkan pada sub indikator X 3.3, dikategorikan kurang baik. Dapat dikatakan bahwa sarana K3 yang disediakan perusahaan memadai seperti adanya fasilitas MCK yang layak, tersedianya alat-alat kebersihan dan TPS di lokasi proyek. Untuk pelayanan kesehatan cukup

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p92-98>

memadai dengan adanya P3K. Limbah B3 seperti sisa-sisa material, kayu dan baja belum ditanggulangi dengan baik. Untuk lingkungan kerja, pengukuran kebisingan, pencahayaan, dan kadar debu dilakukan dengan baik.

**Tabel 4 Sistem Manajemen K3 (Pekerja)**

Sistem Manajemen K3	Rerata	Ket
X 1.1	4	Baik
X 1.2	4	Baik
X 1.3	4	Baik
X 1.4	4	Baik
X 1.5	4	Baik

Berdasarkan tabel di atas rata-rata penilaian pekerja terhadap Sistem Manajemen K3 berada pada kategori baik. Dapat dikatakan bahwa penyampaian kebijakan K3 merata ke semua pekerja, komitmen perusahaan terhadap K3 dikerjakan dengan baik.

**Tabel 5 Teknologi Keselamatan (Pekerja)**

Teknologi Keselamatan	Rerata	Ket
X 2.1	4	Baik
X 2.2	3	Cukup Baik
X 2.3	4	Baik
X 2.4	3	Cukup Baik

Berdasarkan tabel di atas rata-rata penilaian pekerja terhadap Teknologi Keselamatan berada pada kategori baik. Pada sub indikator X 2.2, X 2.4 dikategorikan cukup baik. Dapat dikatakan bahwa APD digunakan oleh pekerja dan dipastikan berfungsi dengan baik. Untuk penanggulangan situasi darurat seperti gempa bumi dan kebakaran sudah dilakukan pelatihan kecuahi, situasi darurat huru hara. Sarana K3 seperti APAR, jalur evakuasi, center point dan rambu-rambu K3 sudah cukup memadai pada lokasi proyek.

**Tabel 6 Kesehatan Kerja (Pekerja)**

Kesehatan Kerja	Rerata	Ket
-----------------	--------	-----

X 3.1	4	Baik
X 3.2	3	Cukup Baik
X 3.3	2	Kurang Baik
X 3.4	3	Cukup Baik

Berdasarkan tabel di atas rata-rata penilaian pekerja terhadap Kesehatan Kerja berada pada kategori baik. Pada sub indikator X 3.2, dikategorikan cukup baik. Sedangkan pada sub indikator X 3.3, dikategorikan kurang baik. Dapat dikatakan bahwa sarana K3 yang disediakan perusahaan memadai seperti adanya fasilitas MCK yang layak, tersedianya alat-alat kebersihan dan TPS di lokasi proyek. Untuk pelayanan kesehatan cukup memadai dengan adanya P3K. Limbah B3 seperti sisa-sisa material, kayu dan baja belum ditanggulangi dengan baik. Untuk lingkungan kerja, pengukuran kebisingan, pencahayaan, dan kadar debu dilakukan dengan baik.

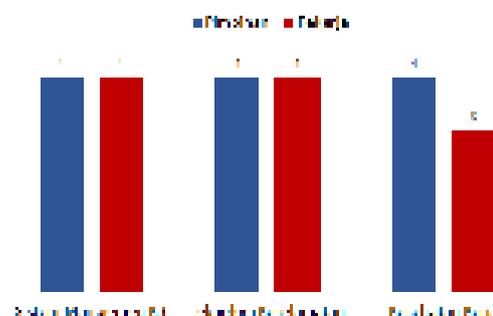
### Hasil Kuesioner

Penilaian Pengenalan K3 pada Proyek Ruko Puri Kelapa Gading dilakukan dengan mengambil “Mean/Nilai Rata-Rata” dari keseluruhan responden untuk tiap variabel. Terbagi dalam 3 variabel bebas yaitu Sistem Manajemen K3 (X1), Teknologi Keselamatan (X2), Kesehatan Kerja (X3).

Adapun hasil penilaian menggunakan Skala Likert’s dimana dibagi dalam 5 kategori penerapan yaitu “Sangat Baik” (5), Baik (4), Cukup Baik (3), Kurang Baik (2), Sangat Tidak Baik (1).

### Pembahasan

#### Perbandingan antara Pimpinan dan Pekerja



Gambar 1. Grafik Penilaian Variabel X

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p92-98>

Pada gambar diatas menjelaskan bahwa Pimpinan dan Pekerja menyatakan sistem manajemen K3 dan Teknologi keselamatan dikategorikan baik. Hal ini menggambarkan bahwa sistem manajemen K3 yang sedang berjalan sudah baik, teknologi keselamatan yang tersedia berfungsi dan berjalan dengan baik. Untuk Kesehatan kerja pimpinan menyatakan baik. Sedangkan pekerja menyatakan cukup baik hal ini dapat dilihat dari sarana Kesehatan yang kurang memadai.

**Analisa Swot**

Analisa SWOT dilakukan berdasarkan wawancara dan hasil pengamatan dilokasi proyek berlangsung dengan mempertimbangkan hasil survey kuesioner. Pada tabel analisa SWOT menggambarkan secara jelas bagaimana peluang dan ancaman eksternal yang dihadapi dapat disesuaikan dengan kekuatan dan kelemahan yang dimiliki perusahaan.

Tabel Analisa SWOT

IFAS	Strength (S)	Weakness (W)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem Manajemen K3</li> <li>• Sarana K3</li> <li>• Pekerja mengetahui tugas dan penggunaan APD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peningkatan Sarana dan Fasilitas K3</li> <li>• Pelayanan Kesehatan</li> <li>• Lingkungan Kerja</li> </ul>
Opportunity (O)	Strength (SO)	Weakness (WO)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyek konstruksi bertahap &amp; bertahap bertahap</li> <li>• Proyek konstruksi akan nasional lainnya di Indonesia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengingat konstruksi sistem manajemen K3</li> <li>• Mengembangkan sarana K3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem manajemen keselamatan K3</li> <li>• Mengembangkan pelayanan kesehatan sesuai standar</li> <li>• Melakukan pengamatan terhadap di lingkungan kerja</li> </ul>
Threat (T)	Strength (ST)	Weakness (WT)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerdahakan saat bekerja</li> <li>• Pekerja tidak</li> <li>• Beresnya alat, perlengkapan, dan sarana lain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pekerja wajib menggunakan APD secara lengkap saat bekerja</li> <li>• Pakaian kerja yang sesuai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penerbitan peraturan berlaku</li> <li>• Melakukan pendekatan langsung (diskusi) untuk pekerja dengan menggunakan alat pelindung diri</li> </ul>

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan kajian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Identifikasi penerapan Sistem Manajemen K3 pada Proyek Konstruksi Puri Kelapa Gading Minahasa Utara meliputi Sistem Manajemen K3 (X1), Teknologi Keselamatan (X2) dan Kesehatan Kerja (X3).

Hasil evaluasi penerapan Sistem Manajemen K3 pada Proyek Konstruksi Puri Kelapa Gading Minahasa Utara dikategorikan “baik” untuk Sistem Manajemen K3 (X1), “baik” untuk Teknologi

**Rekomendasi**

1. Perusahaan harus menjaga dan memelihara pelaksanaan Sistem Manajemen K3 yang ada agar selalu mendapatkan tempat kerja yang sehat dan aman, menghasilkan produk yang berkualitas, dan meningkatkan produktivitas pekerja.
2. Agar segera dilakukan tindakan perbaikan jika pada saat inspeksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) ditemukan adanya potensi bahaya kecelakaan kerja.
3. Pihak Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) harus menanamkan pedoman 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin) kepada pekerja di lingkungan proyek agar pada saat melakukan kerja ataupun saat memakai peralatan kerja sehingga dapat meminimalisir potensi bahaya yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja.
4. Menanamkan budaya Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di perusahaan untuk selalu berperilaku selamat dengan cara pendekatan langsung seperti : Himbuan untuk bekerja dengan aman dan peduli keselamatan diri sendiri dan orang lain, himbuan tentang penggunaan APD di tempat kerjanya. Pendekatan tidak langsung dapat dilakukan dengan cara : Safety Poster lebih banyak dan slogan motivasi untuk bekerja secara aman. Dan melakukan “punishment and rewards” yang tegas. agar tenaga kerja merasa diperhatikan dan dihargai terhadap pelaksanaan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di perusahaan.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Riset Dasar/Terapan Umum Unggulan UNSRAT (RDTU3) ini dilaksanakan dengan pembiayaan yang bersumber dari Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Sam Ratulangi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Tahun 2023.

**REFERENSI**

Bustamin, M. O., Nugroho, W. A., Kuroumang, U. U., 2022. Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Proyek Apartemen Klaska Residence Surabaya. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil*, Vol. 4 No. 2 2022, ISSN: 2655-6421, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p92-98>

Herlina Y., 2016. Analisa Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) di PT. Semen Padang Tahun 2015 (Tesis). Universitas Andalas, Padang.

Instruksi Menteri Tenaga Kerja No. 02/M/BW/BK/1984. *Pengesahan Alat Pelindung Diri*, Jakarta.

Marthinus, A.P., Manoppo, F. J., Lumeno, S. S., 2019. "Model Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Proyek Infrastruktur Jalan Tol Manado-Bitung", *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 7 No.4, April 2019 (433-448) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Mentang, M. I. F., J. Tjakra, J. E. Ch. Langi, D. R. O. Walangitan, 2013. Evaluasi Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pada Peningkatan Fasilitas PT. Trakindo Utama Balikpapan. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 01 No. 05 April 2013, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Merdeka, 2023. Jumlah Kecelakaan Kerja Terus Meningkat dalam 3 Tahun. Jakarta. <https://www.merdeka.com/uang/jumlah-kecelakaan-kerja-terus-meningkat-dalam-3-tahun.html>

OHSAS 18001:2007. *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja-Persyaratan*.

Pattisinai, A. R., Widayanti, F. R., Nusantara, D. A. D., Nadiar, F., 2020. Pentingnya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Site Proyek Konstruksi Di Era Pandemi Covid-19. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil*, Vol. 2 No. 2 2020, ISSN: 2655-6421, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.

Peraturan Menteri PUPR No. 10 Tahun 2021. *Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi*, Jakarta .

Peraturan Menteri Tenaga Kerja No.05/ MEN/1996. *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, Jakarta.

Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2020. *Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 Tentang Jasa Konstruksi*, Jakarta.

Prasetyono, P. N., Dani, H., 2022. Identifikasi Risiko Pada Pekerjaan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Sebagai Tempat Tinggal. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil*, Vol. 4 No. 1 2022, ISSN: 2655-6421, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.

Ridley, J., 2008. Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Penerbit Erlangga, Jakarta.

## **Analisis Pengaruh Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Terhadap Kinerja Pekerja Konstruksi Menggunakan Metode *Random Sampling***

### *Analysis of the Influence of the Application of Occupational Safety and Health on the Performance of Construction Workers Using the Random Sampling Method*

**Maulidya Octaviani Bustamin<sup>1</sup>, Nurul Jannah Asid<sup>1</sup>, Muchamad Raditya Alnurtama<sup>1</sup>**

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya

Jl. Semolowaru 84, Surabaya, 60118

Email: alnurtamaradit@gmail.com

#### **Abstrak**

Pada proyek konstruksi penerapan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) sangat berpengaruh terhadap kinerja pekerja. Pengabaian faktor K3 terbukti mengakibatkan tingginya tingkat kecelakaan kerja pada proyek konstruksi yang akan mempengaruhi tenaga kerja dalam kinerja proyek. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh faktor penerapan keselamatan dan kesehatan kerja terhadap kinerja pekerja konstruksi pada proyek pembangunan Gedung kantor PT.PNEP Surabaya. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode random sampling, teknik pengumpulan data dengan cara penyebaran angket (kuisioner). Instrumen yang digunakan adalah angket model skala Likert. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis regresi linier berganda dengan bantuan aplikasi SPSS. Dengan mengambil obyek pada pekerja proyek pembangunan Gedung kantor PT.PNEP Surabaya. Setelah melakukan analisis berdasarkan variabel yang diteliti maka diperoleh hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh penerapan kesehatan dan keselamatan kerja (K3) berpengaruh positif terhadap kinerja pekerja pada proyek pembangunan Gedung kantor PT.PNEP Surabaya, hal ini dapat dibuktikan dari nilai F hitung  $> F$  table pada output SPSS dimana  $12,691 > 3,16$  dengan tingkat signifikansi  $0,000 < 0,05$ . Sehingga semakin baik penerapan keselamatan dan kesehatan kerja maka akan meningkatkan kinerja pekerja. Adapun variabel yang paling berpengaruh terhadap kinerja pekerja ada variabel Keselamatan Kerja (X1), hal ini berdasarkan nilai Standardized Coefficient Beta pada output SPSS menunjukkan yang paling dominan berpengaruh terhadap variabel terikat adalah variabel bebas yaitu Keselamatan Kerja (X1) sebesar 52 %. Faktor-Faktor yang paling berpengaruh pada variabel Keselamatan kerja adalah kesesuaian ruang gerak dengan jenis pekerjaan dengan persentase 11,3%, kebersihan lingkungan kerja dengan persentase 11,1% serta ketersediaan Alat Pelindung Diri dengan persentase 10,8%, yang artinya kinerja pekerja akan meningkat apabila perusahaan menyediakan tempat atau ruang kerja yang sesuai dengan jenis pekerjaan mereka, meningkatkan kebersihan lingkungan kerja dan juga melengkapi Alat Pelindung Diri.

**Kata Kunci:** K3; *Random Sampling*; Kinerja pekerja; Penerapan program; SPSS

#### **Abstract**

*In construction projects, the application of occupational safety and health (K3) greatly influences worker performance. Ignoring the K3 factor is proven to result in a high rate of work accidents in construction projects which will affect the workforce in project performance. The purpose of this study was to determine the influence of occupational safety and health implementation factors on the performance of construction workers in the PT. PNEP Surabaya office building construction project. The method used in this research is random sampling method, data collection technique by distributing questionnaires (questionnaire). The instrument used was a Likert scale model questionnaire. The data analysis technique used is multiple linear regression analysis with the help of the SPSS application. By taking the object of the construction project workers PT.PNEP Surabaya office building. After conducting an analysis based on the variables studied, the results of this study showed that the effect of the application of occupational health and safety (K3) had a positive effect on worker performance*

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p99-107>

in the PT. PNEP Surabaya office building construction project, this can be proven from the value of  $F$  count  $> F$  table on SPSS output where  $12.691 > 3.16$  with a significance level of  $0.000 < 0.05$ . So that the better the application of occupational safety and health will improve worker performance. The variable that has the most influence on worker performance is the Occupational Safety variable (X1), this is based on the Standardized Coefficient Beta value at the SPSS output showing that the most dominant effect on the dependent variable is the independent variable, namely Occupational Safety (X1) of 52%. The factors that have the most influence on the occupational safety variable are the suitability of space for the type of work with a percentage of 11.3%, the cleanliness of the work environment with a percentage of 11.1% and the availability of Personal Protective Equipment with a percentage of 10.8%, which means that worker performance will increase if the company provides a place or work space that is suitable for the type of work they do, improves the cleanliness of the work environment and also equips Personal Protective Equipment.

**Keywords:** K3, Random Sampling; Worker performance; Application of the program; SPSS

## PENDAHULUAN

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan aspek penting dalam kegiatan industri dan konstruksi. Upaya menjaga K3 merupakan tanggung jawab bersama antara pekerja dan pengusaha agar tercipta lingkungan kerja yang aman, sehat, dan produktif. Namun, pada kenyataannya, masih terjadi kecelakaan kerja yang menyebabkan cedera, kehilangan anggota tubuh, bahkan kematian.

Berdasarkan hasil olah data kecelakaan kerja dan Penyakit Akibat Kerja (PAK), masih menunjukkan kecenderungan peningkatan kasus setiap tahunnya. Pada tahun 2021 tercatat sebanyak 234.370 kasus yang menyebabkan kematian pekerja sebanyak 6.552 orang, meningkat sebesar 5,7 % dibandingkan dengan tahun 2020. Oleh karena itu, penerapan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada pekerjaan konstruksi perlu dilakukan untuk meningkatkan kinerja dan mengurangi risiko kecelakaan kerja.

Dalam skripsi ini, penulis akan menganalisis pengaruh penerapan K3 terhadap kinerja pekerja konstruksi menggunakan metode *Random Sampling*. Metode *Random Sampling* dipilih karena dapat menghasilkan data yang representatif dari populasi pekerja konstruksi yang ada di lapangan. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dan rekomendasi kepada perusahaan konstruksi dalam menerapkan K3 secara lebih baik dan efektif untuk meningkatkan kinerja pekerja.

Untuk mengetahui pengaruh penerapan keselamatan dan kesehatan kerja terhadap kinerja karyawan, peneliti memilih PT Arte Builder sebagai studi kasus dalam penelitian didasarkan pada alasan, karena PT Arte Builder merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang konstruksi,

sebagai perusahaan yang bergerak dalam bidang konstruksi tidak terlepas dari resiko kecelakaan kerja.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Menurut Notoatmodjo (2009:153) tujuan utama Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) adalah agar karyawan atau pegawai di sebuah institusi mendapat keamanan dan kesehatan yang seoptimal mungkin sehingga mencapai Produktivitas Kerja yang setinggi-tingginya.

Menurut Mangkunegara (2004:162), selain bertujuan untuk menghindari kecelakaan dalam proses kerja, Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) juga bertujuan untuk meningkatkan kegairahan, keserasaian kerja, partisipasi kerja karyawan, produktivitas kerja dan juga dapat dipastikan kinerja dari karyawan akan meningkat.

### Kecelakaan Kerja

Kecelakaan merupakan suatu kejadian yang bersifat tidak pasti, karena tidak dapat diprediksi kapan terjadinya, dimana tempatnya serta besar atau kecilnya kerugian yang ditimbulkan. Kecelakaan itu sendiri selalu didahului oleh gejala-gejala yang menandakan akan adanya suatu kecelakaan tersebut. Sedangkan kecelakaan kerja adalah kejadian yang tak terduga pada saat kerja yang mengakibatkan luka, sakit, kerugian baik pada manusia, barang maupun lingkungan.

Menurut Bird serta Germain (1990), ada tiga tipe kecelakaan kerja, yakni:

1. *Accident*, yakni peristiwa yang tidak diharapkan yang memunculkan kerugian baik buat manusia ataupun pada harta benda.

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p99-107>

2. *Incident*, yakni peristiwa yang tidak diharapkan yang belum memunculkan kerugian.
3. *Near Miss*, yakni peristiwa hampir celaka dalam kata lainnya peristiwa ini hampir memunculkan peristiwa *incident* dan *accident*.

### Kinerja

Kinerja adalah hasil seseorang secara keseluruhan selama periode tertentu didalam melaksanakan tugas, seperti standar hasil kerja, target atau sasaran kriteria yang telah ditentukan terlebih dahulu dan telah disepakati bersama (Veithzal, 2008).

menurut Robbins (Beni Madaun 2016), kinerja merupakan pencapaian yang optimal sesuai dengan potensi yang dimiliki seorang karyawan merupakan hal yang selalu menjadi perhatian para pemimpin organisasi. Kinerja ini menggambarkan sejauh mana aktivitas seseorang dalam melaksanakan tugas dan berusaha dalam mencapai tujuan yang ditetapkan.

### Random Sampling

Metode random sampling adalah teknik pengambilan sampel yang bisa digunakan dalam penelitian K3 terhadap kinerja pekerja konstruksi. Metode ini membantu memastikan bahwa sampel yang diambil adalah representatif dan dapat mewakili populasi pekerja, sehingga memastikan validitas dan akurasi hasil penelitian.

### Analisis Regresi Linier Berganda

Analisis Regresi adalah analisis yang mengukur pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Analisis linear berganda digunakan oleh peneliti, apabila peneliti bermaksud meramalkan bagaimana keadaan (naik turunnya) variabel dependen (kriterium), bila terdapat dua atau lebih variabel independen sebagai faktor prediktor dimanipulasi (di naik turunkan nilainya).

Bentuk umum dari persamaan regresi berganda adalah sebagai berikut:

$$Y = a + b1X1 + b2X2 + e \quad (1)$$

Keterangan :

- Y = Kinerja pekerja
- a = Konstanta
- X1 = Keselamatan Kerja
- X2 = Kesehatan Kerja

e = Error

### Uji t (Uji Parsial)

Uji t digunakan untuk mengetahui apakah masing-masing variabel bebasnya secara sendiri-sendiri atau parsial berpengaruh secara signifikan terhadap variabel erikatnya. Apabila t hitung > t tabel maka dapat dikatakan signifikan.

Berikut adalah formula untuk mencari t hitung dan t tabel :

$$t \text{ hitung} = \frac{b_i}{S_{b_i}} \text{ atau } t \text{ hitung} = \frac{r \sqrt{n-k-1}}{1-r^2} \quad (2)$$

Keterangan :

- $b_i$  = Koefisien regresi variabel i
- $S_{b_i}$  = Standar error variabel i
- r = Koefisien korelasi
- K = jumlah variabel indepeden
- n = jumlah data

$$t \text{ tabel} = t (\alpha/2 ; n-k-1) \quad (3)$$

Keterangan :

- $\alpha$  = Nilai alfa (taraf signifikasi)
- k = jumlah variabel indepeden
- n = jumlah data

### Uji F (Uji Simultan)

Uji F digunakan untuk mengetahui pengaruh secara bersama-sama variabel bebas secara signifikan terhadap variabel terikat. Jika Fhitung > Ftabel maka dapat dikatakan bahwa variabel bebas dapat menerangkan variabel terikatnya secara serentak.

Berikut adalah formula untuk mencari F hitung dan F tabel:

$$F \text{ hitung} = \frac{R^2/k}{(1-R^2)/(n-k-1)} \quad (4)$$

Keterangan :

- R<sup>2</sup> = Koefisien determinasi
- n = jumlah data
- k = jumlah variabel independent

$$F \text{ tabel} = F (k ; n-k) \quad (5)$$

Keterangan :

- n = jumlah data
- k = jumlah variabel independent

### Analisis Koefisien Korelasi (r) dan Determinasi (R<sup>2</sup>)

Analisis koefisien korelasi digunakan untuk mengetahui kekuatan hubungan antara pengaruh

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p99-107>

variabel independen terhadap variable dependen (Ghozali, Ekonometrika, 2009).

Koefesien determinasi (R<sup>2</sup>) pada intinya mengukur seberapa jauh kemampuan variabel independen dalam menerangkan variasi variable dependen (Ghozali, 2009). Nilai koefesien determinasi adalah di antara 0 dan 1. Nilai (R<sup>2</sup>) yang kecil berarti kemampuan variabel-variabel independen dalam menjelaskan variasi variabel dependen amat terbatas.

## METODE

### Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan 2 variabel bebas, Keselamatan Kerja (X1), Kesehatan Kerja (X2) dan 1 variabel terikat, Kinerja Pekerja (Y).

### Diagram Alur Penelitian



Gambar 1 Diagram alur penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Responden pada penelitian ini adalah para pekerja dan staf pada pembangunan Gedung Kantor PT.PNEP Surabaya. Penyebaran Kuisisioner sebanyak 60. Peneliti membuat 2 variabel yang akan di jadikan variabel bebas yaitu Keselamatan Kerja (X1) dan Kesehatan Kerja (X2) serta variabel terikat yaitu Kinerja Pekerja (Y). Setiap Variabel mempunyai 8 Pernyataan sebagai berikut:

- A. Keselamatan Kerja (X1)
  1. Pelatihan K3
  2. Poster dan rambu-rambu K3
  3. Pengawasan K3
  4. Sanksi pelanggaran K3
  5. Metode kerja
  6. Kelengkapan APD
  7. Kesesuaian ruang gerak dengan jenis pekerjaan
  8. Kebersihan lingkungan kerja
- B. Kesehatan Kerja (X2)
  1. Wawasan kesehatan kerja
  2. Penerapan sistem K3
  3. Pengawasan kesehatan kerja
  4. Mengontrol sumber resiko
  5. Penyediaan obat-obatan dan P3K
  6. Jaminan Kesehatan kerja
  7. Sirkulasi udara di tempat kerja
  8. Kondisi lingkungan kerja
- C. Kinerja Pekerja (Y)
  1. Tanggung jawab dalam pekerjaan
  2. Meningkatkan semangat dan kualitas kerja
  3. Mampu menyelesaikan pekerjaan
  4. Tepat waktu dalam bekerja
  5. Mampu mengatur waktu dalam bekerja
  6. Mandiri dalam bekerja
  7. Komitmen kerja
  8. Patuh terhadap peraturan

### Karakteristik Responden

Data karakteristik responden yang digunakan pada penelitian ini meliputi penggolongan berdasarkan usia, pendidikan terakhir dan masa kerja.

Tabel 1 Responden berdasarkan usia

Usia	Jumlah	Presentase (%)
< 20 Tahun	1	1,6 %
21 - 30 Tahun	14	23,3 %
31 - 35 Tahun	20	33,4 %
> 36 Tahun	25	41,7 %
Jumlah	60	100%

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p99-107>

Sumber: Data primer diolah, 2023

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa responden dengan usia lebih dari 36 tahun memiliki jumlah terbanyak yaitu 25 orang atau 41,7%.

Tabel 2 Responden berdasarkan Pendidikan terakhir

Pendidikan Terakhir	Jumlah	Presentase (%)
SD	0	0
SMP	5	8,3 %
SMA/SMK	45	75%
Perguruan Tinggi	10	16,7 %

Sumber: Data primer diolah, 2023

Berdasarkan tabel di atas dapat di lihat bahwa berdasarkan Pendidikan terakhir, Responden paling dominan dalam penelitian ini adalah pekerja dengan Pendidikan terakhir SMA sebanyak 45 orang atau 75%.

Tabel 3 Responden berdasarkan masa kerja

Masa Kerja	Jumlah	Presentase (%)
< 2 Tahun	43	71,7 %
2 - 4 Tahun	13	21,7 %
5 - 10 Tahun	3	5%
> 10 Tahun	1	1,6 %
Jumlah	60	100%

Sumber: Data primer diolah, 2023

Berdasarkan tabel di atas dapat di lihat bahwa berdasarkan masa kerja, Responden paling dominan dalam penelitian ini adalah pekerja dengan masa kerja kurang dari 2 tahun sebanyak 43 orang atau 71,7%.

### Uji Validitas

Uji validitas digunakan untuk mengukur sah atau valid tidaknya suatu kuisisioner. Teknik yang digunakan untuk melakukan uji validitas dalam penelitian ini adalah teknik korelasi pearson product moment. Instrumen penelitian dikatakan valid apabila  $r \text{ Hitung} > r \text{ Tabel}$  (Ghozali,2013). Berikut ini adalah hasil pengujian validitas pada masing-masing variabel.

Tabel 4 Hasil uji validitas variabel keselamatan kerja (X1)

Item Pertanyaan	r hitung	r tabel	Keterangan
X1.1	0,444	0,254	Valid
X1.2	0,517	0,254	Valid
X1.3	0,685	0,254	Valid

Item Pertanyaan	r hitung	r tabel	Keterangan
X1.4	0,658	0,254	Valid
X1.5	0,457	0,254	Valid
X1.6	0,408	0,254	Valid
X1.7	0,584	0,254	Valid
X1.8	0,399	0,254	Valid

Sumber: Data primer diolah, 2023

Tabel 5 Hasil uji validitas variabel kesehatan kerja (X2)

Item Pertanyaan	r hitung	r tabel	Keterangan
X2.1	0,338	0,254	Valid
X2.2	0,505	0,254	Valid
X2.3	0,456	0,254	Valid
X2.4	0,569	0,254	Valid
X2.5	0,313	0,254	Valid
X2.6	0,353	0,254	Valid
X2.7	0,334	0,254	Valid
X2.8	0,441	0,254	Valid

Sumber: Data primer diolah, 2023

Tabel 6 Hasil uji validitas variabel kinerja Pekerja (Y)

Item Pertanyaan	r hitung	r tabel	Keterangan
Y1	0,475	0,254	Valid
Y2	0,509	0,254	Valid
Y3	0,751	0,254	Valid
Y4	0,505	0,254	Valid
Y5	0,596	0,254	Valid
Y6	0,528	0,254	Valid
Y7	0,468	0,254	Valid
Y8	0,468	0,254	Valid

Sumber: Data primer diolah, 2023

Berdasarkan data tabel diatas menunjukkan nilai r hitung (korelasi *pearson product moment*) untuk masing-masing item pertanyaan lebih besar dari r tabel sebesar 0,254 dengan taraf signifikan kurang dari 0,05. Jadi semua item pertanyaan untuk variabel Keselamatan kerja (X1), Kesehatan kerja (X2), Kinerja pekerja (Y) dinyatakan valid. Oleh karena itu semua item variabel dalam penelitian ini dapat digunakan untuk menguji hipotesis tanpa ada yang dihilangkan atau diganti.

### Uji Reliabilitas

Dalam pengujian ini, peneliti mengukur reliabilitasnya suatu variabel dengan cara melihat Cronbach Alpha dengan signifikan yang digunakan lebih besar 0,6. Adapun hasil pengujian reliabilitas

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p99-107>

pada variabel keselamatan kerja (X1), Kesehatan kerja (X2), dan kinerja pekerja (Y) sebagai berikut:

Tabel 7 Hasil uji reliabilitas

no	Variabel	Cronbach Alpha	Keterangan
1	Keselamatan Kerja	0,624	Reliabel
2	Kesehatan Kerja	0,620	Reliabel
3	Kinerja Pekerja	0,645	Reliabel

Sumber: Data primer diolah, 2023

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa hasil pengujian reliabilitas nilai Cronbach's Alpha pada Variabel Keselamatan Kerja sebesar 0,624, Variabel Kesehatan Kerja sebesar 0,620, dan nilai Cronbach's Alpha pada Variabel Kinerja Pekerja sebesar 0,645. Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa semua variable dalam penelitian ini dinyatakan reliabel.

### Analisis Regresi Linier Berganda

Tabel 8 Hasil uji regresi linier berganda

Coefficients <sup>a</sup>					
Model	B	Std. Error		t	Sig.
		Error	Beta		
1 (Constant)	7.168	3.338		4.927	.028
Keselamatan Kerja	.532	.087	.520	6.131	.000
Kesehatan Kerja	.440	.084	.443	5.219	.000

a. Dependent Variable: Kinerja

Sumber: Data primer diolah, output SPSS, 2023

Berdasarkan pengujian pada tabel di atas dapat dirumuskan model regresi sebagai berikut :

$$Y = 7,168 + 0,532 X1 + 0,440 X2 + e \quad (6)$$

Persamaan diatas dapat diinterpretasikan sebagai berikut :

Nilai kostanta sebesar 7,168 hal ini menunjukkan bahwa variabel bebas (X1 dan X2) berupa keselamatan dan kesehatan kerja mampu memberikan kontribusi yang besar dalam mempengaruhi kinerja pekerja (variabel terikat).

Nilai Variabel X1 (Keselamatan Kerja) sebesar 0,532 artinya variabel Keselamatan Kerja memberikan kontribusi positif dalam

mempengaruhi Kinerja Pekerja yaitu sebesar 0,532. Dapat diartikan jika Keselamatan Kerja (X1) meningkat, maka Kinerja Pekerja PT. Arte Builder (Y) akan meningkat.

Nilai Variabel X2 (Kesehatan Kerja) sebesar 0,440 artinya variabel Kesehatan Kerja memberikan kontribusi positif dalam mempengaruhi Kinerja Pekerja yaitu sebesar 0,440. Dapat diartikan jika Kesehatan Kerja (X1) meningkat, maka Kinerja Pekerja PT. Arte Builder (Y) akan meningkat.

### Uji t (Uji Parsial)

Uji t pada penelitian ini menggunakan taraf signifikansi 5% atau 0,05 dan t tabel yang di dapatkan dari jumlah responden sebanyak 60 orang adalah 2,002. Hasil uji t dapat di lihat pada tabel berikut:

Tabel 9 Hasil uji t

Coefficients <sup>a</sup>			
Model		t	Sig.
1	(Constant)	4.927	.028
	Keselamatan Kerja	6.131	.000
	Kesehatan Kerja	5.219	.000

a. Dependent Variable: Kinerja

Sumber: Data primer diolah, output SPSS, 2023

Variabel Keselamatan kerja memiliki nilai t hitung > t tabel dimana 6,131 > 2,002 dengan tingkat signifikansi 0,000 < 0,05. Dan variabel Kesehatan kerja memiliki nilai t hitung > t tabel dimana 5,219 > 2,002 dengan tingkat signifikansi 0,000 < 0,05, sehingga dapat dinyatakan bahwa variabel keselamatan kerja dan Kesehatan kerja berpengaruh secara signifikan positif terhadap Kinerja Pekerja.

### Uji F (Uji Simultan)

Uji F pada penelitian ini menggunakan taraf signifikansi 5% atau 0,05 dan F tabel yang di dapatkan dari jumlah responden sebanyak 60 orang adalah 3,16. Hasil uji t dapat di lihat pada tabel berikut:

Tabel 10 Hasil uji F

ANOVA <sup>a</sup>						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	239.472	2	14.967	12.691	.000 <sup>b</sup>
	Residual	50.711	57	1.179		
	Total	290.183	59			

a. Dependent Variable: Kinerja Pekerja

b. Predictors: (Constant), Keselamatan Kerja, Kesehatan Kerja

Sumber: Data primer diolah, output SPSS, 2023

Berdasarkan tabel di atas nilai F hitung > F tabel dimana 12,691 > 3,16 dengan tingkat signifikansi 0,000 < 0,05 sehingga dapat dinyatakan bahwa variabel independen yaitu Keselamatan kerja (X1) dan Kesehatan kerja (X2) berpengaruh secara simultan terhadap variabel dependen yaitu Kinerja Pekerja.

### Uji Koefisien Korelasi

Tabel 11 Hasil uji koefisien korelasi

Correlations				
		Keselamatan Kerja	Kesehatan Kerja	Kinerja
Kinerja	Pearson Correlation	.819**	.794**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	
	N	60	60	60

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Sumber: Data primer diolah, output SPSS, 2023

Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai signifikansi dari kesemua variable 0,000 < 0,05, adapun derajat hubungan korelasi tergolong kuat karena mendekati angka 1 dengan nilai 0,819 untuk variabel Keselamatan Kerja dan 0,794 untuk variabel Kesehatan Pekerja. Sehingga dapat dinyatakan bahwa variabel *independent* yaitu Keselamatan dan Kesehatan Kerja memiliki korelasi positif terhadap variabel *dependent* yaitu Kinerja Pekerja.

### Uji Koefisien Determinasi

Tabel 12 Hasil uji koefisien determinasi

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.882 <sup>a</sup>	.778	.770	1.064

a. Predictors: (Constant), Kesehatan Kerja, Keselamatan Kerja

Sumber: Data primer diolah, output SPSS, 2023

Berdasarkan hasil perhitungan dari tabel diatas, dalam analisis regresi berganda diperoleh angka koefisien determinasi atau *Adjusted R square* sebesar 0,770 Variabel Kinerja Pekerja. Hal ini menunjukkan 77% Variabel Kinerja Pekerja dapat dijelaskan oleh variabel Keselamatan dan Kesehatan kerja.

### Uji Dominan

Untuk mengetahui variabel bebas mana yang paling dominan berpengaruh terhadap variabel terikat digunakan Uji *Standardized Coefficient Beta* (Gurajati,1997).

Tabel 13 Hasil uji koefisien determinasi

Coefficients		
Model	Standardized Coefficients	
	Beta	
1	(Constant)	
	Keselamatan Kerja	.520
	Kesehatan Kerja	.443

Sumber: Data primer diolah, output SPSS, 2023

Berdasarkan nilai *Standardized Coefficient Beta* sebesar 0,520, hal menunjukkan yang paling dominan berpengaruh terhadap variabel terikat adalah variabel bebas yaitu Keselamatan Kerja (X1) sebesar 52%.

### Faktor-faktor yang berpengaruh pada kinerja pekerja

Berdasarkan hasil tabulasi data yang telah di buat dari jawaban angket kuisioner didapatkan total nilai jawaban setiap responden dari setiap pernyataan dan pernyataan dari variabel yang paling

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p99-107>

dominan yaitu variabel Keselamatan Kerja (X1) dapat di lihat pada table berikut:

Tabel 14 Tabulasi data nilai kuisioner

Jumlah	252	253	240	241	247	259	271	266	2029
Presentase	10.5	10.5	10	10	10.3	10.8	11.3	11.1	84.5417

Sumber: Data primer diolah, 2023

Dari tabel di atas dapat diketahui yang mendapat nilai paling banyak ada di pernyataan 7 dengan nilai 271 atau 11,3%, pernyataan 8 dengan nilai 266 atau 11,1% dan pernyataan 6 dengan nilai 259 atau 10,8%. Adapun sisanya juga di pengaruhi oleh 5 pernyataan lainnya. Maka dari itu faktor-faktor yang paling berpengaruh dari variabel Keselamatan Kerja (X1) adalah pernyataan 7 yaitu tentang kesesuaian ruang gerak dengan jenis pekerjaan, pernyataan 8 tentang kebersihan lingkungan kerja dan pernyataan 6 yaitu tentang kelengkapan Alat Pelindung Diri.

## KESIMPULAN

1. Pengaruh penerapan keselamatan dan kesehatan kerja terhadap kinerja pekerja proyek konstruksi berpengaruh secara positif hal ini dibuktikan dari nilai F hitung  $> F$  tabel dimana  $12,691 > 3,16$  dengan tingkat signifikansi  $0,000 < 0,05$  sehingga dapat dinyatakan bahwa apabila penerapan program keselamatan dan kesehatan kerja yang dilakukan oleh PT.Arte Builder dapat meningkat maka kinerja pekerja dalam proyek pembangunan Gedung kantor PT.PNEP Surabaya juga meningkat.
2. Variabel dominan yang mempengaruhi kinerja pekerja berdasarkan variabel yang diteliti yaitu Keselamatan Kerja (X1). Hal ini berdasarkan nilai Standardized Coefficient Beta pada output SPSS menunjukkan yang paling dominan berpengaruh terhadap variabel terikat adalah variabel bebas yaitu Keselamatan Kerja (X1) sebesar 52 %.
3. Faktor-Faktor penerapan program Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang paling berpengaruh dari variabel Keselamatan kerja adalah kesesuaian ruang gerak dengan jenis pekerjaan dengan persentase 11,3%, kebersihan lingkungan kerja dengan persentase 11,1% serta ketersediaan Alat Pelindung Diri dengan persentase 10,8%, sehingga dapat

dinyatakan bahwa kinerja pekerja dalam proyek pembangunan Gedung kantor PT.PNEP Surabaya akan meningkat apabila perusahaan menyediakan tempat atau ruang kerja yang sesuai dengan jenis pekerjaan mereka, meningkatkan kebersihan lingkungan kerja dan juga melengkapi Alat Pelindung Diri.

## REFERENSI

- Ahadian, R. E., Yuda, T. M. (2022). "Analisis Pengaruh Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Kinerja Pekerja Pada Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung di Kota Ternate". *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* 3(1), 8-15.
- Arikunto S. 1998. "Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek". *Cetakan ke- 11. Jakarta: PT Rineka.*
- Asiyanto. 2005. "Construction Project Cost Management". *Jakarta: Pradnya Paramita.*
- Bird and Germain, F. J. (1990). "Practical Loss Control Leadership". *USA: Institute Publishing.*
- Buchari, 2007, "Penyakit Akibat Kerja Dan Penyakit Terkait Kerja", *USU Repository*, <http://library.usu.ac.id/download/ft/07002746.pdf>
- Ervianto, Wulfram. 2005. "Manajemen Proyek Konstruksi". *Jogjakarta*
- Ghozali, I (2013). "Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program IBM SPSS 23". *Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2013.*
- Hasyim, A., Rosdiansyah, F., & Damayanti, N. (2021). "Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Pekerja Konstruksi di Indonesia: Bukti dari Random Sampling". *Jurnal Fisika: Seri Konferensi*, 1791(1), 012029.
- Kusumawardani, S., Saptarini, N. M., & Santosa, S. P. (2019). "Pengaruh Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) terhadap Kinerja Karyawan di PT. Pelabuhan Indonesia III (Persero) Cabang Tanjung Perak Surabaya". *Jurnal Administrasi Bisnis (JAB)*, 73(1), 1-8.
- Manzur, M. A., Hasan, M. M., & Nuruzzaman, M. (2019). "Kepatuhan keselamatan pekerja konstruksi: Faktor dan inisiatif. *Jurnal Keselamatan dan Kesehatan Kerja*", 10(3), 345-353.
- Nugroho, F (2020). "Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja Terhadap Produktivitas

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p99-107>

- Kerja Karyawan". *Jurnal Ilmiah Manajemen* 11(3), 197-205.
- Novianto (2016) "Analisis Pengaruh Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) terhadap Kinerja Pekerja Konstruksi pada Proyek Pembangunan Fly Over Palur." *Matriks Teknik Sipil*.
- Oktarina, N., Hadiyanto, H. (2019). "Analisis Variabel Keselamatan Kerja pada Proyek Konstruksi". *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 8(1), F125-F129.
- Pelealu, C. P., Tjakra, J., Sompie, B. F. (2015). "Penerapan Aspek Hukum Terhadap Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (Studi Kasus: Proyek The Lagoon Tamansari Bahu Mall)". *Jurnal Sipil Statik*, 3(5).
- Prawirosentono, S. (2008). "Kebijakan Kinerja Karyawan". In *Journal of Experimental Psychology:General*.  
<https://doi.org/10.1117/12.793473>
- Ramli, Soehatman. 2013. "Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja OHSAS 18001". *Dian Rakyat. Jakarta*.
- Rijuna Dewi. (2006). "Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja terhadap Kinerja Karyawan pada PT. Ecogreen Oleochemicals Medan Plant". *Skripsi Fakultas Ekonomi Universitas Sumatera Utara Medan*.
- Trikurniawan, F., Iswanto, W. (2016). "Analisis Variabel K3 pada Pekerja Konstruksi di Jakarta". *Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 10-19.

## Optimalisasi Jaringan Trayek Suroboyo Bus Berdasarkan Pemetaan OD (Origin Destination) dengan Aplikasi Web App Map Arcgis

### *Optimization Of The Suroboyo Bus Tray Network Based On Od (Origin Destination) Mapping With The Arcgis Map Web Application*

**R. Endro Wibisono<sup>1</sup>, Anita Susanti<sup>1</sup>, Dadang Supriyatno<sup>1</sup>, Ari Widayanti<sup>1</sup>, Erisa Widya Septika<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup>Prodi D4 Transportasi, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya. Email :  
[endrowibisono@unesa.ac.id](mailto:endrowibisono@unesa.ac.id)

#### **Abstrak**

Pemerintah Kota Surabaya berupaya menanggulangi kemacetan yang ada dengan menyediakan BRT (Bus Rapid Transit) yang dikenal dengan Suroboyo Bus. Pengalihan rute dari Suroboyo Bus kepada BRT lain, menyebabkan banyaknya keluhan oleh pengguna yang meminta penambahan rute di ruas-ruas jalan di Kota Surabaya, agar integrasi rute dan tarif dapat diberlakukan. Berpijak pada permasalahan diatas, maka penelitian mengenai pemetaan origin destination penumpang Suroboyo Bus berbasis web, penting dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui gambaran umum pola sebaran perjalanan penumpang yang divisualisasikan menggunakan peta digital. Metode yang digunakan dalam pengambilan data adalah passenger interview dengan sampel 100 responden pada Suroboyo Bus Koridor U-S (Purabaya-Rajawali), dan 98 responden pada Koridor TIJ (Terminal Intermoda Joyoboyo-Terminal Osowilangun), dengan pengolahan Matriks Asal Tujuan (MAT), dan pemetaan menggunakan ArcGIS Online hingga menghasilkan web app map. Hasil penelitian dapat disampaikan bahwa origin destination penumpang Suroboyo Bus ditinjau secara umum melalui moda dan jarak tempuh pada masing-masing koridor, menunjukkan fenomena lokasi asal dan tujuan yang paling diminati, sehingga dapat diperoleh rencana pengembangan rute sebagai upaya optimalisasi kinerja Suroboyo Bus, disarankan pada koridor U-S adalah; Sukodono – Taman – Sepanjang – Waru – Wonokromo – Genteng – Tegalsari – Bubutan – Krembangan – Pabean Cantian, dan pada koridor TIJ adalah; Gedangan – Waru – Wiyung – Lakarsantri – Tandes – Benowo.

**Kata Kunci:** Suroboyo Bus, Jaringan Trayek, Pemetaan, Origin Destination, Bus Rapid Transit

#### **Abstract**

*The Surabaya City Government is trying to overcome existing congestion by providing BRT (Bus Rapid Transit) known as Suroboyo Bus. The diversion of routes from Suroboyo Bus to other BRTs has caused many complaints from users asking for additional routes on roads in the city of Surabaya, so that route and fare integration can be implemented. Based on the problems above, it is important to carry out research regarding web-based origin destination mapping of Suroboyo Bus passengers with the aim of knowing the general picture of passenger travel distribution patterns which are visualized using digital maps. The method used in collecting data was passenger interviews with a sample of 100 respondents on the Suroboyo Bus Corridor U-S (Purabaya-Rajawali), and 98 respondents on the TIJ Corridor (Joyoboyo Intermodal Terminal-Osowilangun Terminal), with Origin Destination Matrix (MAT) processing and mapping. using ArcGIS Online to produce a web app map. The research results can be conveyed that the origin destination of Suroboyo Bus passengers is reviewed in general through the mode and distance traveled in each corridor, showing the phenomenon of the most popular origin and destination locations, so that a route development plan can be obtained as an effort to optimize Suroboyo Bus performance, recommended for corridors. U-S is; Sukodono – Taman – Along – Waru – Wonokromo – Genteng – Tegalsari – Bubutan – Krembangan – Cantian Customs, and on the TIJ corridor are; Gedangan – Waru – Wiyung – Lakarsantri – Tandes – Benowo.*

**Keywords:** Suroboyo Bus, Route Network, Mapping, Origin Destination, Bus Rapid Transi

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p108-118>

## PENDAHULUAN

Transportasi merupakan sarana fasilitas yang sangat memegang peranan penting dalam pembangunan dan pengembangan infrastruktur suatu kawasan. Permasalahan transportasi yang sering dijumpai di Indonesia biasanya ialah kurangnya fasilitas pelayanan transportasi umum yang memadai. Masyarakat cenderung memilih untuk menggunakan kendaraan pribadi alih-alih menggunakan transportasi umum yang ada (Sulistiyowati. A, 2018). Mobilitas masyarakat perkotaan yang semakin tinggi menyebabkan semakin bertambahnya jumlah kendaraan pribadi sehingga mengakibatkan kemacetan lalu-lintas yang terjadi (Ali. M, 2018).

Kota Surabaya merupakan kota metropolitan kedua di Indonesia setelah Jakarta dengan jumlah penduduk sebesar 2.972.801 jiwa pada tahun 2022 (BPS Kota Surabaya, 2022). Kepadatan penduduk di Kota Surabaya tentu membuat mobilitas masyarakat semakin tinggi, maka dari itu kebutuhan akan sarana transportasi juga akan semakin meningkat (Sulistiyowati. A, 2018).

Pemerintah Kota Surabaya selalu berupaya dalam menekan angka kemacetan yang terjadi dengan menyediakan sarana transportasi umum yang diharapkan dapat mempermudah masyarakat dalam memenuhi kebutuhan pergerakannya. Upaya yang telah direalisasikan oleh pemerintah Kota Surabaya salah satunya ialah meluncurkan sarana transportasi umum berbasis BRT (Bus Rapid Transit) yang telah dikenal oleh masyarakat Surabaya sebagai Suroboyo Bus (Haqie. Z 2020).

Suroboyo Bus saat ini diketahui hanya melayani dua rute yakni Purabaya-Rajawali (U-S) dan rute Terminal Intermoda Joyoboyo-Terminal Osowilangun (TIJ), setelah koridor yang melayani rute timur-barat (T-B) dan MERR dialihkan kepada Bus Trans Semanggi yang diluncurkan oleh Kementerian Perhubungan. Hal tersebut menyebabkan beberapa permasalahan yang terjadi. Alih-alih membuat rute baru yang dapat terintegrasi dengan baik, masyarakat dibuat bingung mengapa program yang diluncurkan oleh Kementerian Perhubungan dan Pemerintah Kota ini justru mengambil alih rute yang telah dilayani dengan baik oleh Suroboyo Bus, padahal banyak masyarakat yang menganggap layanan Suroboyo Bus ini sudah baik karena telah mengaplikasikan integrasi tarif sehingga masyarakat yang akan oper ke sesama moda tidak dikenakan biaya kembali. Keluhan masyarakat ditumpahkan kedalam laman sosial media kedua BRT tersebut yang meminta

banyak penambahan jaringan trayek di ruas-ruas jalan di Kota Surabaya.

Berpijak pada permasalahan diatas, maka penelitian mengenai Sebaran Origin Destination Penumpang Suroboyo Bus penting dilakukan untuk mengetahui letak wilayah bangkitan dan tarikan yang memiliki banyak pergerakan, dan ditinjau secara geografis sehingga menghasilkan peta sebaran. Pemetaan yang dilakukan bukan berupa peta tematik melainkan berupa web app map yang dapat di akses oleh smatphone secara online yang merupakan urgensi dari penelitian ini.

Web app map yang akan menjadi output dalam penelitian ini memiliki beberapa manfaat dalam penggunaannya. Web app map yang akan dihasilkan dapat memberikan informasi dari hasil penelitian secara spesifik dan mendalam mengenai sebaran perjalanan penumpang, selain itu web app map ini dapat diakses secara real time oleh pengguna, dengan mengaktifkan GPS (Global Positioning System) pada smartphone, maka pengguna dapat mengetahui halte terdekat dari titik pengguna berada.

Web app map yang akan dihasilkan ini akan mengkombinasikan *Google Earth* dengan hasil peta sebaran origin destination penumpang menggunakan bantuan WebGIS ArcGIS *Online*, sehingga diharapkan dari data vital hasil pemetaan tersebut, dapat menjadi langkah awal yang dapat digunakan oleh pemangku kebijakan, dalam menentukan rancangan metode pemodelan prediksi kebutuhan perjalanan penumpang di jalur baru (wilayah yang belum terlayani). Harapan kedepannya Kota Surabaya mampu memberikan pelayanan bus kota sebagai salah satu angkutan massal yang memiliki pelayanan rute dan tarif terintegrasi sesuai dengan keinginan masyarakat saat ini.

## STATE OF ART

State of the art dari penelitian ini adalah berupaya mengembangkan jaringan trayek jalur BRT Suroboyo Bus di Kota Surabaya. Pengembangan jaringan trayek jalur BRT Suroboyo Bus ini sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan No. KM 15 Tahun 2010 tentang Cetak Biru Transportasi Antarmoda/Multimoda Tahun 2010 – 2030, mengenai penataan dan pengembangan trayek angkutan umum pengumpan BRT di Surabaya. Penelitian ini juga mendukung Rencana Pengembangan Transportasi Kota Surabaya dalam Forum Konsultasi Publik

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p108-118>

Penyusunan Rancangan Awal RKPD Kota Surabaya Tahun 2024. Berpijak pada uraian di atas, maka penelitian ini sangat penting untuk dilaksanakan guna menunjang arahan pemerintah untuk percepatan pengembangan transportasi umum di Kota Surabaya.



Gambar 1. Road Map Penelitian

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pola Pergerakan dan Konsep Perencanaan Transportasi

Pola pergerakan yang terbentuk di perkotaan dikelompokkan menjadi empat pola dan menjadi pola dasar pergerakan penduduk (Miro, 1997), terdiri dari: 1). Pola Pergerakan Eksternal – Eksternal, 2). Pola Pergerakan Eksternal – Internal, 3). Pola Pergerakan Internal – Eksternal, 4). Pola Pergerakan Internal – Internal.

Konsep perencanaan transportasi terdiri dari Model Perencanaan Transportasi 4 Tahap yaitu Bangkitan dan Tarikan Pergerakan (Trip Generation), Sebaran Pergerakan (Trip Distribution), Pemilihan Moda (Moda Split), dan Pemilihan Rute (Trip Assignment).

### B. Bangkitan dan Tarikan

Suatu pergerakan awal biasanya diawali dari tempat tinggal dan diakhiri di tempat tujuan. Sehingga, terdapat dua pembangkit dari pergerakan, yaitu pergerakan berbasis rumah yang mempunyai tempat asal atau tujuan rumah; dan pergerakan yang dibangkitkan oleh pergerakan berbasis bukan rumah (Tamin, 2000). Ilustrasi pergerakan bangkitan dan tarikan pada suatu zona atau wilayah dapat dilihat pada Gambar 5.

### C. Model Sebaran Perjalanan

Matriks pergerakan atau matriks asal – tujuan (MAT) digunakan oleh perencana bidang transportasi untuk menggambarkan pola pergerakan yang terjadi. MAT disusun sebagai matriks dua dimensi dengan jumlah baris dan kolom disesuaikan dengan jumlah zona yang diamati. Matriks asal – tujuan dapat dilihat pada Gambar 6. sedangkan contoh pembentukan matriks asal-tujuan (MAT) dapat dilihat pada Gambar 7.

### D. Pemetaan Digital

Pemetaan dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi komputer, seperti Google Earth, Geographic Information System (GIS), atau bahkan Global Positioning System (GPS) (Lail. J, 2015). Peta digital awalnya memiliki fungsi dasar yang sama seperti peta analog, mereka memberikan "pandangan virtual" dari jalan umum digariskan oleh medan yang meliputi daerah sekitarnya, informasi lalu lintas, dan layanan lokasi (Lail. J, 2015; Masrianto, 2020).

### E. WebGIS ArcGIS Online

WebGIS merupakan sistem lintas platform, tanpa harus peduli dengan sistem operasi apa yang digunakan oleh pengguna, pengguna dapat mengakses dan menggunakan webGIS selama memiliki akses ke internet (Li. Z, 2020). Aplikasi web sistem informasi geografis (SIG) terintegrasi dengan database sistem (data non spasial) yang di unggah dirancang untuk mencapai kinerja yang lebih baik, memberikan fleksibilitas dan menghasilkan aplikasi peta interaktif (Bendip. A, 2016).

## METODE PENELITIAN

### A. Tahap Penelitian

Penelitian ini secara umum melakukan beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Mengetahui Karakteristik Pelaku dan Perilaku Perjalanan Penumpang Suroboyo Bus,
- 2) Perhitungan MAT (Matriks Asal Tujuan) pada rencana pengembangan layanan Suroboyo Bus,
- 3) Pemetaan Sebaran Asal dan Tujuan Perjalanan Penumpang Suroboyo Bus melalui aplikasi WebGIS berupa ArcGIS online,
- 4) Perencanaan Trayek Baru di Blank Spot Kota Surabaya sebagai upaya Optimalisasi guna

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p108-118>

Pemerataan layanan Angkutan Massal berbasis Jalan Raya.

### B. Jenis Data

Data penelitian yang diperlukan data MAT dan data peta batas administrasi wilayah Kota Surabaya berupa shapfile yang diperoleh dari laman web resmi ArcGIS Online, serta data rute Suroboyo Bus dengan format KML (Keyhole Markup Language) yang diperoleh dari laman resmi Google Maps Peta Bus Kota Surabaya.

### C. Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah Metode Goodness of Fit merupakan metode perhitungan jumlah sampel minimal bagi Kasus Proporsi, digunakan untuk memeriksa apakah pola kurva distribusi sampel sama dengan pola kurva distribusi populasi, mengingat jumlah sampel yang diperlukan tidak sedikit dan berupa data kuantitatif. Metode Goodness of Fit berupa perbandingan kurva. Apabila Pola Kurva Distribusi Sampel sama dengan Pola Kurva Distribusi Proporsi Populasi, maka Pola Kurva Distribusi Sampel sama dengan Pola Kurva Distribusi Populasi. Metode Goodness of Fit menggunakan Tes Statistik Chi Square ( $\chi^2$ ) untuk melihat kesamaan pola kurva (Suprayitno dkk, 2017). Tes tersebut adalah sebagai berikut.

$H_0 : \chi^2 \leq \chi^2_{02}$ , artinya pola kurva sampel sama dengan pola kurva populasi

$H_1 : \chi^2 > \chi^2_{02}$ , artinya pola kurva sampel tidak sama dengan pola kurva populasi

$$\chi^2 : \sum \{(Y_i - Y_{0i})^2 / Y_{0i}\} \quad (3.1)$$

$$\chi^2_{02} : \chi^2(v, \beta) \quad (3.2)$$

$$v : n - k - 1 \quad (3.3)$$

Keterangan:

$\chi^2$  = nilai sampel Chi Square  
 $\chi^2(v, \beta)$  = nilai sampel Chi Square untuk derajat kebebasan dan tingkat kepercayaan tertentu

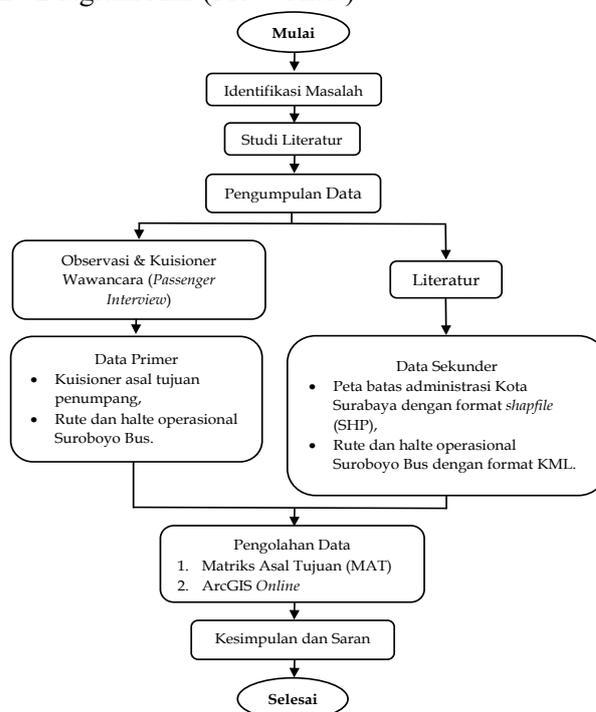
$Y_i$  = nilai distribusi sampel  
 $Y_{0i}$  = nilai distribusi populasi  
 $\beta$  = tingkat kepercayaan tertentu  
 $v$  = derajat kebebasan  
 $n$  = jumlah titik distribusi sampel  
 $k$  = jumlah parameter yang diamati

Pada Tabel 1 ditunjukkan jumlah rata-rata penumpang per bulan Penumpang Suroboyo Bus dengan total populasi sejumlah 58.191 penumpang.

Tabel 1. Jumlah Penumpang Bus Kota Surabaya

No.	Bus	Koridor	Keterangan
1.	Suroboyo Bus	Utara – Selatan	133.421
2.	Suroboyo Bus	TIJ – Osowilangun	18.433
<b>Total</b>			<b>151.854</b>
<b>Rata-rata penumpang per bulan</b>			<b>5.061</b>

### D. Diagram Alir (Flow Chart)



Gambar 2. Diagram Alir (Flow Chart)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Karakteristik Pelaku Perjalanan Suroboyo Bus Koridor U-S (Purabaya-Rajawali)

#### 1. Jenis Kelamin

Jenis kelamin penumpang didominasi oleh perempuan (74%).



Gambar 3. Persentase jenis kelamin penumpang Suroboyo Bus Koridor U-S



Gambar 7. Persentase frekuensi perjalanan penumpang menggunakan moda Suroboyo Bus Koridor U-S

2. Hari Penggunaan

Hari penggunaan didominasi oleh hari kerja (Senin-Jumat) (54%).



Gambar 4. Persentase hari penggunaan moda Suroboyo Bus Koridor U-S

3. Waktu Penggunaan

Waktu penggunaan didominasi pada waktu siang hari (11.00-15.00) (47%).



Gambar 5. Persentase waktu penggunaan moda Suroboyo Bus Koridor U-S

4. Maksud Perjalanan

Maksud perjalanan penumpang didominasi oleh hiburan/rekreasi (51%).



Gambar 6. Persentase maksud perjalanan penumpang menggunakan moda Suroboyo Bus Koridor U-S

5. Frekuensi Perjalanan

Frekuensi perjalanan didominasi dengan 1 kali perjalanan pada tiap minggu (51%).

B. Karakteristik Perilaku Perjalanan Suroboyo Bus Koridor U-S (Purabaya-Rajawali)

1. Tempat Tinggal-Lokasi Asal

Pergerakan penumpang dari tempat tinggal menuju lokasi asal didominasi oleh moda sepeda motor (50%) dengan jarak >10 km (26%).

2. Lokasi Asal-Halte Naik

Pergerakan penumpang dari lokasi asal menuju halte naik didominasi oleh moda sepeda motor (50%) dengan jarak 0-2 km (43%).

3. Halte Turun-Lokasi Tujuan

Pergerakan penumpang dari halte turun menuju lokasi tujuan didominasi oleh moda jalan kaki (67%) dengan jarak 0-2 km (77%).

C. Sebaran Asal Tujuan Perjalanan Suroboyo Bus Koridor U-S (Purabaya-Rajawali)

1. Tempat Tinggal

Zona kecamatan yang memiliki paling banyak penumpang adalah Kecamatan Tegalsari yang berada di wilayah Surabaya Pusat dengan penumpang sebanyak 12 penumpang (12%).

2. Lokasi Asal

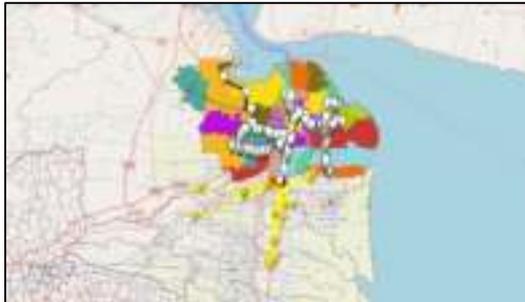
Zona kecamatan yang memiliki paling banyak penumpang adalah Kecamatan Tegalsari yang berada pada Wilayah Surabaya Pusat, dengan jumlah 13 penumpang (13%).



<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p108-118>

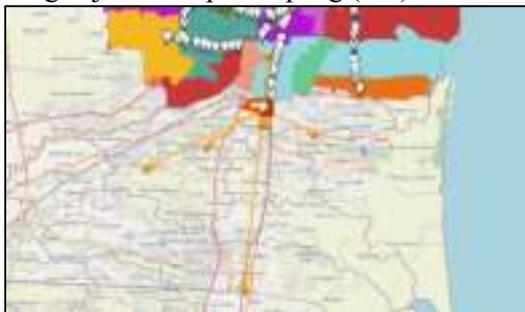
Gambar 8. Plot Pemetaan Lokasi Asal Pada Koridor U-S

- Halte Naik  
Halte naik terbanyak didominasi oleh Terminal purabaya di Kec. Waru, Kab. Sidoarjo, dengan jumlah 21 penumpang (21%).



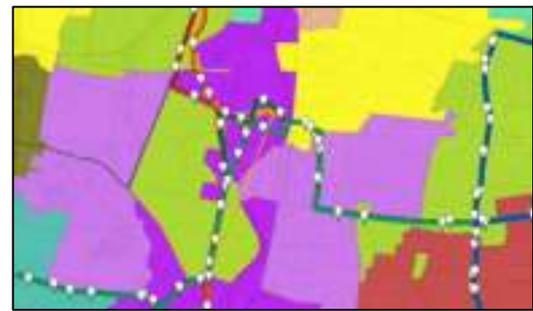
Gambar 9. Plot Pemetaan Halte Naik Pada Koridor U-S

- Halte Turun  
Halte yang memiliki paling banyak penumpang turun dalam satu kali pulang-pergi adalah Terminal Purabaya dengan jumlah 20 penumpang (20%), namun dalam satu kali perjalanan, halte paling banyak penumpang turun ada pada Halte Kaliasin yang berada di wilayah Surabaya Pusat dengan jumlah 9 penumpang (9%).



Gambar 10. Plot Pemetaan Halte Turun Pada Koridor U-S

- Lokasi Tujuan  
Zona kecamatan lokasi tujuan yang memiliki paling banyak penumpang penumpang adalah Kecamatan Genteng yang berada di Wilayah Surabaya Pusat dengan jumlah penumpang sebanyak 24 (24%).



Gambar 11. Plot Pemetaan Lokasi Tujuan Pada Koridor U-S

#### D. Karakteristik Pelaku Perjalanan Suroboyo Bus Koridor TIJ (Terminal Intermoda Joyoboyo-Terminal Osowilangun)

##### 1. Jenis Kelamin

Jenis kelamin penumpang didominasi oleh perempuan (62%).



Gambar 12. Persentase jenis kelamin penumpang Suroboyo Bus Koridor TIJ

##### 2. Hari Penggunaan

Hari penggunaan didominasi oleh hari kerja (Senin-Jumat) (74%).



Gambar 13. Persentase hari penggunaan moda Suroboyo Bus Koridor TIJ

##### 3. Waktu Penggunaan

Waktu penggunaan didominasi pada waktu siang hari (11.00-15.00) (50%).



Gambar 14. Persentase waktu penggunaan moda Suroboyo Bus Koridor TIJ

#### 4. Maksud Perjalanan

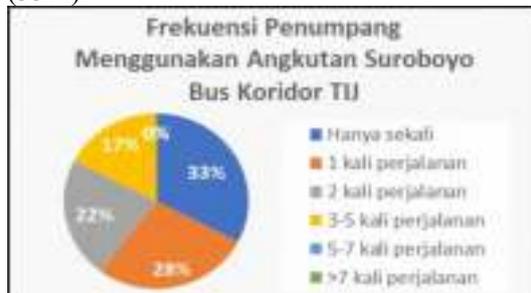
Maksud perjalanan penumpang didominasi oleh hiburan/rekreasi (42%).



Gambar 15. Persentase maksud perjalanan penumpang menggunakan moda Suroboyo Bus Koridor TIJ

#### 5. Frekuensi Perjalanan

Frekuensi perjalanan didominasi dengan hanya sekali perjalanan pada tiap minggu (33%).



Gambar 16. Persentase frekuensi perjalanan penumpang Suroboyo Bus Koridor TIJ

#### E. Karakteristik Perilaku Perjalanan Suroboyo Bus Koridor TIJ (Terminal Intermoda Joyoboyo-Terminal Osowilangun)

##### 1. Tempat Tinggal-Lokasi Asal

Pergerakan penumpang dari tempat tinggal menuju lokasi asal didominasi oleh moda sepeda motor (76%) dengan jarak >10 km (56%).

##### 2. Lokasi Asal-Halte Naik

Pergerakan penumpang dari lokasi asal menuju halte naik didominasi oleh moda

sepeda motor (51%) dengan jarak 2-4 km (31%).

##### 3. Halte Turun-Lokasi Tujuan

Pergerakan penumpang dari halte turun menuju lokasi tujuan didominasi oleh moda jalan kaki (77%) dengan jarak 0-2 km (80%).

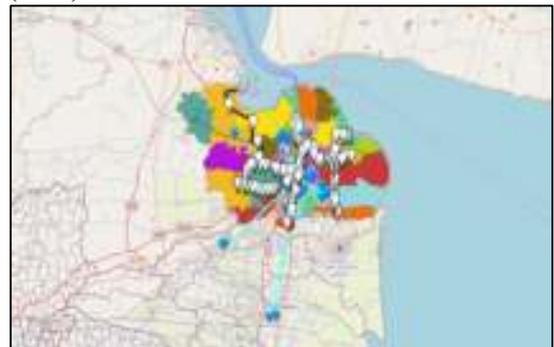
#### F. Sebaran Asal Tujuan Perjalanan Suroboyo Bus Koridor TIJ (Terminal Intermoda Joyoboyo-Terminal Osowilangun)

##### 1. Tempat Tinggal

Zona kecamatan yang memiliki banyak penumpang berada di tiga kecamatan dengan nilai persentase yang sama, yakni Kecamatan Wonokromo, Rungkut, dan Wiyung, dengan penumpang sebanyak 8 penumpang (8%).

##### 2. Lokasi Asal

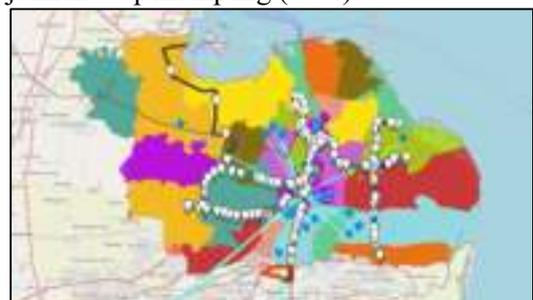
Zona kecamatan yang memiliki paling banyak penumpang adalah Kecamatan Waru yang berada pada Wilayah Kabupaten Sidoarjo, dengan jumlah 16 penumpang (16%).



Gambar 17. Plot Pemetaan Lokasi Asal Pada Koridor TIJ (Terminal Intermoda Joyoboyo-Terminal Osowilangun)

##### 3. Halte Naik

Halte naik terbanyak didominasi oleh Terminal Intermoda Joyoboyo di Kec. Wonokromo, Surabaya Selatan, dengan jumlah 68 penumpang (69%).



Gambar 18. Plot Pemetaan Halte Naik Pada Koridor TIJ (Terminal Intermoda Joyoboyo-Terminal Osowilangun) Halte Turun

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p108-118>

#### 4. Halte Turun

Halte yang memiliki paling banyak penumpang turun dalam satu kali pulang-pergi adalah Halte PTC dengan jumlah 32 penumpang (33%).



Gambar 19. Plot Pemetaan Halte Turun Pada Koridor TIJ (Terminal Intermoda Joyoboyo-Terminal Osowilangun)

#### 5. Lokasi Tujuan

Zona kecamatan lokasi tujuan yang memiliki paling banyak penumpang adalah Kecamatan Wiyung yang berada di Wilayah Surabaya Selatan dengan jumlah penumpang sebanyak 42 (43%).



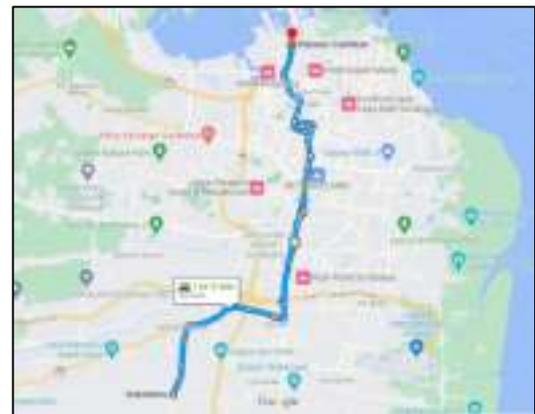
Gambar 20. Plot Pemetaan Lokasi Tujuan Pada Koridor TIJ (Terminal Intermoda Joyoboyo-Terminal Osowilangun)

### G. Rencana Pengembangan Rute

#### 1. Rute Koridor U-S (Purabaya-Rajawali)

Jarak terjauh (>10 km) suatu tempat tinggal untuk mencapai lokasi tujuan, yang paling banyak yakni pada Kecamatan Sukodono (Kabupaten Sidoarjo) menuju Kecamatan Pabean Cantian (Surabaya Utara) dengan jarak 30 km, maka pengembangan rute yang dapat disarankan adalah sebagai berikut,

Sukodono – Taman – Sepanjang – Waru – Wonokromo – Genteng – Tegalsari – Bubutan – Krembangan – Pabean Cantian

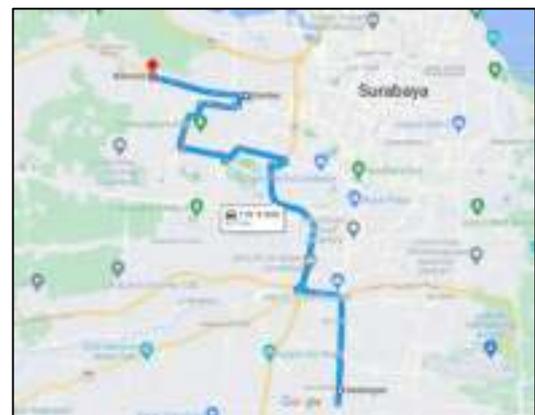


Gambar 21. Rencana Pengembangan Rute Suroboyo Bus Koridor U-S

#### 2. Rute Koridor TIJ (Terminal Intermoda Joyoboyo – Terminal Osowilangun)

Jarak terjauh (>10 km) suatu tempat tinggal untuk mencapai lokasi tujuan, yang paling banyak yakni pada Kecamatan Gedangan (Kabupaten Sidoarjo) menuju Kecamatan Pabean Benowo (Surabaya Barat) dengan jarak 30 km, maka pengembangan rute yang dapat disarankan adalah sebagai berikut,

Gedangan – Waru – Wiyung – Lakarsantri – Tandes – Benowo



Gambar 22. Rencana Pengembangan Rute Suroboyo Bus Koridor TIJ

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, dapat dijabarkan kesimpulan sebagai berikut:

#### 1. Karakteristik pelaku perjalanan Suroboyo Bus

- Jenis Kelamin  
Hasil penelitian dari kedua koridor Suroboyo Bus tersebut menunjukkan bahwa penumpang angkutan Suroboyo Bus lebih

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p108-118>

didominasi oleh perempuan daripada laki-laki.

- Hari Penggunaan  
Penumpang menggunakan angkutan Suroboyo Bus didominasi pada hari kerja (Senin-Jum'at), hal tersebut diperkirakan karena pada hari kerja, penumpang sering melakukan aktivitas harian, seperti mengunjungi tempat-tempat tertentu menggunakan angkutan umum ini.
- Waktu Penggunaan  
Penumpang menggunakan angkutan Suroboyo Bus didominasi oleh waktu penggunaan pada siang hari (11.00-15.00 WIB), hal tersebut diperkirakan karena pada waktu tersebut, banyak penumpang yang telah menyelesaikan kegiatannya, dan beralih menuju ke tempat lain menggunakan angkutan umum ini.
- Maksud Perjalanan  
Maksud perjalanan penumpang Suroboyo Bus menggunakan angkutan umum tersebut adalah dengan tujuan hiburan/rekreasi, hal tersebut diduga terjadi karena berhubungan dengan karakteristik pelaku perjalanan pada sub bab jenis kelamin yang hasilnya didominasi oleh Perempuan, dimana Perempuan memiliki kecenderungan melakukan perjalanan untuk tujuan hiburan/rekreasi setelah selesai melakukan kegiatan utama (sekolah/kuliah/kerja) pada satu hari yang sama.
- Frekuensi Perjalanan  
Frekuensi perjalanan penumpang dalam menggunakan angkutan Suroboyo Bus ini didominasi oleh satu kali perjalanan dalam setiap minggu, serta adapun beberapa penumpang yang baru pertama kali mencoba menggunakan angkutan umum Suroboyo Bus ini dalam melakukan perjalanannya.

## 2. Karakteristik perilaku perjalanan Suroboyo Bus

- Tempat Tinggal-Lokasi Asal  
Moda yang digunakan penumpang Suroboyo Bus dari tempat tinggal menuju lokasi asal didominasi oleh sepeda motor dengan jarak >10 km. Hal tersebut menunjukkan bawasannya seseorang lebih memilih melakukan perjalanan dengan jarak yang lebih jauh dari tempat tinggal, untuk menuju lokasi asal atau halte naik.
- Lokasi Asal-Halte Naik

Moda yang digunakan penumpang Suroboyo Bus dari lokasi asal menuju halte naik didominasi oleh sepeda motor dengan jarak 0-4 km.

- Halte Turun-Lokasi Tujuan  
Moda yang digunakan penumpang Suroboyo Bus dari halte turun menuju lokasi tujuan didominasi dengan berjalan kaki dengan jarak 0-2 km. Hal tersebut menunjukkan bawasannya seseorang memiliki kecenderungan untuk mencari jarak sedekat mungkin dari halte turun menuju lokasi tujuan.

## 3. Sebaran asal tujuan perjalanan penumpang Suroboyo Bus

- Suroboyo Bus Koridor U-S (Purabaya-Rajawali)
  - 1) Tempat tinggal penumpang Suroboyo Bus Koridor U-S paling banyak berada di Kecamatan Tegalsari, wilayah Surabaya Pusat dengan jumlah 12 penumpang (12%),
  - 2) Lokasi asal penumpang Suroboyo Bus Koridor U-S memiliki nilai 62% bersifat Home Based, dan 38% bersifat Non-Home Based. Lokasi asal paling banyak berada di Kecamatan Tegalsari, wilayah Surabaya Pusat dengan jumlah 13 penumpang (13%),
  - 3) Halte naik penumpang Suroboyo Bus Koridor U-S paling banyak berada di Terminal Purabaya, Kecamatan Waru, wilayah Kabupaten Sidoarjo, dengan jumlah 21 penumpang (21%),
  - 4) Halte turun penumpang Suroboyo Bus Koridor U-S paling banyak berada di Halte Kaliasin, Kecamatan Tegalsari, wilayah Surabaya Pusat, dengan jumlah 9 penumpang (9%),
  - 5) Lokasi tujuan penumpang Suroboyo Bus Koridor U-S memiliki persentase 81% merupakan perjalanan berangkat, dan 19% merupakan perjalanan pulang. Lokasi tujuan penumpang, paling banyak berada di Kecamatan Genteng, wilayah Surabaya Pusat, dengan jumlah 24 penumpang (24%).
- Suroboyo Bus Koridor TIJ (Terminal Intermoda Joyoboyo-Terminal Osowilangun)
  - 1) Tempat tinggal penumpang Suroboyo Bus Koridor TIJ paling banyak berada di Kecamatan Wonokromo, Kecamatan

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p108-118>

- Wiyung (Surabaya Selatan), dan Kecamatan Rungkut (Surabaya Timur), dengan jumlah masing-masing adalah 8 penumpang (8%),
- 2) Lokasi asal penumpang Suroboyo Bus Koridor TIJ memiliki nilai 69% bersifat Home Based, dan 31% bersifat Non-Home Based. Lokasi asal paling banyak berada di Kecamatan Wiyung, wilayah Kabupaten Sidoarjo, dengan jumlah 16 penumpang (16%),
  - 3) Halte naik penumpang Suroboyo Bus Koridor TIJ paling banyak berada di Terminal Intermoda Joyoboyo, Kecamatan Wonokromo, wilayah Surabaya Selatan, dengan jumlah 68 penumpang (69%),
  - 4) Halte turun penumpang Suroboyo Bus Koridor TIJ paling banyak berada di Halte PTC, Kecamatan Wiyung, wilayah Surabaya Selatan, dengan jumlah 32 penumpang (33%),
  - 5) Lokasi tujuan penumpang Suroboyo Bus Koridor TIJ memiliki persentase 93% merupakan perjalanan berangkat, dan 7% merupakan perjalanan pulang. Lokasi tujuan penumpang, paling banyak berada di Kecamatan Wiyung, wilayah Surabaya Selatan, dengan jumlah 42 penumpang (43%).
4. Rencana pengembangan rute baru Suroboyo Bus  
Rencana pengembangan rute tentunya perlu di lakukan sebagai upaya optimalisasi kinerja angkutan umum yang ada di Kota Surabaya. Hasil penelitian diatas ditinjau dari jarak terjauh suatu tempat tinggal untuk mencapai lokasi tujuan, dapat direkomendasikan suatu rute untuk dapat dikembangkan kedepannya, yakni:
- Suroboyo Bus Koridor U-S (Purabaya-Rajawali): Sukodono – Taman – Sepanjang – Waru – Wonokromo – Genteng – Tegalsari – Bubutan – Krembangan – Pabean Cantian.
  - Suroboyo Bus Koridor TIJ (Terminal Intermoda Joyoboyo-Terminal Osowilangun): Gedangan – Waru – Wiyung – Lakarsantri – Tandes – Benowo
- kemacetan lalu lintas di Kecamatan Rappocini Makassar”. Prosiding seminar disajikan dalam Diseminasi Hasil Penelitian melalui Optimalisasi Sinta dan Hak Kekayaan Intelektual (ISBN: 978-602-5554-71-1). Prosiding Seminar Nasional Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makassar, hal. 68-73.
- Bendip, A., Hadda, D., Mahdi, K., 2016. “Application of Webgis in the development of interactive interface for urban management in Batna City”. J. Eng. Technol. Res. Vol. 8, No. 2, pp. 13–20, 2016. Dalam Puspitasari, D.I., Al, F.R.K., Budi, R., Tri, A.T.U., 2020. “Pemanfaatan WebGIS untuk Pemetaan Lokasi dan Kondisi Rambu Lalu Lintas Kota Banjarbaru”. Jurnal Teknologi Informasi & Komunikasi. Vol. 11, No. 2, November 2020: hal. 311-323. eISSN: 2477-3255, pISSN: 2086-4884.
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2022-02-25. Kota Surabaya dalam Angka 2022: (<https://surabayakota.bps.go.id/publication/2022/02/25/e65b36a5a3abccf19e24dd79/kota-surabaya-dalam-angka-2022.html>, diakses 6 Februari 2023).
- Haqie, Z.A., Rifda, E.N., Oktavira, P.A., 2020. “Inovasi Pelayanan Publik Suroboyo Bis di Kota Surabaya”. Journal of Public Sector Innovations. Vol. 5, No. 1, November 2020: hal. 23-30.
- Husby, J., 2008. "In-car navigation matures beyond 'Point A to Point B'." Electronic Engineering Times: (<http://www.automotivedesignline.com>).
- Dalam Lail, J., Arief, R.K., 2015. “Peta Digital Dusun Sentono”. Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan. Vol. 4, No. 1, Januari 2015: hal. 50-53. ISSN: 2089-3086.
- Lail, J., Arief, R.K., 2015. “Peta Digital Dusun Sentono”. Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan. Vol. 4, No. 1, Januari 2015: hal. 50-53. ISSN: 2089-3086.
- Li, Z., 2020. “Pipeline Spatial Data Modeling and Pipeline WebGIS. Chengdu, Sichuan, China: Springer”. Dalam Puspitasari, D.I., Al, F.R.K., Budi, R., Tri, A.T.U., 2020. “Pemanfaatan WebGIS untuk Pemetaan Lokasi dan Kondisi Rambu Lalu Lintas Kota Banjarbaru”. Jurnal Teknologi Informasi & Komunikasi. Vol. 11, No. 2, November 2020: hal. 311-323. e-ISSN: 2477-3255, p-ISSN: 2086-4884.

## REFERENSI

Ali, M.I., Muhammad, R.A., 2018. “Pengaruh kepadatan penduduk terhadap intensitas

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p108-118>

- Manumoyoso, A.H, 2023. "Keterisian Trans Semanggi Suroboyo Tertinggi di Indonesia". (<https://www.kompas.id/baca/nusantara/2023/02/14/keterisian-trans-semanggi-suroboyo-tertinggi-di-indonesia>). Dalam Kompas.id diakses 1 April 2023. 14 Februari 2023. Surabaya.
- Masrianto, Harianto, Ashabul, K., Muhammad, S., "Implementasi Peta Digital Untuk Smart Village (Studi Kasus Desa Tammangalle, Polewali Mandar)". Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer. Vol 6, No. 1, April 2020: hal. 13-18. e-ISSN 2503-3832, p- ISSN 2442-451X.
- Miro, Fidel., 1997. "Sistem Transportasi Kota Bandung". Tarsito Bandung.
- Oswald, Patrick. 2013. "Publish Data Statistik dengan Peta di ArcGIS Online". Dalam Tutorial WebGIS sederhana dengan ArcGIS Online. BAPPEDA Provinsi Nusa Tenggara Barat. (<https://bappeda.ntbprov.go.id/edukasi/tutorial-webgis-dengan-arcgis-online/> diakses 19 Februari 2023).
- Sugiyono, 2009, 2010, 2017. "Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D". Bandung: Alfabeta.
- Sulistyowati, A., Imam, M., 2018. Optimalisasi Pengelolaan Dan Pelayanan Transportasi Umum (Studi Pada "Suroboyo Bus" Di Surabaya). Prosiding seminar disajikan dalam IAPA Annual Conference 2018 Collaborative Government to Strengthen Local and Global Competitiveness (ISSN 2686-6250). Indonesia Association for Public Administration Universitas Muhammadiyah Palangka Raya. Palangka Raya, 11-12 Oktober 2018. Hal 152-165.
- Surabaya Integrated Urban Transport System (SIUTS), Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2023.
- Tamin, Ofyar, Z., 1997. Perencanaan dan Pemodelan Transportasi. Bandung: ITB Bandung.
- Tamin, Ofyar, Z., 2000. Perencanaan dan Pemodelan Transportasi. Bandung: ITB Bandung.

## Pengaruh Penambahan Fiber Paku Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton

### *Effect of Fiber Nails Addition on the Compressive and Tensile Strength of Concrete*

**Safrin Zuraidah<sup>1</sup>, Aldio Kevin Antow<sup>1</sup>, Bambang Sujatmiko<sup>1</sup>, Budi Hastono<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas. Dr. Soetomo, Jl Semolowaru.84. Surabaya  
Telp. (031)5944744. Email: [safrin.zuraidah@unitomo.ac.id](mailto:safrin.zuraidah@unitomo.ac.id)

#### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini memperbaiki kelemahan beton yaitu mudah retak apabila kena beban tarik. Oleh karena beton memiliki kuat tarik yang rendah, maka banyak penelitian tentang beton yang telah dilakukan dengan menambah jenis serat, alami, serat sintesis, maupun serat logam untuk meningkatkan kuat tarik beton. Dalam penelitian ini menggunakan serat paku yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan serat paku kuat tekan dan kuat tarik belah beton pada umur 28 hari. Metode penelitian eksperimental dengan menggunakan benda uji silinder 150x300 mm sebanyak 60 benda uji untuk uji tekan dan uji kuat tarik belah, sedangkan uji porositas menggunakan silinder 5 x 10 cm. Terdapat dua variabel dalam penelitian ini antara lain variabel bebas yaitu persentase penambahan paku 0% ,0,5%, 1%, 1,5% 2% dari berat pasir dan variabel tak bebas yaitu kuat tekan, kuat tarik belah beton dan porositas. Hasil penelitian dengan kadar penambahan serat paku sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5% dan 2% kuat tekan beton adalah sebesar 16,51 MPa; 16,51 MPa; 20,28 MPa; 29,99 MPa; dan 27,16 MPa. Sedangkan hasil pengujian kuat tarik belah beton masing-masing adalah sebesar 2,50 MPa; 2,59 MPa; 2,64 MPa; 3,11 MPa; dan 2,97 Mpa, mengalami peningkatan maksimum pada kadar 1,5% terhadap berat pasir.

**Kata Kunci :** Beton Serat; Serat Paku; Kuat Tekan; Kuat Tarik Belah.

#### Abstract

*The purpose of this research is to improve the weakness of concrete which is easy to crack when subjected to tensile loads. Because concrete has a low tensile strength, many studies on concrete have been carried out by adding types of fibers, natural, synthetic fibers, and metal fibers to increase the tensile strength of concrete. In this study using nail fiber which aims to determine how the effect of adding nail fiber on the compressive strength and split tensile strength of concrete at the age of 28 days. The experimental research method uses 150x300 mm cylindrical test specimens as many as 60 test specimens for compressive tests and split tensile strength tests, while porosity tests use 5 x 10 cm cylinders. There are two variables in this study, including the independent variable, namely the percentage of the addition of nails 0%, 0.5%, 1%, 1.5% 2% of the weight of sand and the independent variable, namely compressive strength, tensile strength of concrete and porosity. The results of research with the addition of nail fiber levels of 0%; 0.5%; 1%; 1.5% and 2% concrete compressive strength is 16.51 MPa; 16.51 MPa; 20.28 MPa; 29.99 MPa; and 27.16 MPa. While the results of the concrete split tensile strength test were 2.50 MPa; 2.59 MPa; 2.64 MPa; 3.11 MPa; and 2.97 Mpa, respectively, experiencing a maximum increase at a level of 1.5% by weight of sand.*

**Keywords :** Fiber Nails; Compressive Strength; Split Tensile Strength; Fiber Concrete.

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p119-125>

## PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan konstruksi yang sangat penting dan paling sering digunakan pada struktur bangunan. Beton sangat diminati karena bahan ini merupakan bahan konstruksi yang mempunyai banyak kelebihan. Kelebihan yang dimiliki beton adalah, ekonomis, bahan-bahan yang digunakan pun mudah diperoleh, dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki, mampu menerima kuat tekan dengan baik, tahan aus, rapat air, awet, dan mudah perawatannya. Selain itu beton memiliki ketahanan terhadap api hingga 1 sampai 3 jam. Beton juga memiliki kekakuan yang besar sehingga tahan terhadap beban angin, serta getaran lantai. Terlepas dari semua kelebihan yang dimiliki oleh beton, tentu saja beton juga memiliki kekurangan yaitu memiliki kuat tarik yang rendah.

Tiara d d, dkk (2020) Penggunaan beton untuk konstruksi saat ini masih diminati karena beton mempunyai keunggulan seperti kuat tekan yang tinggi, perawatan yang mudah setelah beton mengeras dan mudah dibentuk menyesuaikan kebutuhan.

Mengingat peran beton yang sangat penting dalam proses pembangunan maka perlu dilakukan penelitian. Salah satu usaha pengembangannya ialah dengan cara memperbaiki sifat dari kelemahan beton, yaitu memiliki kuat tarik yang rendah. Oleh karena beton memiliki kuat tarik yang rendah maka peneliti mencoba meneliti atau mencari cara agar bisa memperbaiki sifat kekurangan beton. Salah satu usaha untuk memperbaiki sifat kekurangan beton adalah dengan menambahkan serat kedalam adukan beton.

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengertian Beton

Beton merupakan bahan dari campuran antara Portland cement, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Sutikno, 2003:1 dalam Supriadi,2016).

### B. Penelitian sejenis

Tiara davichi daily dkk 2020, pada penelitian ini pemakaian paku pada campuran beton terhadap kuat tekan pada beton dengan campuran serat (1%, 2%, 3%, 4%,). Hasilnya masing-masing 27,459 MPa dan 2% sebesar 29,724 MPa sedangkan nilai kuat tekan 3%, 4%, didapatkan nilai kuat tekannya menurun sebesar 26,987 MPa, 26,138 MPa. jadi persentase campuran ideal paku untuk sampel beton adalah 2%.)

Teuku M B, dkk (2022), melakukan penelitian limbah paku yang digunakan adalah 0%, 1%, 1,5%, dan 2% terhadap berat beton, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan limbah paku dapat menurunkan nilai kuat tekan beton umur 28 hari dan modulus elastisitas seiring pertambahan variasi limbah paku, tetapi nilai kuat tarik belah masing – masing sebesar 2,279 MPa, 2,408 MPa, 2,068 MPa, dan 1,583 MPa, sehingga variasi optimum adalah 1% dengan peningkatan sekitar 5,64% dari beton tanpa campuran limbah paku, juga hasil uji nilai kuat lentur masing – masing sebesar 1,95 MPa, 2,47 MPa, 2,21 MPa, dan 1,43 MPa, sehingga variasi optimum adalah 1% dengan peningkatan sekitar 26,67% dari beton tanpa campuran limbah paku.

Nurul R, 2018 , penelitian menggunakan paku. Hasil yang diuji meliputi kuat tekan dan kuat tarik variasi paku 0%, 2% dan 4%. Hasil kuat tarik belah mengalami peningkatan yang signifikan, yaitu pada beton normal dengan 0% paku nilai hasil kuat tariknya sebesar 11.2 MPa dan untuk beton variasi 2 % paku nilai kuat tarik belah mengalami peningkatan sebesar 10 % dari beton normal dengan nilai 12.3 MPa, sedangkan untuk benda uji variasi 4% paku juga mengalami peningkatan sebesar 20 % dari beton normal dengan nilai 13.4 MPa.

Hermansyah 2019 melakukan penelitian untuk mengetahui hubungan kuat tekan dan lentur beton dengan penambahan variasi serat paku baja 0%, 0,5%, 0,65% dan 0,8% dari berat campuran beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan dan lentur mengalami peningkatan berturut-turut pada variasi serat 0%, 0,5% dan 0,65% sebesar 31,23 MPa, 33,06 MPa, 35,23 MPa dan 4,58 MPa, 4,75 MPa, 5,04 MPa. Hal ini dikarenakan serat

yang terdapat pada beton memiliki sebaran serat yang cukup merata dan tidak menggumpal. Bila variasi serat diatas 0,65% seperti variasi arah serat 0,8% sulit dikontrol dan pada saat pencampuran terjadi penggumpalan, maka nilai kuat tekan dan lentur beton menurun.

### C. Material Pembentuk Beton

#### 1. Semen

*Portland Cement* (PC) atau yang lebih dikenal dengan semen merupakan suatu bahan yang mempunyai sifat hidrolis, semen membantu pengikatan antara agregat halus dan agregat kasar apabila tercampur dengan air, selain itu semen juga mampu mengisi rongga-rongga antara agregat tersebut (Bambang Sujatmiko, 2019).

#### 2. Agregat

Agregat adalah salah satu material yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton atau mortar. Agregat dapat mengisi sekitar 70% hingga 75% volume beton atau mortar. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi, namun agregat sangat mempengaruhi sifat-sifat beton atau mortarnya.

Sifat paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir dan lain-lain) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang dapat mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan (Murdok dan Brook,1999)

#### 3. Air

Air merupakan bahan yang digunakan dalam proses reaksi kimia dengan semen sehingga terbentuk pasta semen. Selain itu air juga digunakan sebagai pelumas antara butiran agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang digunakan dalam adukan beton berpengaruh pada kualitas beton yang akan dihasilkan. Semen bisa berfungsi sebagai perekat apabila ada reaksi dengan air. Namun, penggunaan air yang berlebihan dapat menyebabkan menurunnya kekuatan beton, sedangkan air yang terlalu sedikit dapat menyebabkan hidrasi yang tidak merata

#### 4. Paku

Paku adalah logam yang berbentuk panjang dengan salah satu ujung yang runcing dan ujung

yang lain berbentuk tumpul. Penggunaan paku umumnya adalah untuk melekatkan dua benda dengan cara menembus bagiannya dengan bantuan palu atau paku tembak. Pengujian laboratorium dilakukan untuk menguji kuat tekan beton dan kuat tarik belah pada variasi material tambahan tersebut. Harapannya dengan penelitian ini akan dihasilkan material tambahan untuk beton serat yang mudah didapat dan mempunyai hasil kuat tarik belah yang lebih baik dari pada beton biasa

### D. Kekuatan Beton

#### 1. Kuat Tekan (Compressive Strength)

Kuat Tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 (Tri Mulyono,2005). Kuat tekan beton merupakan parameter utama yang harus diketahui sehingga dapat memberikan gambaran mengenai hampir semua sifat-sifat mekanisnya yang lain dari beton tersebut.

$$F'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan:

- F'c = kuat tekan benda uji (MPa)
- P = beban tekan maksimum (N)
- A = luas permukaan benda uji (mm<sup>2</sup>)



Gambar 1 Skema Pengujian Kuat Tekan Beton

#### 2. Kuat Tarik Belah (Split Tensile Strength)

Setiap usaha perbaikan mutu kekuatan desak hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Suatu perkiraan kasar nilai kuat tarik beton normal hanya berkisar antara 9% -

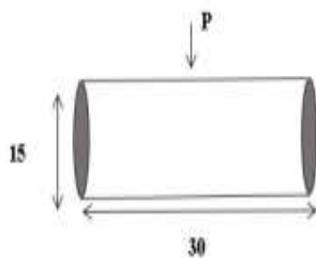
<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p118-125>

15% dari kuat tekannya (Try Mulyono, 2005). Kuat tarik belah benda uji beton berbentuk silinder diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan (Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton, SK SNI M60-1990-03).

$$f_{ct} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- f<sub>ct</sub> = Kuat tarik belah (kg/cm<sup>2</sup>)
- P = Beban maksimum (N)
- L = Panjang benda uji (cm)
- D = Diameter benda uji (cm)



Gambar 2. Skema Pengujian Kuat Tarik Belah

### 3. Berat Volume

Berat volume beton ditentukan oleh berat jenis dari bahan-bahan penyusunnya, jadi apabila bahan penyusun memiliki berat jenis yang besar maka beton yang akan dihasilkan memiliki berat volume yang besar juga. Demikian pula sebaliknya apabila bahan penyusun memiliki berat jenis ringan maka beton yang dihasilkan akan memiliki berat volume yang kecil. Berat volume beton adalah perbandingan antara berat benda uji beton terhadap volume beton.

$$B_v = \frac{W}{V} \dots\dots\dots[3]$$

Keterangan:

- B<sub>v</sub> = berat volume beton (kg/m<sup>3</sup>)
- W = berat benda uji (kg)
- V = volume beton (m<sup>3</sup>)

### 4. Porositas

Pengujian porositas dilakukan dengan menggunakan benda uji silinder dengan ukuran diameter 5 cm dan tinggi 10 cm pada umur 28 hari. Perhitungan porositas dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

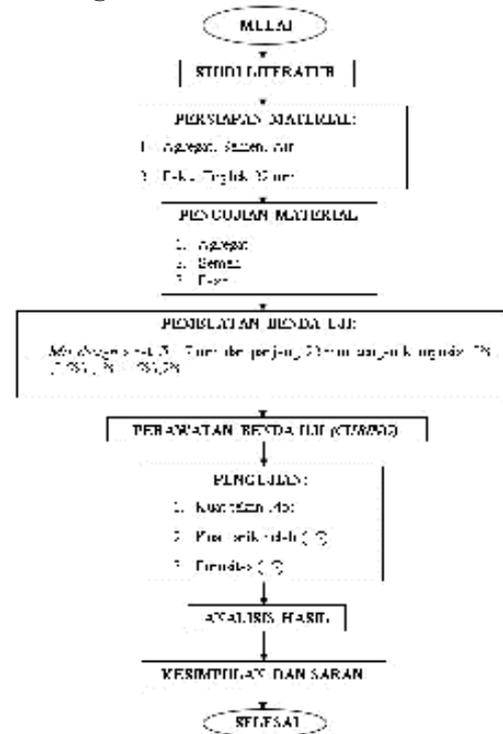
$$Porositas = \frac{m_b - m_k}{V_b} \times \frac{1}{\rho_{air}} \times 100 \% \dots\dots\dots[4]$$

Keterangan:

- m<sub>b</sub> = berat basah benda uji
- m<sub>k</sub> = berat kering benda uji
- v<sub>b</sub> = volume benda uji
- ρ<sub>air</sub> = massa jenis air

## METODE PENELITIAN

### A. Diagram Alir



Gambar 3. Bagan Alir (Flow Chart)

### B. Variabel Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan tujuan untuk menganalisa pengaruh penggunaan paku terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Dalam penelitian ini terdapat variabel-variabel yang terdiri dari variabel bebas (*independent variable*) dan variabel tak bebas (*dependent variable*). Yang dimaksudkan variabel bebas dalam penelitian ini adalah persentase penambahan paku, sedangkan variabel tidak bebasnya adalah kuat tekan, kuat tarik belah, berat volume dan porositas

### C. Pengujian Mutu Material

Material-material yang akan digunakan dalam pembuatan beton diuji terlebih dahulu, untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari material

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p118-125>

pembentuk beton tersebut. Pengujian yang dilakukan meliputi:

#### 1. Semen

Pengujian bahan semen, meliputi:

- Uji konsistensi normal semen (ASTM C 187-86)
- Uji waktu pengikatan dan pengerasan semen (ASTM C 191-92)
- Uji menentukan berat jenis semen (ASTM 188-89)

#### 2. Agregat halus

Pengujian agregat halus, meliputi:

- Uji kelembaban pasir (ASTM C 556-89)
- Uji berat jenis pasir (ASTM C 128-93)
- Uji air resapan pasir (ASTM C 128-93)
- Uji berat volume pasir (ASTM C 29/C 29 M-91)
- Uji kebersihan pasir terhadap bahan organik (ASTM C 40-92)
- Uji kebersihan pasir terhadap lumpur (pengendapan)
- Uji kebersihan pasir terhadap lumpur (pencucian) (ASTM C 117-95)
- Uji analisa saringan pasir (ASTM C 136-95a)

#### 3. Agregat kasar

Pengujian agregat kasar, meliputi:

- Uji kelembaban batu pecah (ASTM C 556-89)
- Uji berat jenis batu pecah (ASTM C 127-88)
- Uji air resapan batu pecah (ASTM C 127-88)
- Uji berat volume batu pecah (ASTM C 29/C 29 M-91a)
- Uji kebersihan batu pecah terhadap lumpur (pencucian) (ASTM C 117-95)
- Uji analisa saringan batu pecah (ASTM C 136-95a)

### D. Pembuatan Benda Uji

Untuk mendapatkan jumlah serta kebutuhan komposisi dari bahan-bahan pembentuk beton seperti semen, agregat kasar, agregat halus dan air, penulis merujuk kepada SNI 03-2834- 2000 Langkah-langkah pembuatan benda uji, adalah:

1. Membersihkan alat-alat yang akan digunakan kemudian menyiapkan dan menimbang bahan-bahan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.

2. Memasukkan bahan-bahan ke dalam molen, aduk hingga bahan-bahan tersebut tercampur dengan baik
3. Kemudian masukkan paku ke dalam molen sesuai dengan variasi yang telah ditentukan
4. Dilakukan uji slump untuk mengukur tingkat workability adukan
5. Apabila nilai slump sudah sesuai yang direncanakan, tuangkan campuran ke dalam cetakan silinder dan dirojok agar campuran menjadi padat dan permukaannya diratakan
6. Diamkan cetakan selama 24 jam, kemudian cetakan dibuka dan dilakukan perawatan beton Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat sebanyak 75 buah, terbagi seperti di Gambar.3

### E. Metode Perawatan Benda Uji

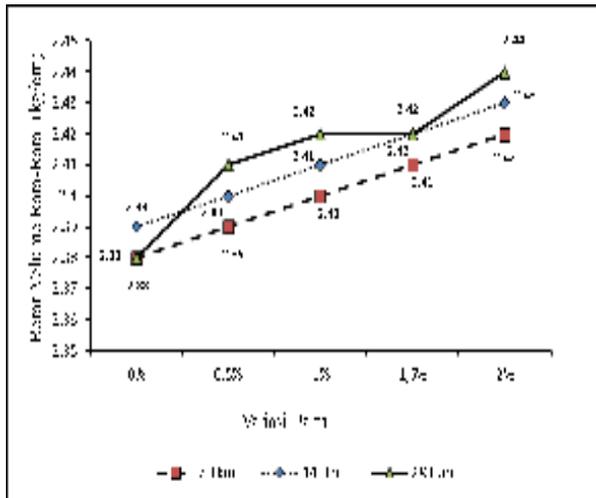
Perawatan/*curing* beton adalah suatu pekerjaan untuk menjaga permukaan beton segar agar selalu lembab, hal ini dimaksudkan untuk menjamin proses hidrasi dapat berlangsung secara sempurna sehingga beton tidak mengalami retak-retak dan mutu beton yang diinginkan pun dapat tercapai. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara perendaman. Adapun cara perendamannya adalah sebagai berikut :

1. Cetakan beton silinder setelah 24 jam dibuka kemudian setiap silinder diberi nama atau kode pada permukaannya selanjutnya dilakukan perendaman
2. Perendaman dilakukan sampai umur beton yang telah direncanakan dan satu hari sebelum pengetestan benda uji diangkat dan dидiamkan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume beton dilakukan pada umur beton 7, 14 dan 28 hari dengan variasi penambahan paku 0%, 0,5%, 1% 1,5% dan 2% terhadap berat pasir. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur dimensi serta menimbang berat dari benda uji tersebut sebelum dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

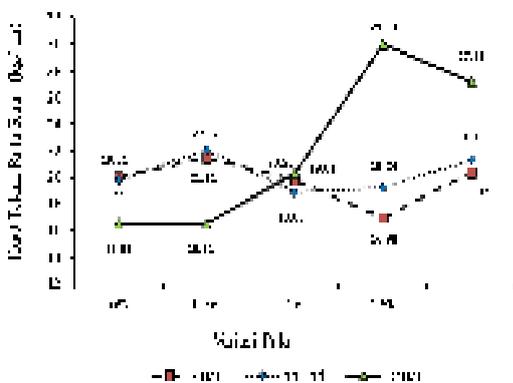


Gambar 4. Hubungan berat volume beton dan variasi paku pada umur 7,14 Dan 28 Hari

Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin besar penambahan persentase Paku kedalam campuran beton maka berat volume beton semakin meningkat, hal ini disebabkan karena paku memiliki berat jenis yang cukup berat.

### B. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini dilakukan pada umur beton 7, 14 dan 28 hari, menggunakan alat uji tekan beton, pompa hydraulic jenis single action dengan silinder berdiameter 15 cm serta tinggi 30 cm untuk benda ujinya. Perhitungan kuat tekan beton menggunakan persamaan 1

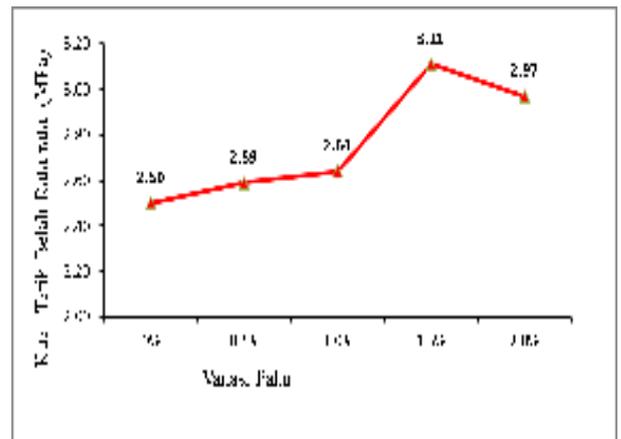


Gambar 5. Hubungan antara kuat tekan beton dan variasi paku terhadap umur 7,14, dan 28 hari

Berdasarkan dan gambar 5 menunjukkan bahwa kuat tekan beton mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur beton. Namun beton dengan umur 7 dan 14 hari mengalami penurunan pada penambahan 1% dan 1,5% Paku dibandingkan dengan umur 28 hari, Beton dengan umur 28 hari memiliki kuat tekan tertinggi di mana pada beton dengan penambahan 1,5% Paku kuat tekannya sebesar 29,99 MPa dibandingkan dengan beton tanpa menggunakan paku sebesar 16,51 MPa,

### C. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Untuk pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur beton 28 hari. Pengujian kuat tarik belah sama seperti pengujian kuat tekan tetapi yang membedakan adalah posisi beton yang direbahkan serta penggunaan plat besi agar beban terbagi secara rata. Benda uji yang digunakan silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm.



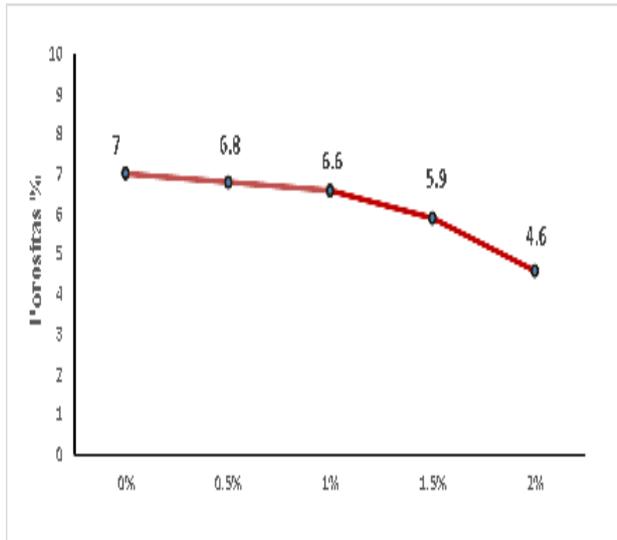
Gambar 6. Grafik kuat tarik belah beton umur 28 hari

Berdasarkan tabel 3 dan gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan Paku pada campuran beton mengakibatkan peningkatan nilai kuat tarik belah beton. Nilai kuat tarik belah meningkat secara berturut-turut seiring dengan penambahan Paku. Di mana untuk variasi 0,5% sebesar 2,59 MPa mengalami peningkatan sebesar 3,8% dari beton normal, beton serat variasi 1% sebesar 2,64 MPa mengalami peningkatan sebesar 5,7%, beton serat dengan variasi 1,5% sebesar 3,11 MPa mengalami peningkatan sebesar 24,5% dari beton normal. (Tertinggi) dan beton serat dengan

variasi 2% sebesar 2,97 MPa mengalami peningkatan sebesar 15,1% dari beton normal

#### D. Hasil Pengujian Porositas

Pengujian porositas pada penelitian ini dilakukan pada umur beton 28 hari, dengan cara menimbang berat basah dan berat kering beton, silinder yang digunakan berdiameter 5cm serta tinggi 10cm. Perhitungan porositas beton menggunakan persamaan. 4



Gambar 7. Hubungan Porositas Dan Variasi Paku

Berdasarkan tabel 4 dan gambar 7 dapat dilihat bahwa penambahan paku pada beton mengakibatkan porositas beton menurun secara berturut-turut seiring dengan penambahan variasi paku dimana untuk 0,5% mengalami penurunan sebesar 0,2% dari beton normal, beton serat dengan variasi 1% mengalami penurunan sebesar 0,4% dari beton normal, beton serat variasi 1,5% mengalami penurunan sebesar 1,1% dari beton normal dan beton serat dengan variasi 2% mengalami penurunan sebesar 2,4% dari beton normal

#### E. Hubungan Kuat Tekan Terhadap Kuat Tarik Belah Beton

Tabel 1. Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Pada Umur 28 Hari

Variasi Kawat Paku	Kuat tekan $f'_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Kuat tarik belah $f_{ct}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Rasio $X = f'_{ct} / \sqrt{f'_c}$
0%	16,51	2,50	0,61
0,5%	16,51	2,59	0,63
1,0%	20,28	2,64	0,58
1,5%	29,99	3,11	0,56
2,0%	27,16	2,97	0,56

Dari tabel 1, menunjukkan hubungan antara kuat tekan dengan kuat tarik belah beton, baik yang menggunakan paku maupun yang tanpa menggunakan paku.

1. Beton normal 0% memiliki hubungan kuat tarik belah terhadap kuat tekan :  $f'_{ct} = 0,61\sqrt{f'_c}$
2. Beton dengan variasi Paku 0,5% memiliki hubungan kuat tarik belah terhadap kuat tekan :  $f'_{ct} = 0,63\sqrt{f'_c}$
3. Beton dengan variasi Paku 1% memiliki hubungan kuat tarik belah terhadap kuat tekan :  $f'_{ct} = 0,58\sqrt{f'_c}$
4. Beton dengan variasi Paku 1,5% memiliki hubungan kuat tarik belah terhadap kuat tekan :  $f'_{ct} = 0,56\sqrt{f'_c}$
5. Beton dengan variasi Paku 2% memiliki hubungan kuat tarik belah terhadap kuat tekan :  $f'_{ct} = 0,56\sqrt{f'_c}$
6. Data eksperimen menunjukkan bahwa rasio antara kuat tekan dan kuat tarik belah beton naik turun tergantung pada bertambahnya serat

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan, sebagai berikut:

1. Penggunaan serat paku penambahan 1,5% dengan nilai kuat tekan maksimum 29,99 MPa, mengalami peningkatan sebesar 81,7% dari beton normal,
2. Sedangkan kuat tarik belah maksimal beton dengan campuran paku variasi 1,5% sebesar 3,11 MPa mengalami peningkatan sebesar 24,5% dari beton normal.

Menurut Departemen PU (Puslitbang Prasarana Transportasi, Divisi 7 – 2005) (Tabel 2.5) tentang mutu beton dan penggunaannya, beton dengan variasi paku 1% sebesar 20,28 MPa, variasi paku 1,5% sebesar 29,99 MPa dan variasi paku 2%

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p119-125>

sebesar 27,16 MPa termasuk dalam jenis beton mutu sedang, dengan standar nilai kuat tekan 20 - < 35 MPa, dapat digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, lantai atap gedung yang mengalami muai susut yang tinggi

Zuraidah, S., S., Hastono, K. B., Trisnawati, E., & Sumaryam, S. (2022). Penggunaan Limbah Batang Eceng Gondok untuk Beton Fiber. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 96-101.

## REFERENSI

ASTM, 2002, *Concrete and Aggregate, Annual Book of ASTM Standards 2002, Vol. 04.02, American Society for Testing and Materials, Philadelphia*

Bhima, T. M., Riyadi, M., & Tiyani, L. (2022). Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Paku Terhadap Sifat Mekanis Beton Normal. *Construction and Material Journal*, 4(3), 199-214.

Evans, C., Davies, T. D., & Murdoch, P. S. (1999). Component flow processes at four streams in the Catskill Mountains, New York, analysed using episodic concentration/discharge relationships. *Hydrological Processes*, 13(4), 563-575.

Hermansyah, H., Siswanto, M. F., & Saputra, A. (2019). Tinjauan Hubungan Kuat Tekan dan Lentur Beton dengan Bahan Tambah Serat Baja untuk Perkerasan Paku. *Jurnal Tambora*, 3(1), 1-5.

Nasional, B. S. (2000). Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *SK SNI*, 3, 2834-2000.

Sarya, G., Rochmah, N., & Lukmansyah, I. (2018). Pengaruh Paku Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tarik Belah Beton. *JHP17: Jurnal Hasil Penelitian*, 3(02).

Sujatmiko, Bambang. (2019). *Teknologi Beton dan Bahan Bangunan*. Surabaya: Media Sahabat Cendekia

Tiara, Davichi Daily., Mufti, W. H., & Taufik, T. (2020). Pengaruh Penambahan Paku Triplek Terhadap Beton Dengan Mutu  $F_c$  25 Mpa (Doctoral dissertation, Universitas Bung Hatta).

Tjokrodijuljo, K. (1996). *Teknologi beton*.

Zuraidah, S., Hastono, B., & Jehabut, M. (2022). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Beton. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 5(2), 93-98.

Zuraidah, S., Hastono, B., & Lidia, M. A. (2018, October). Penggunaan Serat Polypropylene Dari Limbah Strapping Band Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan. In Seminar Nasional Ilmu Terapan Penguasaan Teknologi dan Bahasa Asing Dalam Menghadapi Pertumbuhan Ekonomi Dunia di Era Revolusi Industri 4.0 (pp. 1-8). Universitas Widya Kartika.

## Tinjauan Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Berdasarkan Data SPT Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sorong

### *Review of the Bearing Capacity of Bored Pile Foundations Based on SPT Data in the Sorong Muhammadiyah University Flats Development Project*

Rokhman<sup>1</sup> Retno Puspa Rini<sup>2</sup> Asrul Saputra<sup>3</sup> Muhammad Rusmin<sup>4</sup> Jefrianus Klau<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong, Jl. Pendidikan, No. 27, Remu  
Utara, Malaingkeci, Kec. Sorong Utara, Kota Sorong, Papua Barat Daya. 98416.

Email : [asrulsaputra.as7@gmail.com](mailto:asrulsaputra.as7@gmail.com)

#### Abstrak

Pondasi *bored pile* merupakan jenis pondasi yang di bangun dengan cara pengeboran tanah terlebih dahulu, kemudian diisi dengan tulangan dan dicor. Pembangunan rumah susun universitas muhammadiyah sorong menggunakan pondasi tiang bor yang terletak di Jl. Watem Kilo Meter 17, Kota Sorong. Berdasarkan hasil penyelidikan *Standard Penetration Test* (SPT) dilapangan tanah keras berada pada kedalaman 12 m dan bangunan terdiri dari 3 lantai. Penelitian ini difokuskan pada tinjauan ulang pondasi *bored pile* type 1 dan type 2. Data yang digunakan berupa data sekunder yang diperoleh kemudian dianalisis berdasarkan data *Standart Penetration Test* (SPT) menggunakan perhitungan manual dan software GEO5. Dari hasil perhitungan manual didapatkan nilai Tahanan ujung ultimit ( $Q_b$ ) pada type pondasi 1 dan 2 menggunakan metode O'Neil dan Reese (1989) yakni 1.085,73 kN dan 1.930,19 kN, Tahanan gesek ultimit ( $Q_s$ ) yakni 3.403,89 kN dan 4.538,52 kN, Kapasitas dukung ultimit neto ( $Q_u$ ) menggunakan persamaan umum yakni 4.416,42 kN dan 6.338,58 kN dan Penurunan (S) menggunakan metode Poulos dan Davis (1980) yakni 3,98 mm dan 6,22 mm. Perhitungan kapasitas dukung dengan software GEO5 didapatkan 4.619,83 kN dan 5.035,76 kN.

Kata kunci: Daya dukung pondasi; Tiang bor; Universitas Muhammadiyah Sorong

#### Abstract

*Bored pile foundation is a type of foundation that is built by drilling the soil first, then filling it with reinforcement and casting it. The construction of Sorong Muhammadiyah University flats uses drilled pile foundations located on Jl. Watem Kilo Meter 17, Sorong City. Based on the results of the Standard Penetration Test (SPT) investigation, the hard ground was at a depth of 12 m and the building consisted of 3 floors. This research focuses on reviewing bored pile type 1 and type 2 foundations. The data used is secondary data which is obtained and then analyzed based on Standard Penetration Test (SPT) data using manual calculations and GEO5 software. From the results of manual calculations, the ultimate resistance value ( $Q_b$ ) for foundation types 1 and 2 using the O'Neil and Reese (1989) method is 1,085.73 kN and 1,930.19 kN, the ultimate friction resistance ( $Q_s$ ) is 3,403.89 kN. and 4,538.52 kN, net ultimate bearing capacity ( $Q_u$ ) using the general equation, namely 4,416.42 kN and 6,338.58 kN and settlement (S) using the Poulos and Davis (1980) method, namely 3.98 mm and 6.22 mm. Calculation of bearing capacity with GEO5 software obtained 4,619.83 kN and 5,035.76 Kn*

**Keywords:** Bearing capacity; Bored pile; Sorong Muhammadiyah University

## PENDAHULUAN

Konstruksi bangunan gedung terdiri dari elemen atas dan elemen bawah. Elemen atas meliputi struktur balok, struktur plat, struktur kolom, dan konstruksi atap kemudian elemen bawah meliputi struktur pondasi (Winarti & Sari, 2022). Beban-beban tersebut akan bekerja sesuai perencanaannya masing-masing. Oleh karena itu untuk menopangnya diperlukan perhatian khusus terhadap struktur bawah yang nantinya akan bekerja meneruskan beban ke dalam tanah.

Pada umumnya pembangunan gedung bertingkat menggunakan jenis pondasi dalam (*bored pile*). Perencanaan pondasi *bored pile* harus diperhitungkan kembali dan dipelajari dengan baik, agar terhindar dari kegagalan struktur (M. A. M. Fachrudin, 2022). Oleh karena itu fondasi bangunan harus terletak pada lapisan tanah yang cukup keras, padat dan kuat karena dalam bangunan struktur apapun, beban yang terjadi baik yang disebabkan oleh berat sendiri ataupun akibat beban rencana akan tersalurkan ke dalam suatu lapisan pendukung dalam hal ini adalah tanah yang ada di bawah struktur tersebut (Silalahi, 2019).

Diperlukan data dari penyelidikan tanah yang akurat untuk mengetahui kapasitas dukung dan penurunan yang terjadi pada pondasi *bored pile*. Metode penyelidikan tanah yang digunakan dalam perencanaan pondasi bored pile biasanya berupa metode statis yakni penyelidikan *standard penetrasi test* (SPT) dan *cone penetration test* (CPT) (Jusi, 2015). Karena terbatasnya alat pengujian dilapangan maka hanya menggunakan pengujian berupa *standard penetrasi test* (SPT) (Chandra et al., 2018). Triarso (2021) menyatakan bahwa, banyak parameter nilai korelasi yang dapat digunakan berdasarkan data SPT. Penyelidikan tanah menggunakan *standard penetrasi test* (SPT) bertujuan untuk mengetahui gambaran lapisan bawah tanah secara visual maupun pengujian laboratorium berdasarkan jenis maupun warna tanah sifat-sifat tanah (Jusi, 2015).

*Bored Pile* berinteraksi dengan tanah sehingga menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas. Untuk itu perlu dilakukan analisis lebih dengan menggunakan bantuan *software* Geo5. Saputra et al. (2023) menyatakan bahwa dengan menggunakan Geo5 dapat menghemat waktu dalam proses pemodelan, analisis, dan desain Sehingga dalam penelitian ini penulis meninjau kembali terhadap kapasitas dukung dan penurunan terhadap pondasi *Bored pile* dengan menggunakan perhitungan manual dan menggunakan *software* GEO5.

## METODE

### Tahapan penelitian

- Survey lokasi
- Identifikasi masalah
- Studi literatur
- Mengumpulkan data primer & sekunder
- Analisis kapasitas dukung dengan perhitungan manual menggunakan persamaan umum kapasitas dukung
- Analisis penurunan menggunakan (Metode Poulos dan Davis, 1980)
- Analisis kapasitas dukung menggunakan bantuan *software* GEO5
- Penarikan kesimpulan

### Pengumpulan data

Dalam proses penyelesaian studi ini hanya menggunakan data sekunder yang diperoleh dari CV. Bearland Konsultan sebagai konsultan pelaksana terdiri dari:

- Lokasi penelitian
- Gambar detail pondasi bored pile (Gambar 2)
- Parameter sifat fisik tanah (Tabel 1)
- Nilai N-SPT (Tabel 2)
- Beban rencana (Q)
  - Pondasi Type 1 = 588,60 kN
  - Pondasi Type 2 = 1.226,25 kN

### Tahanan Ujung Ultimit

O'Neil dan Reese (1989) menyarankan untuk Tahanan ujung tiang bor pada penurunan 5% dari diameter dasar tiang pada pasir (Hardiyatmo, 2015a) sebagai berikut pada Persamaan [1], [2], dan [3].

$$f_b = 0,60 \sigma_r N_{60} = 60 N_{60} \leq 4.500 \text{ kPa} \dots\dots\dots [1]$$

$$A_b = 1/4 \times \pi \times d^2 \dots\dots\dots [2]$$

$$Q_b = A_b \times f_b \dots\dots\dots [3]$$

dimana:

- $Q_b$  : Tahanan ujung ultimit
- $A_b$  : Luas dasar tiang bor
- $\sigma_r$  : Tegangan referensi = 100 kPa
- $N_{db}$  : Diameter ujung bawah tiang bor (m)
- $f_b$  : Tahanan ujung neto per satuan luas (kPa)
- $N_{60}$  : nilai N-SPT rata-rata antara ujung bawah tiang bor sampai  $2d_b$  dibawahnya.
- N dasar tiang bor = 64

### Tahanan gesek ultimit

O'Neil dan Reese (1989) dalam (Hardiyatmo, 2015a) menyarankan tahanan gesek satuan tiang bor dalam pasir. Selain itu Dalam mengoreksi tekanan

overburden, Gibbs dan Holtz 1957 menyarankan Persamaan [4] berikut.

$$p_o'(1) = z_1 \times \gamma_1 \dots\dots\dots [4]$$

Untuk jenis lapisan tanah berbeda pada kedalaman tertentu diperoleh Persamaan [5] berikut.

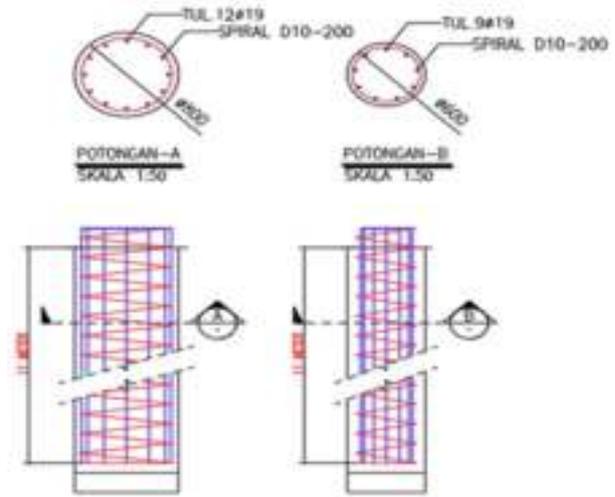
$$p_o'(2) = z_2 \times \gamma_2 + p_o'(1) \dots\dots\dots [5]$$

Koefisien  $\beta$  dihitung dengan Persamaan [6] berikut.

$$\beta = K \text{ tg } \delta/\phi \dots\dots\dots [6]$$

dimana:

- $z$  : Kedalaman
- $z_1 = 8 \text{ m}$
- $z_2 = 4 \text{ m}$
- $\gamma$  : Berat isi tanah basah (Tabel 1)
- $p_o'$  : Tekanan overburden ditengah-tengah lapisan tanah ( $\text{kN/m}^2$ )
- $K/K_o$  : 1 (Kulhawy, 1991)
- $\text{tg } \delta/\phi$  : Sudut gesek antar tanah dan tiang bor terhadap sudut gesek dalam tanah (Tabel 1)



Gambar 2. Detail pondasi *type 1* dan *type 2*

Tabel 1. Parameter sifat fisik dan mekanis tanah

Sampel	1	2	Notasi
Berat isi ( $\text{kN/m}^3$ )	17,85	17,26	$\gamma$
Berat jenis	2,67	2,67	Gs
Kohesi ( $\text{kN/m}^2$ )	3,92	11,082	c
Sudut geser ( $^\circ$ )	34	21	$\phi$

Sumber: (Cv. Bearland Consultan, 2023)

Tabel 2. Nilai N-SPT

Depth (z), (m)	N-Value (N/Cm)
0 m – 2 m	0
2 m – 2,45 m	33
4 m – 4,45 m	42
6 m – 6,45 m	55
8 m – 8,45 m	61
10 m – 10,45 m	68
12 m – 12,45 m	64

Sumber: (Cv. Bearland Consultan, 2023)

Tabel 3. Data *bored pile*

No	Jumlah tiang	Diameter pondasi	Panjang pondasi
1	2	0,6	11 m
2	52	0,8	11 m

Sumber: (Cv. Bearland Consultan, 2023)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat Fisik Dan Mekanis Tanah

Pengujian tanah di laboratorium disesuaikan dengan kebutuhan peneliti dalam menganalisa pondasi. Parameter sifat fisik dan mekanis tanah yang dibutuhkan oleh peneliti dapat dilihat pada Tabel 1.

### Analisis Fondasi Bored Pile

Analisis pondasi borepile dilakukan dengan cara perhitungan manual dan menggunakan program



Gambar 1. Bagan alir penelitian

GEO5 dengan memperhatikan gambar detail pondasi seperti terlampir pada Gambar 2.

### Daya Dukung Tiang Tunggal

Berdasarkan Persamaan [1] ], [2], dan [3] berikut ini analisis tahanan ujung ultimit pondasi.

$$\begin{aligned} f_b &= 0,60 \sigma_r N_{60} \leq 4.500 \text{ kPa} \\ &= 0,60 \times 100 \times 64,00 \\ &= 3.840 \text{ kPa} < 4.500 \text{ kPa (OK)} \end{aligned}$$

*Type 1*

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2 \\ &= 0,28 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_b &= 0,28 \times 3.840 \\ &= 1.085,73 \text{ kN} \end{aligned}$$

*Type 2*

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,8^2 \\ &= 0,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_b &= 0,50 \times 3.840 \\ &= 1.930,19 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berdasarkan Persamaan [4] dapat dianalisis tahanan gesek ultimit sebagai berikut.

$$\begin{aligned} po'(1) &= 8,00 \times 17,26 \\ &= 138,81 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} po'(2) &= 4 \times 17,85 + 138,08 \\ &= 142,08 \times 17,85 \\ &= 209,47 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4. Koreksi Tekanan *Overburden* di Tengah Tanah Rata-rata

Kedalaman (m)	8,00 (m)	12,00 (m)
Tekanan overburden efektif $po'$ (kN/m <sup>2</sup> )	138,08	209,47
$po'$ rata-rata (kN/m <sup>2</sup> )	69,04	104,73
<i>Pondasi type 1</i>		
$As$ (m <sup>2</sup> )	15,08	7,54
<i>Pondasi type 2</i>		
$As$ (m <sup>2</sup> )	20,11	10,05

Menghitung koefisien  $\beta$  dengan Persamaan [6]

$$\beta(1) = 1,00 \times 0,67 = 0,67$$

$$\beta(2) = 1,00 \times 0,38 = 0,38$$

Tabel 5. Tahanan gesek ultimit

$\beta$ ( <i>type 1 &amp; type 2</i> )	0,67	0,38
$\Delta Q_s = As \times \beta \times po'$ rata-rata (kN)	<i>type 1</i>	<i>type 2</i>
Kedalaman 0-8	702,22	936,29
Kedalaman 8-12	303,13	404,17
Total $Q_s$	1005,35	1340,46

### Kapasitas dukung ultimit neto ( $Q_u$ )

Kapasitas dukung ultimate neto di hitung berdasarkan persamaan umum sebagai berikut :

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p$$

Dimana :

$W_p$  : Berat tiang bor (kN/m<sup>3</sup>)

$A_b$  : Luas tiang bor (m<sup>2</sup>)

$L$  : Panjang tiang bor (m)

$\gamma_{beton}$  : Berat jenis beton bertulang (kN)

$Q_u$  : Kapasitas dukung ultimit neto (kN)

$Q_s$  : Tahanan gesek ultimit (kN)

$Q_b$  : Tahanan ujung ultimit (kN)

### Berat Tiang Bor *Type 1*

$$\begin{aligned} W_p \text{ Type 1} &= A_b \times L \times \gamma_{beton} \\ &= 0,28 \times 11 \times 23,54 \\ &= 73,20 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$W_p \text{ Type 2} = 130,14 \text{ kN/m}^3$$

### Kapasitas Dukung Ultimit Neto

$$\begin{aligned} Q_u \text{ Type 1} &= Q_b + Q_s - W_p \\ &= 1.085,73 + 1.005,35 - 73,20 \\ &= 2.017,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$Q_u \text{ Type 2} = 3.140,52 \text{ kN}$$

### Kapasitas Dukung Ijin

$$F = 3,00$$

$$\begin{aligned} Q_a \text{ Type 1} &= \frac{Q_u}{F} \\ &= \frac{2.017,88}{3,00} = 672,63 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$Q_a \text{ Type 2} = 1.046,84 \text{ kN}$$

### Kontrol kapasitas dukung

$$F = \frac{Q_u}{Q}$$

$$F = \frac{2.017,88}{588,60} = 3,43 > 3,00 \text{ (Aman Type 1)}$$

$$= 5,34 > 3,00 \text{ (Aman Type 2)}$$

## PENURUNAN TIANG TUNGGAL

### Penurunan Kepala Tiang

#### Modulus elastisitas tanah ( $E_s$ )

Nilai perkiraan modulus elastis dapat pula diperoleh dari pengujian SPT sehingga Mitchell dan Gardner (1975) dalam (Hardiyatmo, 2014) mengusulkan modulus elastis yang dihubungkan dengan nilai  $N$ -SPT sebagai berikut :

Keterangan :

$E_s$  : Modulus elastisitas tanah

$N$  : Nilai bacaan N-SPT pada setiap lapisan

Untuk hasil perhitungan lapisan dapat dilihat pada Tabel 6.

$E = 6(N + 5) (k/ft^2)$  (Untuk pasir berlempung)

$E_s (1) = 6 \times (N + 5) \times (k/ft^2)$

$= 6 \times (33 + 5) \times 48,07$

$= 10.959,96 \text{ kN/m}^2$

#### Rasio area tiang

Perhitungan rasio area tiang dihitung berdasarkan nilai  $K$  dan  $R_A$  yakni ukuran kompresibilitas relatif antara tiang dan Rasio area tiang yang dinyatakan dalam persamaan (Hardiyatmo, 2015a) berikut: Keterangan :

$R_A$  : Rasio area tiang

$K$  : Koreksi kekakuan

$R_h$  : Koreksi kedalaman

$R_\mu$  : Faktor koreksi angka poisson

$R_b$  : Koreksi kekakuan lapisan pendukung

$S$  : Penurunan kepala tiang

$Q$  : Beban yang bekerja

$I_0$  : Faktor pengaruh penurunan untuk tiang yang tidak mudah mampat (*Incompressible*) dalam masa semi tak terhingga.

$R_A = A_p / (1/4 \times \pi \times d^2)$

$R_A = 0,28 \times 0,25 \times 3,14 \times 0,6^2$

$= 1,00$

$E_p = 23.500 \text{ MPa}$

$K = E_p R_A / E_s$

$K (1) = E_p \times R_A \times E_s$

$= 23.500 \times 1 \times 10,96$

$= 2.144,17$

Untuk hasil perhitungan lapisan 2 sampai lapisan 6 dapat dilihat pada Tabel 6.

$L/d = 11/0,6 = 18,33$

$d_b/d = 0,6/0,6 = 1,00$

$h/L = 12/11 = 1,09$

$\mu = 0,3 \text{ MPa}$

Untuk rasio poisson bahan tiang beton (Metode Poulos dan Davis, 1980)  $\mu = 0,3$

Poulos dan Davis, 1980 menyarankan dalam (Hardiyatmo, 2015b) penurunan kepala tiang yang terletak pada tanah homogen dengan modulus elastis dan rasio poisson konstan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$I = I_0 \times R_k \times R_h \times R_\mu$$

$$I (1) = I_0 \times R_k \times R_h \times R_\mu$$

$$= 0,10 \times 0,30 \times 0,28 \times 0,92$$

$$= 0,01$$

Hasil perhitungan I(2) sampai I(6) dapat dilihat pada Tabel 6.

#### Penurunan kepala tiang

Untuk jenis pondasi tiang apung Poulos dan Davis menyarankan persamaan berikut ini :

$$S = QI / E_s d$$

$$S (1) = Q \times I / E_s \times d$$

$$= 588,60 \times 0,01 / 10.959,96 \times 0,60$$

$$= 0,000671 \text{ m}$$

Hasil perhitungan penurunan kepala tiang ( $s$ ) dapat dilihat pada Tabel 8.

Batas penurunan maximum untuk pondasi terpisah pada tanah lempung sebesar 65 mm menurut (Skempton dan MacDonald, 1955)

$$S_{total} < S_{ijin} (Aman)$$

Penurunan total ( $S_{total}$ )

$$S_{total} = S(1) + S(2) + S(3) + S(4) + S(5) + S(6)$$

$$= 0,000671 + 0,000640 + 0,000576 +$$

$$0,000592 + 0,000718 + 0,000784$$

$$= 0,00398 \text{ m}$$

$$= 3,98 \text{ mm (Type 1)}$$

$$= 2,98 \text{ mm (Type 2)}$$

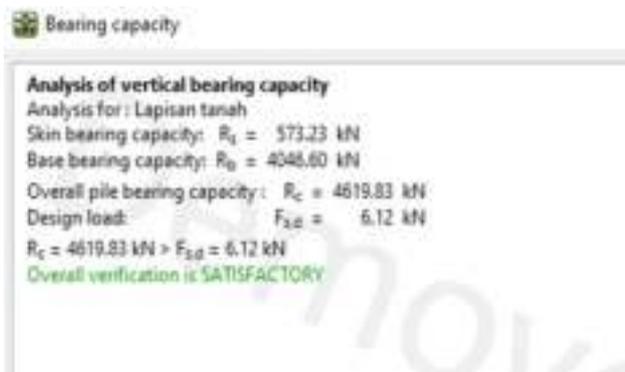
Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan *Bored Pile*

No	Keterangan		Hasil	
	Type 1 0,6 m	Type 2 0,8 m	Type 1 0,6 m	Type 2 0,8 m
1	$E_s (2)$	$E_s (2)$	13.555,74	13.555,74
2	$E_s (3)$	$E_s (3)$	17.305,20	17.305,20
3	$E_s (4)$	$E_s (4)$	19.035,72	19.035,72
4	$E_s (5)$	$E_s (5)$	21.054,66	21.054,66
5	$E_s (6)$	$E_s (6)$	19.900,98	19.900,98
6	$K (2)$	$K (2)$	1.733,58	1.733,58
7	$K (3)$	$K (3)$	1.357,97	1.357,97
8	$K (4)$	$K (4)$	1.234,52	1.234,52
9	$K (5)$	$K (5)$	1.116,14	1.116,14
10	$K (6)$	$K (6)$	1.180,85	1.180,85
11	$I_0$	$I_0$	0,097	0,097
12	$R_k (1)$	$R_k (1)$	0,300	0,300
13	$R_k (2)$	$R_k (2)$	0,350	0,350
14	$R_k (3)$	$R_k (3)$	0,400	0,400
15	$R_k (4)$	$R_k (4)$	0,450	0,450

16	R <sub>k</sub> (5)	R <sub>k</sub> (5)	0,600	0,600
17	R <sub>k</sub> (6)	R <sub>k</sub> (6)	0,620	0,620
18	R <sub>h</sub>	R <sub>h</sub>	0,280	0,280
19	R <sub>μ</sub> (1)	R <sub>μ</sub> (1)	0,920	0,920
20	R <sub>μ</sub> (2)	R <sub>μ</sub> (2)	0,930	0,930
21	R <sub>μ</sub> (3)	R <sub>μ</sub> (3)	0,935	0,935
22	R <sub>μ</sub> (4)	R <sub>μ</sub> (4)	0,940	0,940
23	R <sub>μ</sub> (5)	R <sub>μ</sub> (5)	0,945	0,945
24	R <sub>μ</sub> (6)	R <sub>μ</sub> (6)	0,944	0,944
25	I (2)	I (2)	0,01	0,01
26	I (3)	I (3)	0,01	0,01
27	I (4)	I (4)	0,01	0,01
28	I (5)	I (5)	0,02	0,02
29	I (6)	I (6)	0,02	0,02
30	S (2)	S (2)	0,000640	0,000480
31	S (3)	S (3)	0,000576	0,000432
32	S (3)	S (3)	0,000592	0,000444
33	S (3)	S (3)	0,000718	0,000538
34	S (3)	S (3)	0,000784	0,000588

## ANALISIS MENGGUNAKAN SOFTWARE GEO5

Hasil dari kapasitas daya dukung fondasi bored pile yang dianalisis dengan software GEO5 seperti pada Gambar 3. dan Gambar 4. yakni kapasitas dukung pada pondasi type satu yaitu 4.619,93 kN dan type 2 5.910,66 kN



Gambar 3. Bearing capacity pondasi type 1



Gambar 4. Bearing capacity pondasi type 2

## KESIMPULAN

Dari hasil analisis daya dukung pondasi bored pile pada proyek pembangunan Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sorong, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Pada tabel sistem klasifikasi USCS Jenis tanah tergolong jenis tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (*fat clays*) (CH)
- Hasil analisis dari kedua type pondasi menunjukkan nilai yang aman. Dengan perolehan nilai Kapasitas dukung ultimit neto ( $Q_u$ ) sebesar 2.017,88 kN (type 1) dan 3.140,52 kN (type 2) dan Penurunan (S) menggunakan metode Poulos dan Davis (1980) diperoleh nilai sebesar 3,98 mm (type 1) dan 2,98 mm (type 2) dikategorikan aman karena penurunan pada pondasi lebih kecil dari pada penurunan maximum yang ijin ( $S < S_{ijin}$ ).  $S_{ijin} = 65$  mm. Kapasitas dukung dengan software GEO5 didapatkan 4.619,83 kN (type 1) dan 5.035,76 kN (type 2).

## DAFTAR PUSTAKA

- Chandra, A., Yanti, G., & Wahyuni Megasari, S. 2018. Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile pada Proyek Pembangunan Menara Listrik Transmisi 500 KV Peranap-Perawang. *Jurnal Teknik*, 12(2), 171–178. <https://doi.org/10.31849/teknik.v12i2.1732>
- Cv. Bearland Consultan. 2023. Laporan Akhir Review Ded Rusun Universitas Muhammadiyah Sorong.
- Hardiyatmo, H. C. 2014. Analisis dan Perancangan Fondasi I (Ketiga). *GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS*.
- Hardiyatmo, H. C. 2015a. Analisis dan Perancangan Fondasi II (Ketiga).
- Hardiyatmo, H. C. 2015b. Analisis dan Perancangan Fondasi II. In *Analisis dan Perancangan Fondasi* (Edisi ketiga). *GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS*.
- Jusi, U. 2015. Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone Dan N-Standard Penetration Test). *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, 1.

- Kulhawy, F. H. 1991. Drilled Shaft Foundation, Chapter 14 in Foundation Engineering Handbook (2nd Edition). *Van Nostrand Reinhold*.
- M. A. M. Fachrudin. (2022). Perbandingan Daya Dukung Fondasi Bored Pile Metode Reese & Wright Dan Program Geo5 Pada Perencanaan Gedung Rumah Sakit Universitas Muhammadiyah Surakarta” .
- Saputra, A., Purwanto, E., & Fauziah, M. 2023. Alternatif Desain Perkerasan Jalan Dan Perkuatan Lereng Longsor. *REKAYASA SIPIL*, 17(2), 192–198.  
<https://rekayasasipil.ub.ac.id/index.php/rs/article/view/1037/589>
- Silalahi, C. M. D. 2019. Perbandingan Analisis Daya Dukung Vertikal Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian SPT dengan Software Plaxis pada BH 63 (Studi Kasus Jalan .... *Jurnal Teknik Sipil USU*.
- Skempton dan MacDonald. 1955. Batas penurunan maximum. *Matriks Teknik Sipil*.
- Triarso, A. (2021). Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data CPT dan Data SPT Pada Pondasi Gedung Parkir RSUD Soedono Comparison of Pile Carrying Capacity Based on CPT Data and SPT Data on the Foundation of Soedono Hospital Parking Building. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(1), 28–33.
- Winarti & Sari, K. I. (2022). Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Beton Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Di Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Teknik Sipil (JTSIP)*, 1.

## Pemanfaatan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi *Filler* pada Campuran Perkerasan Asphalt Concrete – Binder Course

### *The Usage of Coconut Shell Ash as a Filler Substitution in Pavement Mixtures Asphalt Concrete – Binder Course*

Silviya Widyastuti<sup>1</sup>, Ari Widayanti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya. Telp: (031) 8280009. Email : [silviya.19011@mhs.unesa.ac.id](mailto:silviya.19011@mhs.unesa.ac.id)

<sup>2</sup>Program Studi D-4 Transportasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya. Telp: (031) 8280009. Email : [ariwidyatanti@unesa.ac.id](mailto:ariwidyatanti@unesa.ac.id)

#### Abstrak

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk di Indonesia sangat pesat. Seiring dengan hal tersebut berakibat pada meningkatnya mobilitas penduduk di berbagai daerah. Hal ini menimbulkan berbagai jenis kendaraan terutama kendaraan berat yang melintas di jalan raya. Salah satu prasarana transportasi yang berperan penting dalam mobilitas penduduk sehari-hari adalah jalan. Oleh sebab itu perlu adanya upaya peningkatan kuantitas dan kualitas jalan yang memenuhi kebutuhan masyarakat. Permasalahan sampah di Indonesia juga merupakan masalah yang belum terselesaikan hingga saat ini. Limbah kelapa sangat banyak di Indonesia dan kurangnya dimanfaatkan oleh manusia. Seluruh bagian kelapa memberikan manfaat bagi manusia mulai dari akar hingga buahnya. Penelitian ini memanfaatkan limbah di Indonesia untuk material jalan, yaitu abu tempurung kelapa yang digunakan sebagai *filler* dalam campuran aspal beton. Pemakaian limbah abu tempurung kelapa sebagai *filler* merupakan salah satu alternatif yang diharapkan akan meningkatkan kinerja campuran perkerasan AC BC (Asphalt Concrete – Binder Course). *Filler* merupakan bahan berbutir halus yang lolos saringan No.200. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi limbah tempurung kelapa, mengetahui pengaruh penggunaan abu tempurung kelapa sebagai *filler* pada campuran AC-BC berdasarkan karakteristik *Marshall*. Karakteristik *Marshall* yang digunakan sebagai campuran AC-BC dengan penambahan *filler* abu tempurung kelapa pada kadar yang sudah diujikan dengan variasi *filler* 3,5% dan 4%. Hasil uji *Marshall* menunjukkan bahwa nilai stabilitas, VMA, dan MQ dapat memenuhi seluruh parameter *Marshall* yang disyaratkan, sedangkan nilai *flow*, VIM, dan VFA masih belum memenuhi spesifikasi. Berdasarkan parameter *Marshall* nilai yang paling optimal adalah KAO 6,1% dengan variasi *filler* 3,5%.

**Kata Kunci:** Abu tempurung kelapa; *marshall*; AC-BC.

#### Abstract

*The development and growth of the population in Indonesia is very rapid. Along with this, it results in increased population mobility in various regions. So that it causes the emergence of various types of vehicles, especially heavy vehicles that pass on the highway. One of the means of transportation that plays an important role in the daily mobility of the population is the road. Therefore, it sees an increase in the quantity and quality of roads that meet the needs of the community. The waste problem in Indonesia is a problem that has not been resolved to date. There is a lot of coconut waste in Indonesia and underutilized by humans. All parts of the coconut provide benefits to humans from the roots to the fruit. There are efforts to utilize this waste in Indonesia to strengthen roads, one of which is coconut shell ash used as filler in concrete mixtures. The use of coconut shell ash waste as filler is an alternative that is expected to help the performance of asphalt concrete - binder course pavement mixtures. Filler is a fine-grained material that passes the No.200 sieve. This research will be useful in reducing coconut shell waste and also to determine the effect of using coconut shell ash as filler in AC-BC asphalt concrete mixtures using Marshall characteristics. Marshall characteristics used as AC-BC mixture with the addition of coconut shell ash filler at levels that have been tested with 3.5% and 4% filler variations. The Marshall test results show that the stability, VMA, and MQ values can meet all the required Marshall parameters, while the flow, VIM, and*

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p134-140>

*VFA values still do not meet the specifications. Based on Marshall parameters, the most optimal value is KAO 6.1% from 3.5% filler variation..*

**Keywords:** Coconut shell ash; marshall; AC-BC

## PENDAHULUAN

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk di Indonesia sangat pesat. Hal ini berdampak pada peningkatan aktivitas dan mobilitas masyarakat pada kegiatan sehari-hari. Salah satu prasarana transportasi yang berperan penting dalam mobilitas penduduk sehari-hari adalah jalan. Oleh sebab itu diperlukan upaya peningkatan kuantitas dan kualitas jalan yang memenuhi kebutuhan masyarakat (Hartadi, 2021).

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi. Aspal beton (laston) sebagai bahan untuk konstruksi jalan yang sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Lapis aspal beton (laston) lebih dikenal juga dengan nama AC (*Asphalt Concrete*). Lapisan ini merupakan bagian dari lapisan permukaan diantara lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*), yang bergradasi agregat gabungan rapat/menerus. Lapisan ini digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat. Laston memiliki tiga macam campuran salah satunya AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*), lapisan ini berada dibawah lapisan aus, sehingga tidak langsung berhubungan dengan kondisi cuaca (Anugraha, 2019).

Permasalahan sampah di Indonesia juga merupakan masalah yang belum terselesaikan hingga saat ini. Limbah kelapa sangat banyak di Indonesia dan kurangnya dimanfaatkan oleh manusia. Seluruh bagian kelapa memberikan manfaat bagi manusia mulai dari akar hingga buahnya. Kelapa yang sudah dimanfaatkan akan menghasilkan limbah. Limbah yang dihasilkan dari pengolahan tersebut sangat banyak (Hartadi, 2019).

Pemakaian abu tempurung kelapa sebagai *filler* merupakan salah satu alternatif sekaligus diharapkan akan diperoleh informasi mengenai pengaruh substitusi abu tempurung kelapa (ATK) sebagai *filler* terhadap kinerja (*Asphalt Concrete – Binder Course*), serta bertujuan untuk meningkatkan stabilitas aspal beton (Hartadi, 2019).

Adanya usaha untuk memanfaatkan material ini salah satu kemungkinannya adalah abu tempurung kelapa (ATK) digunakan sebagai *filler* dalam campuran aspal beton. Limbah ini dapat diolah menjadi abu yang berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran aspal yang diharapkan dapat meningkatkan kekuatan serta keawetan pada

perkerasan jalan. Hal ini dikarenakan tempurung kelapa mempunyai kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang mempunyai sifat sama seperti semen. Pada penelitian ini digunakan tempurung kelapa sebagai bahan pengisi (*filler*), khususnya pada kinerja aspal beton (AC-BC).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, MQ dari abu tempurung kelapa. Hal ini akan bermanfaat dalam mengurangi limbah tempurung kelapa, dan mengetahui pengaruh penggunaan abu tempurung kelapa sebagai *filler* pada campuran aspal beton AC-BC. Upaya ini diharapkan menjadi solusi untuk pemanfaatan limbah abu tempurung kelapa.

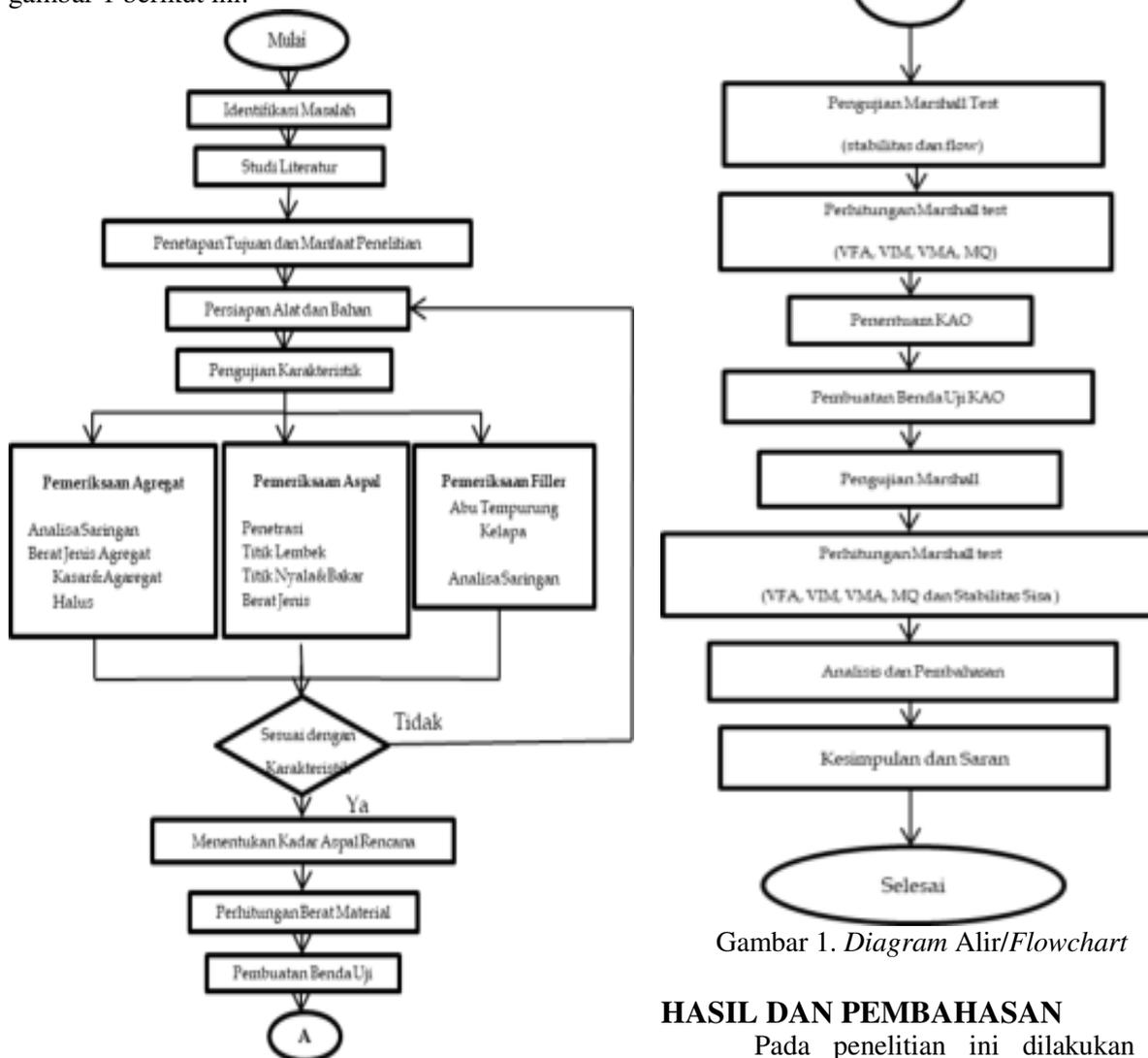
## METODE

Jenis penelitian yang dilakukan berupa uji laboratorium. Pengujian ini merupakan bentuk khusus dari investigasi yang digunakan untuk menyelidiki bentuk hubungan antara satu dengan lainnya. Penelitian ini dilakukan secara bertahap, menggunakan jurnal ilmiah dan penelitian-penelitian terdahulu sebagai referensi. Penelitian ini merupakan uji lab yang dilakukan pada AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) dengan penambahan *filler* dari abu tempurung kelapa. *Filler* yang digunakan berasal dari tempurung kelapa yang dikeringkan, kemudian dibakar, selanjutnya arang hasil pembakaran dipecah dan ditumbuk hingga halus sampai lolos pada saringan no. 200. Material yang digunakan berupa aspal, agregat halus, agregat kasar, dan bahan pengisi (*filler*).

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan dan Transportasi, Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Gradasi agregat campuran aspal menggunakan gradasi Laston (AC), dan jenis agregat dengan sistem gradasi terbuka dengan bahan penyusun diantaranya agregat batu pecah, *filler* ATK dan aspal penetrasi 60/70 Pertamina untuk membuat benda uji.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan abu tempurung kelapa sebagai *filler* dalam campuran *asphalt concrete binder-course* (AC-BC). Parameter yang ditinjau dalam penelitian ini adalah parameter *Marshall* berupa nilai stabilitas, kelelahan, *Marshall Quotient*, VFA, VIM, dan VMA. Campuran perkerasan AC-BC dengan penambahan *filler* menggunakan abu tempurung kelapa dengan kadar yang sudah diujikan yaitu variasi *filler* 3,5% dan 4%.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini.



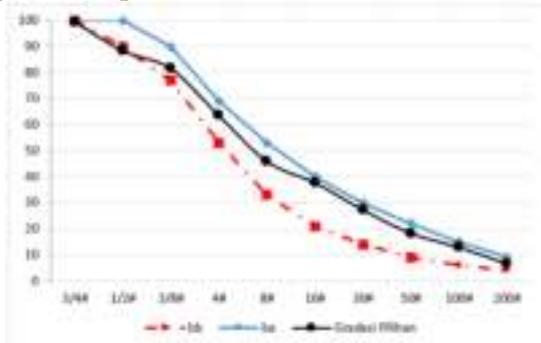
Gambar 1. Diagram Alir/Flowchart

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian material untuk mengetahui sifat-sifat material yang digunakan, yaitu agregat, *filler*, dan aspal. Agregat yang digunakan adalah agregat ukuran 0-5 mm, 5-10 mm, 10-15 mm, 15-20 mm, aspal menggunakan aspal minyak Pertamina penetrasi 60/70, dan *filler* berupa abu tempurung kelapa. Penggunaan *filler* abu tempurung kelapa sebagai bahan pengisi dalam campuran. Kandungan silika pada abu tempurung kelapa apabila bercampur dengan aspal akan membuat campuran menjadi keras dan kaku. Karena menurut Said Jalalul Akbar dan Wesli (2017), abu tempurung kelapa mengandung senyawa karbon nonpolar sama seperti senyawa karbon yang terdapat pada aspal. Hal yang diharapkan adalah dapat memperbaiki kinerja campuran aspal beton. Adanya silika pada abu tempurung kelapa ini nantinya juga akan membantu penyelimutan dari partikel agregat sehingga rongga-rongga kosong dapat terisi. Variasi *filler* yang

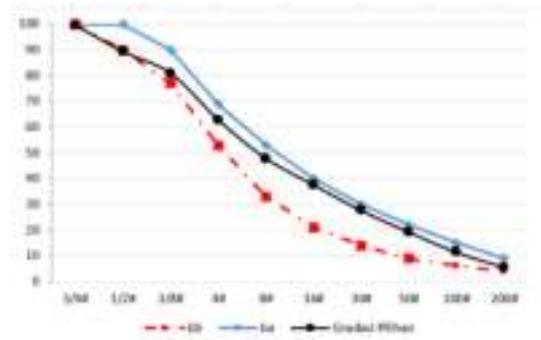
digunakan berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian terdahulu, bahwa nilai ideal (kadar *filler* optimum) terdapat pada penggunaan kadar *filler* 3,5% dan 4%.

Komposisi campuran dilakukan berdasarkan analisis saringan menggunakan alat saringan dari ukuran saringan 1” hingga saringan No.200, yang selanjutnya akan menghasilkan gradasi untuk pencampuran AC-BC. Komposisi gradasi campuran dapat dilihat pada Tabel berikut:



Gambar 2. Grafik Gradasi Gabungan Variasi *Filler* 4%

Sumber: Data Primer



Gambar 3. Grafik Gabungan Variasi *Filler* 3,5%

Sumber: Data Primer

Setelah komposisi gradasi campuran sudah ditentukan, selanjutnya dilakukan perencanaan perkiraan kadar aspal berdasarkan gradasi agregat campuran. Berdasarkan perhitungan didapatkan variasi kadar aspal pada *filler* 3,5% adalah 4,6%, 5,1%, 5,6%, 6,1% dan 6,6%, sedangkan pada *filler* 4% adalah 4,7%, 5,2%, 5,7%, 6% dan 7%. Untuk jumlah benda uji dibutuhkan 3 buah sampel pada setiap variasi kadar aspal yang akan diuji *Marshall*.

Dari hasil pengujian diperoleh karakteristik *Marshall* yaitu stabilitas, *flow*, VIM, VFA, VMA, dan MQ. Berikut ini adalah hasil *Marshall* test dari beberapa variasi kadar aspal.

Tabel 1. Hasil uji *Marshall* untuk menentukan KAO variasi *filler* 4%

KAO Variasi <i>Filler</i> 4%					
Parameter	4,7%	5,2%	5,7%	6,2%	6,7%

Parameter	4,7%	5,2%	5,7%	6,2%	6,7%
Marshall	4,7%	5,2%	5,7%	6,2%	6,7%
Stabilitas	1091,5	925,1	1083,8	1002,5	1010,2
<i>flow</i>	1,4	1,9	0,7	0,6	0,9
VIM	3,0	6,3	5,7	6,9	3,1
VMA	9,95	9,8	12,4	14	10,7
VFA	70,1	36,1	53,8	50,8	71,5
MQ	759,76	478,49	1625,7	1769,1	1122,5

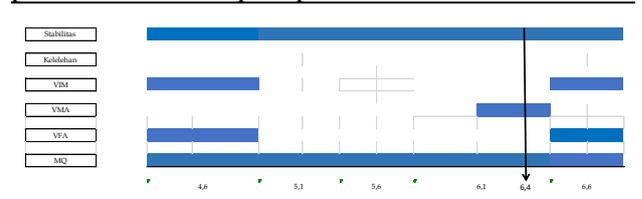
Sumber: Data Primer

Tabel 2. Hasil uji *Marshall* untuk menentukan KAO variasi *filler* 3,5%

KAO Variasi <i>Filler</i> 3,5%					
Kadar Aspal					
Parameter	4,6%	5,1%	5,6%	6,1%	6,6%
Marshall	4,6%	5,1%	5,6%	6,1%	6,6%
Stabilitas	1010,2	983,1	1203,8	1114,7	1110,9
<i>flow</i>	1,5	1,3	1,7	2	2,3
VIM	7,8	6,6	7,1	3	3,2
VMA	13,1	14,4	12,9	10,7	9,4
VFA	40,7	54,5	45,0	73,1	66,3
MQ	688,8	776,2	694,5	597,2	490,1

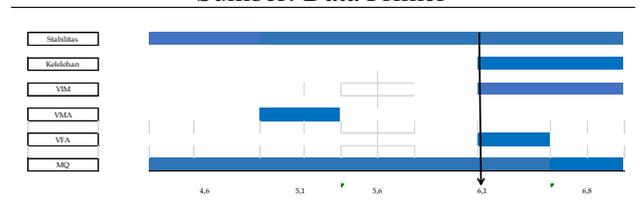
Sumber: Data Primer

Penentuan kadar aspal (KAO) didapatkan dari hubungan beberapa parameter pengujian aspal AC-BC dengan standar yang disyaratkan pada Spesifikasi Bina Marga 2018. Berikut tabel penentuan kadar aspal optimum.



Gambar 4. Penentuan KAO Variasi *Filler* 3,5%

Sumber: Data Primer



Gambar 5. Penentuan KAO Variasi *Filler* 4%

Sumber: Data Primer

Dapat dilihat pada gambar di atas untuk mencari kadar aspal optimum berdasarkan hasil grafik stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, dan MQ. Grafik tersebut akan ditarik garis tengah yang mana hasil dari kadar aspal optimum ialah pada *filler* 3,5% adalah 6,1% dan pada *filler* 4% adalah 6,4%.

Setelah didapatkan nilai tengah pada penentuan nilai KAO, selanjutnya membuat benda uji kembali berdasarkan nilai KAO yang paling optimum. Untuk jumlah benda uji dibutuhkan 6 buah sampel pada setiap variasi. Berikut ini adalah komposisi KAO dari setiap variasi *filler* yang paling optimum. Di bawah ini adalah hasil dari perhitungan dari hasil

Dari hasil pengujian diperoleh karakteristik Marshall yaitu stabilitas, flow, VIM, VFA, VMA, dan MQ. Berikut ini adalah hasil Marshall test dari beberapa variasi kadar aspal. Berikut adalah Tabel hasil pengujian Marshall untuk variasi substitusi filler.

Tabel 3. Hasil Pengujian Marshall untuk Variasi Substitusi Filler

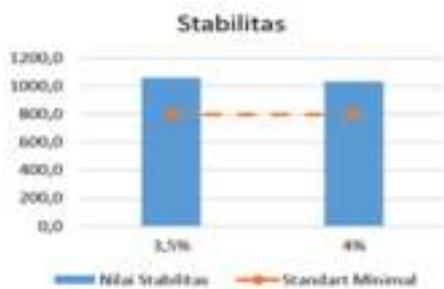
No	Karakteristik Campuran	Variasi Filler	
		6,1%	6,4%
		3,5%	4%
1	Stabilitas perendaman ½ jam	1060,6	1037,3
2	Kelelehan	0,8	1,2
3	VIM	6,7	6,5
4	VMA	14,0	12,5
5	VFA	52,0	48,0
6	Marshall Quotient	1325,7	889,1
7	Stabilitas perendaman 24 jam	1072,2	1002,5
8	Durabilitas	101,1%	96,6%

Sumber: Data Primer

Hasil Marshall test ditinjau untuk mengetahui kinerja dari benda uji aspal diantaranya nilai stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, dan MQ. Berikut analisa hasil pengujian Marshall.

a. Nilai Stabilitas

Nilai stabilitas digunakan sebagai parameter untuk memenuhi kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan bleeding sebanding dengan kebutuhan jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat yang membutuhkan nilai stabilitas tinggi.



Gambar 6. Hasil dari Pengujian Stabilitas  
Sumber: Data Primer

b. Nilai Kelelehan/flow

Nilai kelelehan/flow yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah

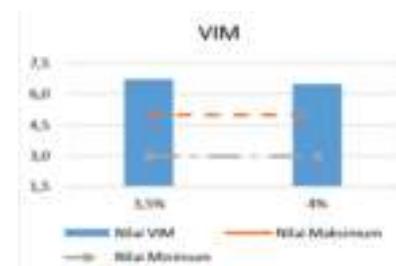
retak, sedangkan campuran dengan nilai flow tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur.



Gambar 7. Hasil dari Pengujian flow  
Sumber: Data Primer

c. Nilai VIM

Nilai VIM pada campuran AC-BC adalah relative besar. Ini mengindikasikan bahwa potensi untuk terjadinya proses penuaan aspal akan semakin besar sebagai akibat banyaknya pori yang ada dalam campuran beton aspal hasil daur ulang. Banyaknya pori yang ada dalam campuran akan memungkinkan lebih banyak lagi udara (oksigen) yang bisa masuk dalam campuran sehingga proses oksidasi kemungkinan sangat besar terjadi yang berakibat pada besarnya laju pengerasan aspal (hardening process/aging). Akibat dari proses penuaan aspal (hardening process/aging), aspal akan semakin mudah mengalami retak. Sebaliknya jika nilai VIM terlalu rendah akan berpotensi menimbulkan jenis kerusakan berupa hardening process/aging serta kemungkinan terjadinya jenis kerusakan deformasi palstis berupa alur (rutting) pada perkerasan jalan.



Gambar 8. Hasil dari Pengujian VIM  
Sumber: Data Primer

d. Nilai VMA

Nilai VMA dapat disimpulkan bahwa lapisan aspal beton AC-BC dengan substitusi filler Abu Tempurung Kelapa

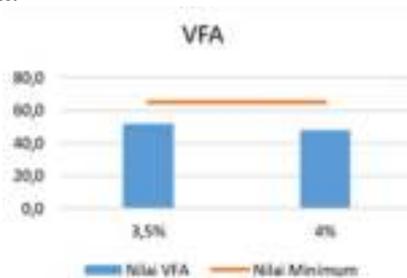
memiliki nilai VMA sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu 14% untuk kadar aspal 6,1% pada filler 3,5% yang menunjukkan campuran mempunyai pori udara diantara butir agregat yang lebih banyak dikarenakan ukuran gradasi yang lebih senjang untuk campuran AC-BC. Untuk kadar aspal 6,4% pada filler 4% tidak sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 mempunyai pori udara diantara butir agregat yang lebih sedikit dikarenakan ukuran gradasi yang lebih rapat.



Gambar 9. Hasil dari Pengujian VMA  
Sumber: Data Primer

e. Nilai VFA

Nilai VFA dapat disimpulkan bahwa lapisan aspal beton AC-BC memiliki nilai yang lebih rendah yaitu untuk kadar aspal 6,1% pada filler 3,5% adalah 52% dan untuk kadar aspal 6,4% pada filler 4% adalah 48% yang menunjukkan nilai VFA kurang maka aspal tidak punya cukup ruang untuk mengisi rongga - rongga tersebut sehingga tidak dapat mengikat antar agregat. Kriteria VFA ini membantu agar campuran tidak mudah rutting terhadap beban lalu lintas berat.



Gambar 10. Hasil dari Pengujian VFA  
Sumber: Data Primer

f. Nilai MQ (Marshall Quotient)

Nilai MQ dapat disimpulkan bahwa lapisan aspal beton AC-BC dengan substitusi filler Abu Tempurung Kelapa memiliki nilai MQ (Marshall Quotient) yang lebih tinggi yaitu 1325,7 kg/mm yang menunjukkan campuran

mempunyai kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan 889,1 kg/mm tetapi juga tetap memiliki sifat lentur dan stabil karena masih dalam ketentuan Spesifikasi Bina Marga 2018.



Gambar 11. Hasil dari Pengujian MQ  
Sumber: Data Primer

## KESIMPULAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pemanfaatan abu tempurung kelapa sebagai substitusi filler pada campuran perkerasan Asphalt Concrete – Binder Course dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas, VMA, dan MQ dapat memenuhi seluruh parameter Marshall yang disyaratkan, sedangkan nilai flow, VIM, dan VFA masih belum memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Berdasarkan parameter Marshall nilai yang paling optimal adalah KAO 6,1% dari variasi filler 3,5%.

### Saran

Pada proses pembuatan benda uji diusahakan untuk tetap fokus terutama ketika proses pencampuran material, menimbang berat benda uji, serta perlu adanya pengecekan dan kalibrasi pada alat untuk membuat benda uji. Hal ini berguna untuk menghindari kegagalan hasil data pada benda uji.

## REFERENSI

- Amania, A., Sarie, F., & Okrobianus, O. 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), 63-70.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2008. Modul – 03C. Pengambilan Contoh dan Pengujian Campuran Aspal dan Agregat Untuk Campuran Beraspal. *Badan Penelitian Dan Pengembangan*, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan (*General*

*Specifications of Bina Marga 2018 for Road Work and Bridges*).

- Fitri,S. 2018. “Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Kresek Sebagai Substitusi Aspal Pen 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC” dalam *Jurnal Teknik Sipil, Vol 1, No.3. Januari 2018*. Aceh:Universitas Syiah Kuala.
- Hardiyatmo, H.C.2017. *Pemeliharaan Jalan Raya* Yogyakarta:Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo. H.C, 2015, *Pemeliharaan Jalan Raya Edisi Ketiga*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum, Edisi 2010 (Revisi 3).
- SNI-03-1959-1990 “Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar”
- SNI-06-2432-1991 “Daktilitas Aspal”
- SNI-06-2433-1991 “Titik Nyala Aspal”
- SNI-06-2434-1991 “Titik Lembek Aspal”
- SNI-06-2441-1991 “Berat Jenis Aspal”
- SNI-06-2456-1991 “Penetrasi Aspal”
- Sukirman Silvia, 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- Sukirman, S.2003.*Beton Aspal Campuran Panas*.Jakarta:Granit.
- Sukirman, Silvia, 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan.
- Utomo,N&Furqoni C.S . 2019. “Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Material Pengisi Pada Campuran Perkerasan Jalan” dalam *Jurnal Envirotek, Vol 11, No.1, April 2019*. Jawa Timur :Universitas Pembangunan Nasional Jawa Timur.

## Evaluasi Kinerja Saluran Drainase di Jalan Semambung – Sumput Kecamatan Driyorejo dengan Hec-RAS

### *Evaluation of Drainage Channel Performance on Semambung - Sumput Road, Driyorejo District using Hec-RAS*

**Karina Nova Setyawati<sup>1</sup>, Abdiyah Amudi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya.  
Email : karina.19015@mhs.unesa.ac.id

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Jln. Ketintang Surabaya.  
Email : abdiyahamudi@unesa.ac.id

#### **Abstrak**

Setiap kali turun hujan terjadi genangan di Jalan Semambung – Sumput Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik sampai saat penelitian ini dilakukan. Pada Februari 2023, hujan deras mengakibatkan terjadinya genangan dan banjir dengan ketinggian berkisar 30 hingga 80 cm di sepanjang jalan. Permasalahan genangan dan banjir yang ada sampai saat ini belum teratasi secara optimal sehingga diperlukan adanya penelitian dalam mengatasi permasalahan tersebut serta keterkaitannya terhadap keoptimalan drainase yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase dalam menampung aliran permukaan untuk mendapatkan solusi penanganan masalah yang ada sebagai rekomendasi kepada pihak yang berwenang. Evaluasi ini dilakukan menggunakan permodelan menggunakan software Hec-RAS dan perhitungan secara manual. Permodelan dengan Hec-RAS dilakukan untuk mendapatkan grafik penampang sehingga dapat diketahui solusi apa yang dapat diberikan untuk permasalahan genangan dan banjir. Evaluasi yang dilakukan dengan analisis Hec-RAS dan dikontrol dengan analisis manual mendapatkan hasil bahwa kapasitas saluran yang efektif menampung debit aliran yang mengalir hanya terdapat pada *section* 1 saluran barat, serta *section* 1 sampai dengan 4 untuk saluran timur. Pada *section* 2 sampai 10 pada saluran barat serta *section* 5 sampai dengan 7 pada saluran timur sudah tidak lagi efektif menampung debit aliran sehingga terjadi pelimpahan. Rekomendasi solusi yang disarankan oleh peneliti dalam penelitian ini meliputi metode struktural. Solusi struktural pemeliharaan yang disarankan adalah normalisasi dan perawatan secara berkala terhadap saluran sehingga mengurangi penumpukan sampah serta tanaman liar yang ada dan memperkecil ukuran saluran. Solusi struktural pembangunan yang disarankan meliputi perubahan dimensi saluran serta perubahan lapis permukaan saluran pada *section* saluran yang tidak efektif.

**Kata Kunci:** Drainase; Evaluasi kapasitas; Hec-RAS

#### **Abstract**

*Every time it rained, inundation occurred on Semambung - Sumput Road in Driyorejo Subdistrict, Gresik Regency until the time of this research. In February 2023, heavy rains resulted in inundation and flooding with heights ranging from 30 to 80 cm along the road. The existing inundation and flooding problems have not been resolved optimally so that research is needed to overcome these problems and their relationship to the optimization of existing drainage. This research aims to evaluate the capacity of drainage channels in accommodating surface flow to get solutions to handle existing problems as recommendations to the authorities. This evaluation was conducted using modeling using Hec-RAS software and manual calculation. Modeling with Hec-RAS is done to get a cross-sectional graph so that it can be known what solutions can be given to the problem of inundation and flooding. The evaluation conducted using Hec-RAS analysis and controlled by manual analysis found that the channel capacity that effectively accommodates the flowing discharge is only found in section 1 of the west channel, and sections 1 to 4 for the east channel. In sections 2 to 10 in the west channel and sections 5 to 7 in the east channel are no longer effective in accommodating the flow discharge so that overflow occurs. Solution recommendations suggested by researchers in this study include structural methods. The structural maintenance solution suggested is normalization and regular maintenance of the channel so as to reduce the accumulation of garbage and existing wild plants and reduce the size of the channel. Structural development solutions suggested include changing the dimensions of the channel and changing the surface layer of the channel in the channel section that is no longer effective.*

**Keywords:** Capacity evaluation; Drainage, Hec-RAS

## PENDAHULUAN

Kemenpupr, (2016) dalam Modul Spesifikasi Pekerjaan menjelaskan drainase adalah sebuah sistem guna menanggulangi permasalahan kelebihan di atas permukaan tanah. Kelebihan air bias disebabkan intensitas hujan yang tinggi atau akibat durasi hujan yang tinggi. Abda, (2021) berpendapat drainase merupakan lengkungan atau saluran air di permukaan dan/atau di bawah tanah, baik terbentuk secara alami maupun buatan manusia. Berdasarkan penjabaran tersebut dirangkum bahwa drainase merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengalirkan air berlebih dan merupakan salah satu komponen penting dalam perencanaan kota demi kenyamanan pelayanan masyarakat.

Saluran drainase jalan dibangun dengan tujuan untuk mengalirkan air agar badan jalan tetap kering dan tidak mengganggu pengguna jalan. Kementerian PUPR, (2022) menjabarkan drainase sebagai serangkaian bangunan air yang bertujuan untuk mengurangi dan membuang kelebihan air suatu wilayah agar dapat berfungsi secara optimal sesuai dengan kepentingan. Drainase dalam lingkup tata ruang memiliki peran untuk mengatur pasokan air sebagai upaya pencegahan banjir.

Pada tahun 2023 terjadi permasalahan drainase di Kabupaten Gresik salah satunya di Jalan Semambung – Sumpat. Jalan Semambung - Sumpat merupakan jalan utama yang menghubungkan Desa Sumpat dengan Jalan Provinsi ruas Driyorejo – Mastrip. Setiap kali terjadi hujan maka jalan tersebut akan tergenang oleh air. Pada Februari 2023, hujan deras di wilayah Sumpat menyebabkan drainase Jalan Semambung – Sumpat tidak dapat mengalirkan air dengan efektif sehingga mengakibatkan terjadinya genangan dengan ketinggian berkisar 20 hingga 40 cm di sepanjang jalan. Genangan ini menyebabkan terhambatnya lalu lintas karena pengendara kendaraan bermotor tidak bisa melintasi jalur tersebut.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, diperlukan adanya penelitian dalam mengatasi banjir atau genangan di Jalan Semambung – Sumpat Kecamatan Driyorejo. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase dalam menampung aliran permukaan untuk mendapatkan solusi yang guna untuk mengatasi masalah yang ada sebagai rekomendasi kepada pihak yang terkait.

### Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dalam perencanaan drainase, merupakan langkah awal yang harus dilakukan guna mendapatkan data hidrologi. Adapun analisis hidrologi dalam perencanaan drainase

meliputi 2 hal utama yaitu, analisis curah hujan dan analisis debit banjir

#### 1. Curah hujan

Analisis curah hujan adalah analisis frekuensi curah hujan harian rata-rata maksimum tahunan. Curah hujan yang digunakan dalam perencanaan dan evaluasi yang akan dilakukan, tidak kurang dari 10 tahun terakhir dari stasiun hujan terdekat. Sebelum melakukan analisis curah hujan, terlebih dahulu dilakukan penentuan daerah aliran sungai (DAS). Permen PUPR Nomor 04/PRT/M/2015 menjabarkan DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan kesatuan antara sungai dan anak-anak sungainya, untuk menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami

DAS dari saluran yang diteliti akan menjadi acuan awal untuk mengetahui simpulkan berapa banyak pengaruh suatu wilayah terhadap nilai curah hujan yang dibutuhkan mengetahui berapa banyak jumlah stasiun yang di butuhkan dalam analisis curah hujan untuk dalam evaluasi yang dibutuhkan. Apabila dalam DAS yang diteliti hanya terdapat satu stasiun hujan, maka data dari stasiun tunggal tersebut yang akan dilanjutkan dalam analisis perhitungan. Bila dalam DAS terdapat lebih dari satu stasiun hujan, maka perhitungan curah hujan dapat dilakukan dengan Rumus Aritmatika (1) berikut ;

$$P = \frac{1}{n} x (P_1 + P_2 + \dots + P_n) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

P = Data hujan rata-rata (mm)

n = Jumlah stasiun hujan

Pn = Data hujan di stasiun ke-n (mm)

Data curah hujan harian maksimum selanjutnya akan dianalisis frekuensi. Analisis ini dilakukan untuk menghitung hujan rencana dalam kala ulang tertentu. Umumnya kala ulang dihitung dalam 1, 2, 5, 10, 25 dan 50 tahun. Penentuan kala ulang didasarkan pada topologi kota serta luas daerah pengaliran saluran sesuai Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Pemilihan kala ulang curah hujan

Topologi Kota	Catchment Area (ha)			
	< 10	10 - 100	100 - 500	> 500
Metropolitan	2 th	2 – 5 th	5 – 10 th	10 – 25 th
Besar	2 th	2 – 5 th	2 – 5 th	5 – 20 th
Sedang/ Kecil	2 th	2 – 5 th	2 – 5 th	5 – 10 th

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p141-153>

Sumber : (KemenPUPR, 2016)

Nilai kala ulang yang sesuai digunakan untuk melakukan perhitungan curah hujan rencana (Rt). Perhitungan ini dapat dilakukan menggunakan Metode *Gumbel*, Log Normal dan *Log Pearson* Tipe III. Metode yang tepat digunakan dalam perhitungan data ditentukan oleh nilai Koefisien Skewness (Cs), Koefisien Kurtois (Ck) dan Koefisien variasi (Cv) yang dihitung dengan Rumus (2) – (6) di bawah ini;

- a. Penentuan nilai tengah (R)

$$R = \frac{\sum Ri}{n} \dots \dots \dots (2)$$

- b. Penentuan nilai standar deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Ri-R)^2}{n-1}} \dots \dots \dots (3)$$

- c. Perhitungan nilai koefisien skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n \times \sum (Ri-R)^3}{(n-1)(n-2) \times S^3} \dots \dots \dots (4)$$

- d. Perhitungan nilai koefisien kurtois (Ck)

$$Ck = \frac{n \times \sum (Ri-R)^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \times S^4} \dots \dots \dots (5)$$

- e. Perhitungan nilai koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{R} \dots \dots \dots (6)$$

- f. Penentuan metode perhitungan

Nilai Cs, Ck dan Cv yang telah didapatkan selanjutnya dicocokkan dengan syarat metode yang ada. Metode *Gumbel* memiliki syarat  $Cs \geq 1,4$  dan  $Ck \geq 5,4$ . Metode Log Normal memiliki syarat  $Cs = 3Cv + Cv^3$  dan  $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$ . Sedangkan Metode *Log Pearson* Tipe III tidak memiliki syarat dan limitasi apapun sehingga menjadi metode yang paling umum digunakan.

- g. Perhitungan curah hujan metode *Gumbel*

Perhitungan metode *Gumbel* dapat dilakukan dengan penjabaran sesuai Rumus (7) – (8) di bawah;

1. Penentuan faktor frekuensi (K)

$$K = \frac{Yt - Yn}{Sn} \dots \dots \dots (7)$$

2. Penentuan curah hujan rencana dengan kala ulang pilihan (Rt)

$$Rt = R + K \cdot S \dots \dots \dots (8)$$

- h. Perhitungan curah hujan metode Log Normal

Cara perhitungan kedua yang umum dilakukan adalah dengan metode Log

Normal. Perhitungan ini akan dijabarkan dalam Rumus (9)-(11) berikut (Kemenpupr, 2018);

1. Penentuan nilai tengah (Log R)

$$\text{Log } R = \frac{\sum \text{Log } Ri}{n} \dots \dots \dots (9)$$

2. Penentuan standar deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } Ri - \text{Log } R)^2}{n-1}} \dots \dots \dots (10)$$

3. Penentuan nilai reduksi Gauss (K)

Nilai K didapatkan Tabel nilai Reduksi Gauss.

4. Penentuan nilai curah hujan rencana dengan kala ulang pilihan (Rt)

$$Rt = 10^{\text{Log } R + K \cdot Sd} \dots \dots \dots (11)$$

- i. Perhitungan curah hujan metode *Log Pearson* Tipe III

Perhitungan *Log Pearson* Tipe III menjadi perhitungan yang paling umum digunakan karena tidak memiliki syarat pemenuhan apapun. Perhitungan ini dapat dilakukan penjabaran sesuai Rumus (12)-(15) berikut (Kemenpupr, 2018);

1. Penentuan nilai tengah (Log R)

$$\text{Log } R = \frac{\sum \text{Log } Ri}{n} \dots \dots \dots (12)$$

2. Penentuan standar deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } Ri - \text{Log } R)^2}{n-1}} \dots \dots \dots (13)$$

3. Penentuan nilai koefisien kemencengan (G)

$$G = \frac{n \times \sum (\text{Log } Ri - \text{Log } R)^2}{(n-1)(n-2) \cdot Sd^2} \dots \dots \dots (14)$$

4. Penentuan nilai koefisien (K)

Nilai K didapatkan berdasarkan interpolasi nilai G terhadap Tabel nilai K perhitungan *Log Pearson* Tipe III yang termuat dalam Lampiran 1.

5. Penentuan nilai curah hujan rencana dengan kala ulang pilihan (Rt)

$$Rt = 10^{\text{Log } R + K \cdot Sd} \dots \dots \dots (15)$$

Keterangan;

- R = nilai tengah curah hujan
- Ri = Curah hujan maksimum tahunan
- n = Jumlah data
- Sx = Standar Deviasi
- K = faktor frekuensi kala ulang pilihan
- Yn = *Reduced Mean*
- Sn = *Reduced Standard Deviation*
- Yt = *Reduced Variable*
- Rt = Curah hujan rencana
- Sd = Standar deviasi *Log Pearson*

Tipe III  
G = Koefisien kemencengan  
Rt = Curah hujan rencana

No	Jenis Daerah	Koefisien C	
	Industri ringan	0.50	- 0.80
	Industri berat	0.60	- 0.90
4	Taman, pemakaman	0.10	- 0.25
5	Tempat bermain	0.20	- 0.35
6	Daerah stasiun	0.20	- 0.40
7	Daerah belum diperbaiki	0.10	- 0.30
8	Jalan	0.70	- 0.95
	Bata		
9	Jalan, Hampanan	0.75	- 0.85
	Atap	0.75	- 0.95

j. Pengujian nilai Rt dengan Chi-kuadrat  
Pengujian chi-kuadrat digunakan untuk menguji simpangan vertikal suatu data apakah telah mewakili distribusi yang dianalisis, Hasil perhitungan simpangan komulatif perhitungan  $(X^2)$  akan dibandingkan dengan simpangan komulatif kritis  $(X^2_p)$ . Jika  $(X^2) \leq (X^2_p)$  maka data dinyatakan dapat diterima.

k. Pengujian *Smirnov-Kolmogorov*  
Wahyunandar, (2022) mendeskripsikan pengujian *Smirnov-Kolmogorov* merupakan pengujian dilakukan dengan cara menghitung selisih distribusi teoritis dan distribusi empiris data yang biasa disebut  $\Delta_{maks}$ . Pengujian *Smirnov-Kolmogorov* dapat diterima apabila  $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$  (sesilih kritis) yang didapatkan dari tabel.

2. Debit banjir

Debit banjir rencana secara umum dapat dihitung menggunakan metode rasional, metode rasional modifikasi, metode *typical hydrograph for urban areas* atau cara lain yang sesuai dengan karakteristik daluran dan data yang tersedia. Secara umum perhitungan debit banjir dihitung dengan Rumus (16) menggunakan Metode Rasional di bawah ini:

$$Q_t = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan:  
Q = Debit banjir rencana (m<sup>3</sup>/det)  
C = Koefisien Pengaliran (Tabel 2)  
I = Intensitas hujan kala ulang dipilih (mm/jam)  
A = Luas daerah aliran (*catchment area*) (Ha)

Tabel 2. Koefisien limpasan (C)

No	Jenis Daerah	Koefisien C	
	Derah Perdagangan		
1	Perkotaan	0.70	- 0.90
	Pinggiran	0.50	- 0.70
	Pemukiman		
	Perumahan satu keluarga	0.30	- 0.50
	Perumahan berkelompok, terpisah	0.40	- 0.60
2	Perumahan berkelompok, bersambung	0.60	- 0.75
	Suburban	0.25	- 0.40
	Kawasan apartemen	0.50	- 0.70
3	Industri		

Apabila daerah pengaliran saluran terdiri atas beragam daerah permukaan, amak perhitungan nilai C menggunakan nilai C gabungan (BSN, 2016) dalam Rumus (17) berikut:

$$C_{gab} = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_{total}} \dots\dots\dots(17)$$

Tingginya nilai intensitas hujan dapat dihitung menggunakan Metode Mononobe (BSN, 2016) sesuai dengan Rumus (18) di bawah ini:

$$I_t = \frac{R_t}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \dots\dots\dots(18)$$

Keterangan;  
Rt = hujan rencana kala ulang yang dipilih (mm)

t = waktu kosentrasi (jam), dapat dihitung dengan Rumus (19) berikut:

$$t = 0,0138 \cdot L \cdot S^{-0,6} \dots\dots\dots(19)$$

Dimana  
L = panjang sungai / saluran (km), untuk saluran dengan banyak inlet dipilih yang terpanjang

S = kemiringan lintasan air, dihitung dengan Rumus (20) sebagai berikut:

$$S = H/l \dots\dots\dots(20)$$

Dengan  
H = beda tinggi awal dan akhir saluran yang dievaluasi

l = panjang saluran yang dievaluasi

**Analisis Hidrolika**

Analisis hidrolika dalam evaluasi drainase meliputi analisis kapasitas saluran. Analisis ini dapat dilakukan dengan aplikasi *software* Hec-RAS dan perhitungan kapasitas saluran secara manual. Parameter yang dibutuhkan dalam analisis hidrolika meliputi:

1. Dimensi saluran; dimensi saluran meliputi lebar dan kedalaman saluran. Kedalaman saluran yang dianalisis adalah nilai kedalaman kritis yang berarti nilai total kedalaman dikurangi dengan tinggi jagaan minimum berdasarkan lapis

permukaan dinding saluran. Tinggi jagaan minimum dimuat dalam Tabel 3 berikut;

Tabel 3. Nilai jagaan saluran

Q (m <sup>3</sup> / dt)	Tinggi jagaan tanah (m)	Tinggi jagaan pasangan (m)
< 0,5	0,40	0,20
0,5 – 1,5	0,50	0,20
1,5 – 5,0	0,60	0,25
5,0 – 10,0	0,75	0,30
10,0 – 15,0	0,85	0,40
> 15,0	1,00	0,50

Sumber: KemenPUPR, 2016

2. Nilai kekasaran *manning* (n), nilai ini ditinjau berdasarkan lapis permukaan saluran yang diteliti. Nilai koefisien kekasaran *manning* dapat ditinjau dari Tabel 4. berikut;

Tabel 4. Koefisien kekasaran *manning* (n)

Permukaan	Kondisi	Koefisien Manning
Tanah	Lurus baru, seragam, landai dan bersih	0,016 – 0,033
	Berkelek, landau dan berumput	0,023 – 0,040
	Tidak terawat dan kotor	0,050 – 0,140
Pasangan Batu	Tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0,035 – 0,045
	Batu kosong	0,023 – 0,035
Beton	Pasangan batu belah	0,017 – 0,030
	Halus, sambungan baik dan rata	0,014 – 0,018
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0,018 – 0,030

Sumber: Darmadi, 2016

3. Kemiringan saluran / slope (S).

a. Analisis Hec-RAS

Analisis Hec-RAS digunakan untuk memodelkan aliran air yang mengalir dan mengetahui apakah saluran drainase masih bisa menampung aliran dalam kala ulang yang diamati. Analisis ini menitik berat pada kapasitas saluran, apabila kapasitas tampungan yang di evaluasi tidak sesuai dengan debit yang mengalir akan terjadi *overtopping* atau pelimpasan air ke area samping saluran. Selain itu dalam penelitian ini analisis Hec-RAS juga menjadi acuan koreksi mengenai penentuan solusi yang akan dilakukan oleh peneliti.

b. Analisis hidrolika manual

Analisis hidrolika dengan perhitungan manual didasarkan pada perhitungan evaluasi kapasitas debit banjir yang mengalir terhadap

debit kapasitas tampungan eksisting yang ada. Perhitungan ini dapat dilakukan menggunakan rumus *Manning* yang dijabarkan dalam Rumus (21) – (23) sebagai berikut;

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(21)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(22)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots(23)$$

Keterangan;

Q = debit air saluran (m<sup>3</sup>/det)

V = kecepatan air saluran (m/det)

A = luas penampang basah (m)

R = jari – jari hidraulik (m)

S = kemiringan dasar saluran

P = keliling basah saluran (m),

n = koefisien kekasaran *manning*, apabila permukaan dasar saluran dan dinding saluran berbeda maka nilai n dapat dihitung dengan Rumus (24) berikut:

$$n = \frac{nl.hl+nf.b+nr.hr}{P} \dots\dots\dots(24)$$

Dimana :

nl = koefisien *manning* dinding kiri

hl = kedalaman dinding kiri

nf = koefisien *manning* dasar saluran

b = kedalaman dinding saluran

nr = koefisien *manning* dinding kanan

hr = kedalaman dinding kanan

Evaluasi nilai Q terhadap nilai debit banjir (Qt) dilakukan setelah didapatkan nilai debit saluran (Q). Apabila didapatkan nilai Q < Qt, maka dapat disimpulkan bahwa kapasitas saluran tidak sesuai sehingga tidak mampu menampung aliran air sehingga terjadi genangan disamping aliran. Nilai Qt ini selanjutnya akan dijadikan acuan perencanaan drainase yang sesuai

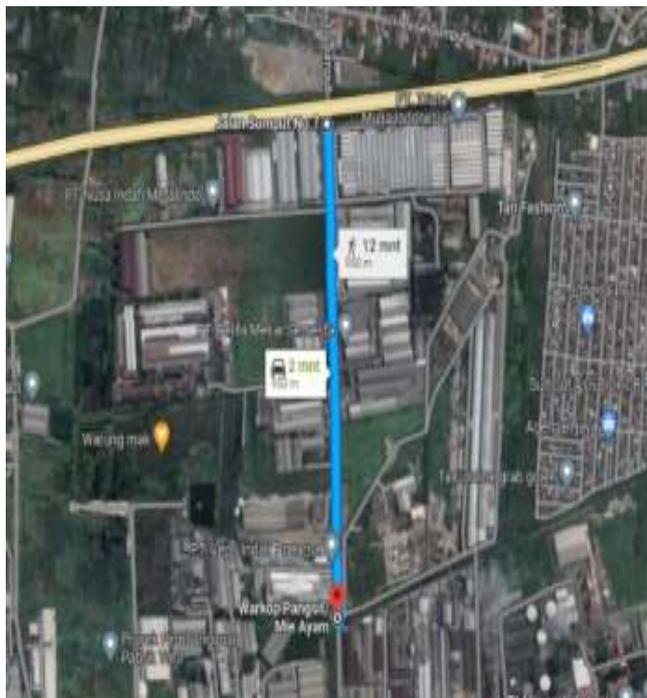
**Penentuan Solusi**

Langkah selanjutnya yang harus dilakukan setelah mendapatkan kesimpulan hasil evaluasi derainase, baik dengan analisis manual maupun dengan analisis Hec-RAS, adalah menentukan solusi untuk mengatasi genangan dan banjir. Secara teknis penanganan banjir dibedakan menjadi 2 metode, yakni metode struktural dan non struktural (Canubry dkk., 2021) Metode struktural merupakan metode pengendalian banjir secara teknis. Metode ini diaplikasikan untuk memberikan efek langsung pada area terdampak (Istiarto, 2014). Metode struktural terdiri atas dua jenis upaya yang dapat dilakukan yaitu pembangunan dan pemeliharaan. Pembangunan dalam metode struktural, meliputi pembuatan bendungan/waduk, pembuatan basian dan retarding

basin dan lain-lain tentang segala bentuk pembangunana fisik atau konstruksi baru. Upaya pemeliharaan yang umum dilakukan adalah normalisasi alur sungai, sudetan, floodway, dan tanggul. Selain upaya yang langsung berkaitan dengan saluran tanpa mengubah bentuk aslinya, upaya pemeliharaan juga meliputi kegiatan atau hal diluar saluran yang masih berpengaruh, misalnya pengaturan pintu air, pembersihan tanaman sekitar saluran dan lain-lain. Sedangkan metode non-struktural meliputi upaya penyesuaian serta peyesuaian kegiatan manusia yang harmonis dengan lingkungan. Upaya ini meliputi pengendalian tata ruang, pengaturan, penegakan peraturan dan hukum tentang tata guna lahan, pengawasan dan penyuluhan kepada masyarakat, dan lain-lain (Canubry dkk., 2021)

## METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode studi kasus terhadap kinerja saluran drainase Jalan Sumput-Semambung Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik, Jawa Timur yang sering meluber dan menyebabkan banjir. Penelitian akan dilakukan sejak Februari 2023



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

### 1. Persiapan

Tahapan ini meliputi pemilihan judul dan konsultasi dengan dosen pembimbing mengenai penelitian yang akan dilakukan.

### 2. Studi literatur

Tahapan ii berisi pengumpulan informasi – meliputi penelitian terdahulu dan jurnal yang relevan sebelum melakukan penelitian.

### 3. Pengumpulan data

Tahapan ini berupa pengumpulan data primer dan sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder.

a. Data sekunder, dalam penelitian ini merupakan data yang didapatkan melalui studi pustaka, perhitungan, ataupun data tersedia dari instansi terkait yaitu;

i. Data peta, berupa data DAS atau wilayah dan area layan yang mengalir menuju ke saluran drainase Jalan Semambung-Sumput. Data ini didapatkan dari Dinas Cipta Karya Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten ;

ii. Data hidrologi, data ini meliputi data curah hujan sepuluh tahun terakhir dari 3 stasiun hujan terdekat dengan lokasi penelitian, yakni Stasiun Krikilan, Stasiun Menganti dan Stasiun Wringinanom. Data ini digunakan untuk melakukan perhitungan debit banjir dalam tahapan analisis hidrologi sebagai tahap awal evaluasi yang akan dilakukan. Data ini didapatkan dari Bidang Sumber Daya Air Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang Kabupaten Gresik;

iii. Data topografi, data ini meliputi data penampang dan elevasi saluran drainase eksisting yang telah direncanakan dan atau dibangun. Data ini didapatkan dari Dinas Cipta Karya Perumahan dan Kawasan Pemukiman Kabupaten Gresik.

b. Data primer, dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh dengan melakukan survei di lokasi penelitian dilakukan untuk mengetahui kondisi aktual saluran drainase

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p141-153>

(eksisting) dimensi saluran yang meliputi data lebar saluran, kedalaman atau tinggi saluran dan panjang saluran.

#### 4. Analisis data

Peneliti melakukan analisis data evaluasi pada kinerja drainase di Jalan Sumput-Semambung Kecamatan Driyorejo, Gresik dalam beberapa tahapan yaitu:

##### a. Analisis curah hujan rencana

Data hujan yang dibutuhkan adalah data hujan harian maksimum tahunan. Analisis curah hujan dilakukan untuk mengetahui curah hujan harian maksimum rata-rata yang terjadi dalam kurun waktu 10 tahun.

##### b. Analisis debit banjir

Analisis debit banjir dilakukan untuk mengetahui besarnya debit dalam saluran sesuai dengan data curah hujan yang didapatkan paska analisis.

##### c. Analisis kapasitas saluran

Analisis kapasitas saluran dilakukan untuk mengetahui apakah saluran masih efektif untuk menampung debit air yang ada. Analisis ini merupakan analisis hidrolika menggunakan perhitungan dengan Rumus *Manning* dan analisis dengan *software* Hec-RAS.

##### d. Evaluasi kapasitas saluran

Evaluasi kapasitas saluran dilakukan guna membandingkan kapasitas saluran hasil analisis dan kapasitas saluran eksisting

#### 5. Penarikan kesimpulan,

Tahapan ini meliputi penarikan kesimpulan dari hasil analisis data apakah kapasitas saluran masih sesuai dengan debit air yang mengalir.

#### 6. Penentuan solusi

Tahapan ini meliputi penentuan solusi yang tepat untuk permasalahan saluran drainase Semambung – Sumput agar dapat dijadikan referensi saran untuk pemeliharaan kedepan oleh pihak terkait.

Tahapan penelitian yang akan dilakukan digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Penelitian

Data yang telah dikumpulkan dan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Data sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini terdiri atas;

- i. Data peta, data peta adalah gambaran DAS yang mengalir menuju ke saluran drainase di Jalan Semambung – Sumput. Untuk mempermudah proses perhitungan yang akan dilakukan maka dilakukan pemberian notasi nama pada setiap saluran yang mengalir menuju saluran drainase Jalan Semambung – Sumput. Saluran tersier di sebelah barat dinotasikan dalam s1 – s15, dan saluran Sekunder di sebelah baarat dinotasikan

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p141-153>

dengan SS 1. Untuk saluran tersier disebelah timur dinotasikan dengan ssA – ssH dan saluran sekunder di sebelah timur dinotasikan dalam SSA. Gambaran DAS dan letak saluran penelitian termuat dalam Gambar 3. di bawah ini.



Gambar 3. Peta DAS saluran Drainase di Jalan Semambung - Sumput

Gambaran DAS diatas kemudian didigitasilasi untuk mengetahui luasan dan jenis areal untuk mendapatkan nilai koefisien limpasan. Hasil digitalisasi yang dilakukan mendapatkan hasil seperti tertuang dalam Tabel 5.

Tabel 5. luasan areal dan koefisien limpasan saluran penelitian

Saluran	A total (ha)	C Gab
Saluran Barat		
Section 1	25.640	0.565
Section 2	41.397	0.532
Section 3	41.445	0.533
Section 4	56.162	0.551
Section 5	56.174	0.552
Section 6	56.203	0.552
Section 7	56.218	0.552
Section 8	56.248	0.552
Section 9	63.815	0.553
Section 10	63.815	0.553
Saluran Timur		
Section 1	5.972	0.469
Section 2	15.711	0.551
Section 3	18.957	0.560
Section 4	18.996	0.560
Section 5	23.771	0.569
Section 6	23.804	0.569
Section 7	52.028	0.555

Hasil digitalisasi menunjukkan total DAS adalah 115,788 Ha Serta Kabupaten Gresik yang dikategorikan sebagai Kota Metropolitan maka kala ulang curah hujan yang digunakan adalah kala ulang 5 tahun.

- ii. Data hidrologi, berdasarkan DAS saluran yang diteliti diketahui bahwa Saluran Drainase Semambung – Sumput merupakan Sub DAS Krikilan dan tidak terpengaruh oleh aliran daerah lain. Sehingga, data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan 10 tahun terakhir dari 1 stasiun tunggal yaitu Stasiun Hujan Krikilan (Driyorejo) yang termuat dalam Tabel 6.

Tabel 6. Curah hujan harian maksimum tahunan

Tahun	Rt (mm)
2013	102
2014	37
2015	124
2016	106
2017	77
2018	51
2019	74
2020	59
2021	63

- iii. Data topografi, berdasarkan data penampang eksisting perencanaan terbaru Saluran Drainase Jalan Semambung - Sumput yang dimiliki oleh Dinas Cipta Karya Perumahan dan Kawasan Permukiman Kabupaten Gresik. diketahui bahwa kemiringan saluran darainase di Jalan Semambung – Sumput adalah 0,0016.

## 2. Data primer

Data primer dalam penelitian ini berupa dimensi dan kondisi eksisting Saluran Drainase di Jalan Semambung Sumput sesuai Tabel 7. di bawah ini

Tabel 7. Data primer penelitian

Lokasi	Sect ion	L (m)	b (m)	h (m)	(n) Dasar	(n) Dinding
Saluran Barat						
Pergudangan Hartono	1	160	2	0.9	0.02	0.018
RTH	2	165	1.7	0.9	0.035	0.035

PT.Sugih Indah Indoplast	3	160	2.1	1	0.023	0.016
PT. Evaprata ma Indojoya	4	50	1.95	1.1	0.025	0.025
PT. Sumber Nusantara Baja	5	40	1.8	0.85	0.023	0.018
PT. Tri Star Jaya	6	95	2.25	1	0.02	0.019
RTH	7	50	1.6	1.1	0.035	0.035
PT. Oranye	8	100	1.5	1.2	0.02	0.022
PT. Vepo	9	50	1	1.2	0.022	0.025
PT. Katingan	10	90	1.8	1	0.022	0.025
Saluran Timur						
Pergudangan Sumpat	1	150	1.75	1.25	0.022	0.022
Nusantara Utara	2	130	1.75	1.1	0.023	0.02
Nusantara Selatan	3	65	1.7	1.2	0.02	0.018
PT. Pelita Mekar	4	130	1.8	1	0.02	0.018
PT. Samjaya Manunggal	5	100	1.8	1	0.025	0.025
RTH	6	110	1.5	1	0.02	0.035
PT. Surya Kertas	7	270	2.2	1.35	0.02	0.026

### Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dalam penelitian ini digunakan untuk mendapatkan nilai debit banjir yang mengalir menuju saluran penelitian yang dilakukan sebagai berikut

1. Analisis frekuensi curah hujan dan pemilihan metode penelitian

Berdasarkan data curah hujan harian maksimum tahunan pada Tabel 6. Dilakukan frekuensi curah hujan dan menghasilkan nilai  $C_s = 0,46806$ , nilai  $C_k = 4,32702$  dan nilai  $C_v = 0,3310$  tidak sesuai untuk metode *Gumbel* dan *Log Normal*, namun memenuhi untuk metode *Log Pearson Tipe III* tidak memiliki syarat dan limitasi apapun.

2. Penentuan nilai curah hujan

Perhitungan yang dilakukan mendapatkan nilai curah hujan rencana ( $R_t$ ) dalam kala ulang

5 tahun yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 99,038 mm/dt.

3. Uji distribusi data

Untuk membuktikan kelayakan data, dilakukan pengujian menggunakan *chi-square* dan *smirnov kolomogrov*. Pengujian *chi-square* mendapatkan nilai  $X^2$  sebesar 1,2. Nilai simpangan empiris kritis menuut ketentuan 5% sebesar 3,84. Maka  $(X^2) = 1,2 \leq (X^2p) = 3,4$ . Dapat disimpulkan nilai simpangan hitung lebih kecil dibandingkan nilai simpangan kritis, sehingga data dapat dinyatakan sesuai. Perhitungan *smirnov-kolomogrov* dengan jumlah data hujan ( $n$ ) = 10 dan derajat kepercayaan 5% didapatkan nilai selisih kiritis  $c_r$  sama dengan 0,41. Nilai ini kemudian dibandingkan dengan nilai selisih maksimal yang telah didapatkan dalam perhitungan sebelumnya yaitu 0,202. Dari perbandingan tersebut diketahui bahwa nilai  $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ . Sehingga pengujian  $R_t$  menggunakan *smirnov-kolomogrov* yang dilakukan menyatakan bahwa data sesuai.

4. Perhitungan debit banjir rencana

Dalam perhitungan debit banjir rencana, parameter yang dibutuhkan meliputi, luasan areal, nilai koefisien limpasan serta nilai intensitas hujan. Berdasarkan pengumpulan data yang dilakukan nilai koefien limpasan dan luasan areal telah dimuat dala Tabel. 5. Nilai intensitas hujan dihitung sesuai rumus (18) mendapatkan hasil sesuai Tabel 8. di bawah ini.

Tabel 8. Intensitas hujan saluran penelitian

Saluran	L (km)	S	t pakai (jam)	$R_t$ (mm)	$I_t$ (mm/jam)
Saluran Barat					
Sec 1	1.54	0.0016	1.01141	99.038	34.075814
Sec 2	1.705	0.0016	1.11978	99.038	31.840298
Sec 3	1.865	0.0016	1.22486	99.038	29.992143
Sec 4	1.915	0.0016	1.2577	99.038	29.467788
Sec 5	1.955	0.0016	1.28397	99.038	29.064457
Sec 6	2.05	0.0016	1.34636	99.038	28.159448
Sec 7	2.1	0.0016	1.3792	99.038	27.71068
Sec 8	2.2	0.0016	1.44487	99.038	26.864469
Sec 9	2.25	0.0016	1.47771	99.038	26.464988
Sec 10	2.34	0.0016	1.53682	99.038	25.781973
Saluran Barat					
Sec 1	0.15	0.71	0.09851	0.4663	99.038
Sec 2	0.13	0.84	0.08538	0.5517	99.038
Sec 3	0.065	0.905	0.04269	0.5944	99.038
Sec 4	0.13	1.035	0.08538	0.6797	99.038
Sec 5	0.1	1.135	0.06568	0.7454	99.038
Sec 6	0.11	1.245	0.07224	0.8177	99.038
Sec 7	0.27	1.515	0.17733	0.995	99.038

Setelah semua parameter perhitungan terpenuhi, perhitungan debit rencana dapat dilakuakn sesuai Rumus (16) dan didapatkan hasil sesuai Tabel 9. berikut ini.

Tabel 9. Debit banjir saluran penelitian

Saluran	C	It (mm/jam)	A (ha)	Qt (m <sup>3</sup> /dt)
Saluran Barat				
Sec 1	0.565	34.076	25.640	1.373
Sec 2	0.532	31.840	41.397	1.951
Sec 3	0.533	29.992	41.445	1.841
Sec 4	0.551	29.468	56.162	2.537
Sec 5	0.552	29.064	56.174	2.503
Sec 6	0.552	28.159	56.203	2.427
Sec 7	0.552	27.711	56.218	2.390
Sec 8	0.552	26.864	56.248	2.319
Sec 9	0.553	26.465	63.815	2.596
Sec 10	0.553	25.782	63.815	2.529
Saluran Timur				
Sec 1	0.469	57.098	5.972	0.445
Sec 2	0.551	51.044	15.711	1.228
Sec 3	0.560	48.569	18.957	1.432
Sec 4	0.560	44.412	18.996	1.314
Sec 5	0.569	41.763	23.771	1.569
Sec 6	0.569	39.266	23.804	1.479
Sec 7	0.555	34.450	52.028	2.764

### Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika dapat dilakukan ketika 3 parameter utama yang meliputi angka dimensi, saluran nilai koefisien *manning* dan nilai kemiringan telah dipenuhi. Dimensi saluran yang dievaluasi didapatkan berdasarkan data primer sesuai Tabel 7 yang kemudian dikurangkan dengan nilai jagaan sesuai Tabel 3. Angka dimensi yang akan dievaluasi di tuangkan dalam Tabel 10. berikut ini.

Tabel 10. Dimensi evaluasi saluran penelitian

Section	b (m)	h (m)	h kritis (m)
Saluran Barat			
1	2	0.9	0.7
2	1.7	0.9	0.3
3	2.1	1	0.75
4	1.95	1.1	0.85
5	1.8	0.85	0.6
6	2.25	1	0.75
7	1.6	1.1	0.5
8	1.5	1.2	0.95
9	1	1.2	0.95
10	1.8	1	0.75
Saluran Timur			
1	1.75	1.25	1.05
2	1.75	1.1	0.9
3	1.7	1.2	1
4	1.8	1	0.8
5	1.8	1	0.75
6	1.5	1	0.5
7	2.2	1.35	1.1

Nilai (n) setiap *section* saluran berdasarkan tinjauan hasil survei saluran drainase di jalan Semambung – Sumpit dalam Tabel 7. dirangkum dalam

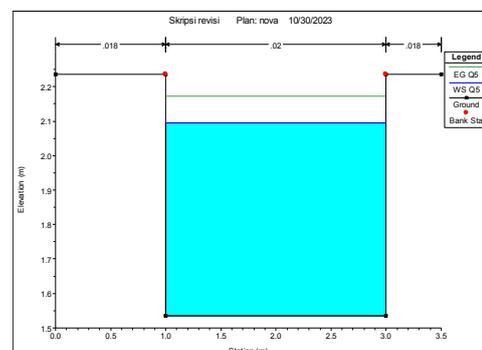
Tabel 11. Tabel nilai koefisien *Manning* (n)

Section	(n) Dinding kiri	(n) Dasar	(n) Dinding kanan
Saluran Barat			
1	0.018	0.02	0.018
2	0.035	0.035	0.035
3	0.016	0.023	0.016
4	0.025	0.025	0.025
5	0.018	0.023	0.018
6	0.019	0.02	0.019
7	0.035	0.035	0.035
8	0.022	0.02	0.022
9	0.025	0.022	0.025
10	0.025	0.022	0.025
Saluran Timur			
1	0.022	0.022	0.022
2	0.02	0.023	0.02
3	0.018	0.02	0.018
4	0.018	0.02	0.018
5	0.025	0.025	0.025
6	0.035	0.02	0.035
7	0.026	0.02	0.026

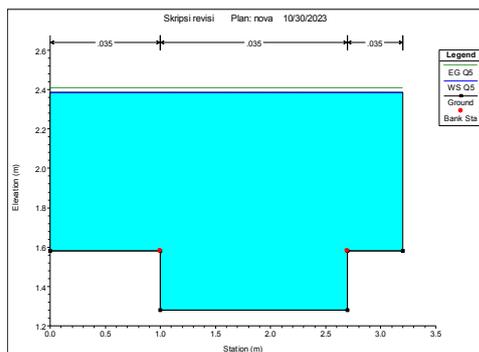
Nilai kemiringan (S) berdasarkan data sekunder adalah 0,0016. Setelah parameter perhitungan terpenuhi, maka dapat dilakukan evaluais tampungan menggunakan analisis Hec-RAS dan analisis manual

### 1. Analisis Hec-RAS

Parameter data analisis hirdrolika selanjutnya *running* dengan jenis aliran yang diasumsikan sebagai aliran permanen (*steady flow*) dengan nilai debit banjir yang di input sesuai dengan Tabel 9 serta dengan batas menggunakan ketinggian air normal (*normal depth*). Hasil *running* Hec-RAS untuk kala ulang 5 tahun dilampirkan dalam Tabel 12. di bawah ini. Contoh plot hasil *running* ditampilkan dalam Gambar 4. dan Gambar 5.



Gambar 4. Plot *running* Hec-RAS *section* 1 saluran barat



Gambar 5. Plot *running* Hec-RAS section 2 saluran barat

Tabel 12. Hasil evaluasi tumpungan analisis Hec-RAS

Lokasi	Section	Keterangan
Saluran Barat		
Pergudangan Hartono	1	Tertampung
RTH	2	Melimpas
PT. Sugih Indah Indoplast	3	Melimpas
PT. Evapratama Indojoya	4	Melimpas
PT. Sumber Nusantara Baja	5	Melimpas
PT. Tri Star Jaya	6	Melimpas

Hasil debit eksisting selanjutnya dievaluasi terhadap nilai debit banjir sesuai Tabel 9. Dan didapatkan hasil seperti dalam Tabel 13. di bawah ini.

Tabel 13. Hasil evaluasi tumpungan analisis manual

Section	Q eks (m <sup>3</sup> /s)	Q banjir (m <sup>3</sup> /s)	Keterangan
Saluran Barat			
1	1.616288	1.3730589	Tertampung
2	0.2135291	1.9506543	Melimpas
3	1.6692959	1.8410314	Melimpas
4	1.5668015	2.5371533	Melimpas
5	1.0410369	2.5032995	Melimpas
6	2.0223487	2.4273598	Melimpas
7	0.4167027	2.3897157	Melimpas
8	1.5116571	2.3187565	Melimpas
9	0.7534953	2.5958298	Melimpas
10	1.2736982	2.528836	Melimpas
Saluran Timur			
1	2.0403707	0.4445123	Tertampung
2	1.7062023	1.2282813	Tertampung
3	2.1401493	1.4324681	Tertampung
4	1.7044415	1.3141903	Tertampung
5	1.1903289	1.5694615	Melimpas
6	0.5170852	1.478841	Melimpas
7	2.7075256	2.7642893	Melimpas

Perhitungan analisis hidrolika manual yang dilakukan juga digunakan sebagai kontrol

RTH	7	Melimpas
PT. Oranye	8	Melimpas
PT. Vepo	9	Melimpas
PT. Katingan	10	Melimpas
Saluran Timur		
Pergudangan Sumpat	1	Tertampung
Nusantara Utara	2	Tertampung
Nusantara Selatan	3	Tertampung
PT. Pelita Mekar	4	Tertampung
PT. Samjaya Manunggal	5	Melimpas
RTH	6	Melimpas
PT. Surya Kertas	7	Melimpas

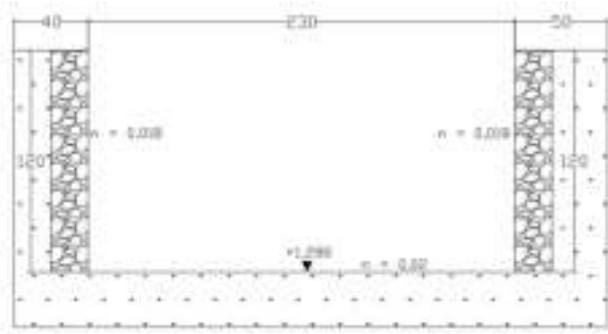
## 2. Analisis manual

Untuk menuji apakah analisis yang dilakuakn dengan Hec\_RAS sesuai maka dilakukan kontrol data menggunakan analisis manual. Adapun hasil perhitungan debit tumpungan untuk saluran eksisting dengan analisis manual sesuai Rumus (21) dilampirkan dalam Tabel 13. berikut ini.

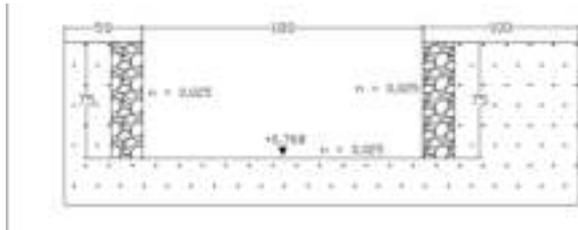
analisis hidrolika dengan sioftware Hec-RAS yang dilakukan. Berdasarkan kesamaan hasil dua analisis yang dilakukan bahwa dalam beberapa *section* terdapat ketidakefektifan saluran. Dengan hal ini dapat disimpulkan bahwa hasil analisis Hec-RAS telah sesuai.

## Penentuan Solusi

Hasil perhitungan evaluasi kapasitas tumpungan yang dilakukan menunjukkan bahwa beberapa *section* Saluran Drainase di Jalan Semambung – Sumpat sudah tidak efektif untuk menampung debit banjir yang mengalir. Solusi yang disarankan oleh peneliti dalam penelitian ini meliputi metode struktural. Solusi struktural pemeliharaan yang disarankan adalah normalisasi dan perawatan secara berkala terhadap saluran sehingga mengurangi adanya penumpukan sampah serta tanaman liar yang ada dan memperkecil ukuran saluran. Serta solusi struktural pembangunan berupa melakukan pengubahan dimensi saluran serta mengubah lapis permukaan saluran pada *section* saluran yang sudah tidak efektif. Adapun peneliti merencanakan dimensi dan lapis permukaan baru yang termuat dalam Tabel 14. Contoh penampang saluran rencana untuk ditampilkan dalam Gambar 6. dan Gambar 7.



Gambar 6. Penampang rencana section 2 saluran barat



Gambar 7. Penampang rencana section 5 saluran timur

Dimensi saluran rencana yang dievaluasi selanjutnya dikurangkan dahulu dengan nilai jagaan sesuai Tabel 3. Angka dimensi rencana yang akan dievaluasi di tuangkan dalam Tabel 15. berikut ini.

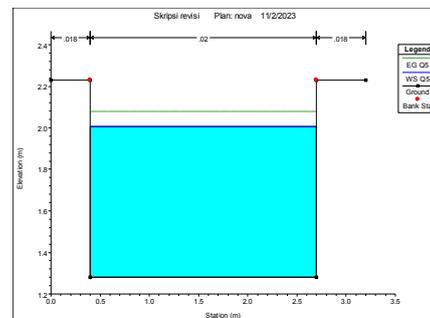
Tabel 1413. Dimensi evaluasi saluran rencana

Section	b (m)	h (m)	h kritis (m)
Saluran Barat			
1	2.00	0.90	0.70
2	2.30	1.20	0.95
3	2.10	1.00	0.75
4	2.55	1.40	1.15
5	2.40	1.40	1.15
6	2.85	1.40	1.15
7	2.20	1.40	1.15
8	2.10	1.40	1.15
9	1.90	1.40	1.15
10	2.40	1.40	1.15
Saluran Timur			
1	1.75	1.25	1.05
2	1.75	1.10	0.90
3	1.70	1.20	1.00
4	1.80	1.00	0.80
5	2.20	1.00	0.75
6	1.90	1.00	0.80
7	2.60	1.35	1.10

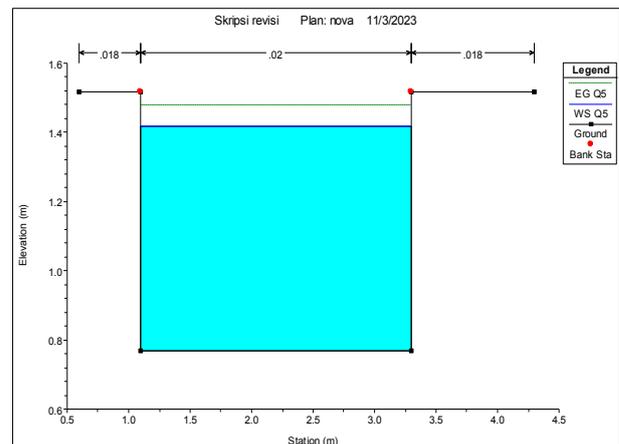
Adapun hasil analisis Hec-RAS untuk redesain saluran rencana baru pada section saluran yang sudah tidak efektif dalam menampung debit aliran yang mengalir adalah sesuai Tabel 15 Contoh gambaran hasil *running* Hec-RAS dimuat dalam Gambar 8. dan Gambar 9.

Tabel 1514. Hasil evaluasi tampungan saluran rencana dengan Hec-RAS

Lokasi	Section	Keterangan
Saluran Barat		
Pergudangan Hartono	1	Tertampung
RTH	2	Tertampung
PT.Sugih Indah Indoplast	3	Tertampung
PT. Evapratama Indojava	4	Tertampung
PT. Sumber Nusantara Baja	5	Tertampung
PT. Tri Star Jaya	6	Tertampung
RTH	7	Tertampung
PT. Oranye	8	Tertampung
PT. Vepo	9	Tertampung
PT. Katingan	10	Tertampung
Saluran Timur		
Pergudangan Sumpot	1	Tertampung
Nusantara Utara	2	Tertampung
Nusantara Selatan	3	Tertampung
PT. Pelita Mekar	4	Tertampung
PT. Samjaya Manunggal	5	Tertampung
RTH	6	Tertampung
PT. Surya Kertas	7	Tertampung



Gambar 8. Plot *running* Hec-RAS section 2 saluran barat rencana



Gambar 9. Plot *running* Hec-RAS section 5 saluran timur rencana

Hasil penentuan solusi ketidak efektifan saluran dengan analisis *software* Hec-RAS mendapatkan hasil bahwa semua perencanaan dimensi dan lapis permukaan baru mampu menampung debit aliran sehingga tidak terjadi pelimpahan. Untuk membuktikan kesesuaian hasil perencanaan ulang, dilakukan kontrol perencanaan menggunakan analisis kapasitas secara manual.

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p141-153>

Hasil debit tampungan saluran rencana selanjutnya dievaluasi terhadap nilai debit banjir sesuai Tabel 9. Dan didapatkan hasil seperti dalam Tabel 16.

Tabel 16. Hasil kontrol evaluasi tampungan saluran rencana

Section	Q eks (m <sup>3</sup> /s)	Q banjir (m <sup>3</sup> /s)	Keterangan
Saluran Barat			
1	1.616288	1.3730589	Tertampung
2	2.9606549	1.9506543	Tertampung
3	1.894288	1.8410314	Tertampung
4	4.4024926	2.5371533	Tertampung
5	4.0700858	2.5032995	Tertampung
6	5.0765866	2.4273598	Tertampung
7	3.6325129	2.3897157	Tertampung
8	3.4164368	2.3187565	Tertampung
9	2.9904852	2.5958298	Tertampung
10	4.0700858	2.528836	Tertampung
Saluran Timur			
1	2.2444077	0.4445123	Tertampung
2	1.8323652	1.2282813	Tertampung
3	2.1401493	1.4324681	Tertampung
4	1.7044415	1.3141903	Tertampung
5	2.007592	1.5694615	Tertampung
6	1.8268891	1.478841	Tertampung
7	4.244778	2.7642893	Tertampung

## REFERENSI

- BSN. 2016. *SNI 2415:2016 Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*.
- Canubry, D., Azmeri, A., & Shaskia, N. 2021. Perencanaan Saluran Drainase Perkotaan Wilayah Kecamatan Johan Pahlawan dengan Aplikasi HEC-RAS. *Journal of The Civil Engineering Student*, 3(3), 282–286. <https://doi.org/10.24815/journalces.v3i3.17905>
- Istiarto. 2014. *Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Pemrograman Hidrodinamika HEC-RAS*. <https://istiarto.staff.ugm.ac.id/files/HEC-RAS-Dasar-Simple-Geometry-River-Jul14.pdf>
- Kustini, I., & Winanti, E. T. (2020). Upaya Mengurangi Genangan Banjir Di Kampus Unesa Ketintang Surabaya Dengan Parit Resapan. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 2(1), 27-34.
- Kemenpu. 2018. *Analisis Hidrologi dan Sedimentasi*. [https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/upload/s/edok/2019/03/740a8\\_6.\\_Modul-3\\_Analisis\\_Hidrologi\\_Dan\\_Sedimen.Pdf](https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/upload/s/edok/2019/03/740a8_6._Modul-3_Analisis_Hidrologi_Dan_Sedimen.Pdf)
- KemenPUPR. 2016. Perhitungan saluran dan drainase diklat teknis perencanaan irigasi tingkat dasar. *Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Sumber Daya Air Dan Konstruksi*, 88. [https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/upload/s/edok/2018/04/d31a2\\_MDL\\_08\\_Perhitungan\\_saluran\\_dan\\_Drainase.pdf](https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/upload/s/edok/2018/04/d31a2_MDL_08_Perhitungan_saluran_dan_Drainase.pdf)
- Wahyunandar, R. (2022). *Perencanaan Ulang Saluran Drainase Pada Ruas Jalan Bendungan Sutami Kecamatan Lowokwaru [Universitas Muhammadiyah Malang]*. <http://eprints.umm.ac.id/id/eprint/96335>