



Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (PROTEKSI)

Vol. 5 No. 1 Juni (2023)

The Commencement of PROTEKSI

- **Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Fc'25**
Yra Maya Sopa N.R, Sartika Nisumanti, Denie Chandra
- **Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah**
Muhammad Iqbal Maulana, Hendro Suyanto, Allan Restu Jaya
- **Analisis Kinerja Lalu Lintas dan Tingkat Kebisingan akibat aktivitas Antar Jemput Sekolah di masa New Normal (Studi Kasus : Ruas Jalan Dr. Siwabessy Ambon)**
Richrisna Helena Waas, Vemara Matitaputty
- **Kontribusi Ruang Terbuka Hijau Publik di Kecamatan Jombang dalam Mereduksi Limpasan Air**
Wiwin Setyaningrum, Abdiyah Amudi
- **Rancang Bangun Prototipe Fluid Friction Apparatus Untuk Menganalisis Kehilangan Energi (Head Loss) dengan Variasi Diameter Pipa**
Muhammad Luthfi, Totok Yulianto
- **Perhitungan Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Batas Kota Kediri – Nganjuk Menggunakan Metode MDPJ 2017**
R. Endro Wibisono, Kresna Dini Fitriani
- **Peran Unit Pengelola Bendungan Dalam Pengelolaan Bendungan Berkelanjutan Di Satker OP BBWS Brantas (Studi Kasus UPB Bendungan Babjulmati Dan Bendungan Nipah)**
Anna Rosytha, Wiel Mushawiry Suryana
- **Analisis Biaya Investasi Proyek Pembangunan Perumahan La Diva Green Hill Menganti Gresik**
Bambang Sujatmiko, Maulidya Octaviani Bustamin, Gilang Nova Ardiansyah
- **Dominasi Material yang Diangkat Tower Crane pada Proyek Pembangunan Air Traffic Control Tower Bandara Internasional Kediri**
Aldimas Nasruddin Sah, Puguh Novi Prasetyono

Published by:
Jurusan Teknik Sipil
Gedung A4, Fakultas Teknik
Universitas Negeri Surabaya
Kampus Ketintang
Jln. Ketintang, Surabaya, 60231



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 1, Juni 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 ketekniksipilan. Pada Volume 5, Nomor 1 ini menerbitkan 9 judul artikel ilmiah yang kami sajikan. Penulis pada Volume 5, Nomor 1 ini merupakan sivitas akademika dari dalam maupun luar Universitas Negeri Surabaya. Redaksi mengucapkan terima kasih kepada para mitra bestari dan penyunting yang telah menyediakan waktunya untuk menyunting naskah artikel yang dimuat. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada para penulis dan semua pihak yang telah membantu hingga terbitnya jurnal ini. Kami sangat mengharapkan peran aktif semua pihak sebagai penulis artikel, baik dari lingkungan akademisi maupun praktisi dan lain-lain khususnya bidang teknik sipil. Semoga materi yang disampaikan dapat berguna bagi pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan secara umum. Kritik dan saran sangat redaksi harapkan untuk perbaikan penerbitan berikutnya. Terimakasih dan Selamat Membaca.

Volume 5, No. 1, Juni 2023

E-ISSN : 2655-6421

Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (PROTEKSI)

Pimpinan Redaksi :

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. (UNJ)

Ir. Puwo Mahardi, S.T., M.Sc. (UNESA)

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 Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Fc'25

Yra Maya Sopa N.R, Sartika Nisumanti, Denie Chandra 1-6

Analisis Stabilitas Lereng Batuan dengan Pendekatan Kriteria

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah

Muhammad Iqbal Maulana, Hendro Suyanto, Allan Restu Jaya..... 7-12

Analisis Kinerja Lalu Lintas dan Tingkat Kebisingan akibat aktivitas Antar Jemput Sekolah di masa New Normal (Studi Kasus : Ruas Jalan Dr. Siwabessy Ambon)

Richrisna Helena Waas, Vemara Matitaputty..... 13-20

Kontribusi Ruang Terbuka Hijau Publik di Kecamatan Jombang dalam Mereduksi Limpasan Air

Wiwin Setyaningrum, Abdiyah Amudi..... 21-28

Rancang Bangun Prototipe Fluid Friction Apparatus Untuk Menganalisis Kehilangan Energi (Head Loss) dengan Variasi Diameter Pipa

Muhammad Luthfi, Totok Yulianto 29-35

Perhitungan Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Batas Kota Kediri – Nganjuk Menggunakan Metode MDPJ 2017

R. Endro Wibisono, Kresna Dini Fitriani 36-43

Peran Unit Pengelola Bendungan Dalam Pengelolaan Bendungan Berkelanjutan Di Satker OP BBWS Brantas (Studi Kasus UPB Bendungan Babjulmati Dan Bendungan Nipah)

Anna Rosytha, Wiel Mushawiry Suryana..... 44-50

Analisis Biaya Investasi Proyek Pembangunan Perumahan La Diva Green Hill Menganti Gresik

Bambang Sujatmiko, Maulidya Octaviani Bustamin, Gilang N Ardiansyah..... 51-59

Dominasi Material yang Diangkat Tower Crane pada Proyek Pembangunan Air Traffic Control Tower Bandara Internasional Kediri

Aldimas Nasruddin Sah, Puguh Novi Prasetyono..... 60-66

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

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

Nama Pengarang Tanpa Gelar¹

¹Cantumkan 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

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; σ standar deviasi dan B adalah interval kesalahan (*margin of error*)

Atau dengan cara sbb:
keterangan :

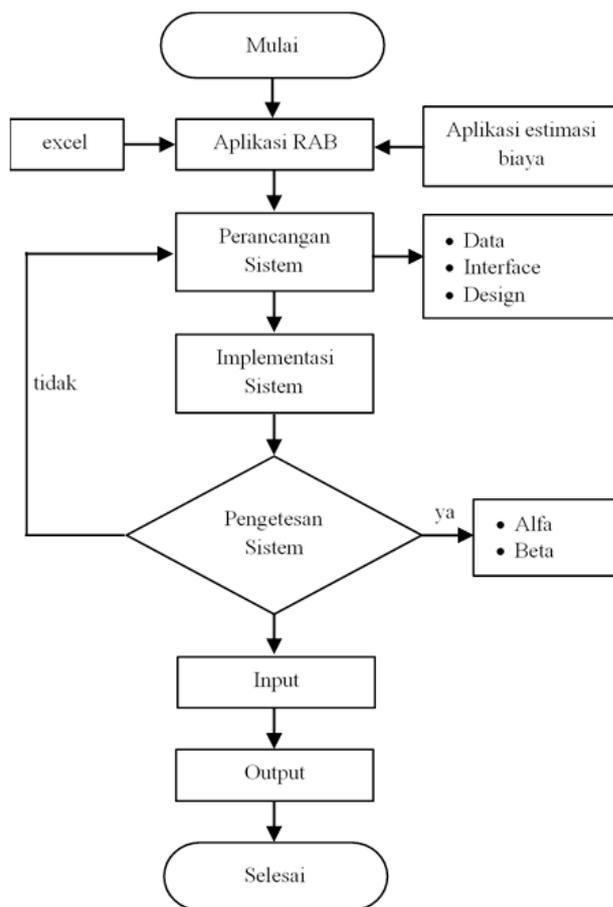
- n = jumlah simulasi yang diperlukan
- Z = nilai invers dari distribusi normal
- σ = standar deviasi
- B = interval kesalahan (*margin of error*)

METODE

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

- Diagram alir
- Gambar
- Diagram lain yang menunjang.

Contoh diagram alur dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan Aplikasi Perhitungan RAB

HASIL DAN PEMBAHASAN

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

KESIMPULAN

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

REFERENSI

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

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

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

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

Sear, L.K.A., 2006, "Blocks Made in UK – 100 % Utilization of Bottom Ash", *ECOBA Conference Paper, United Kingdom Quality Ash Association (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 Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton Fc'25

Effect Of Silica Fume Addition On Concrete Compressive Strength Fc'25

Yra Maya Sopa N.R¹ Sartika Nisumanti² Denie Chandra³

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri Telp: (0711)357754.

Email : yramayaa@gmail.com

^{2*} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri Telp: (0711)357754.

Email : sartika.nisumanti@uigm.ac.id

³ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri Telp: (0711)357754.

Email : denie_chandra@uigm.ac.id

Abstrak

Beton salah satu bahan utama dalam bidang konstruksi. Bangunan infrastruktur seperti gedung, jembatan, irigasi dan jalan semuanya menggunakan beton sebagai bahan utama. *Silica fume* adalah material pozzolan yang halus, berbentuk butiran, sangat kecil, mengandung senyawa silika dioksida (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) yang berpengaruh dalam proses pengerasan pada beton. Penggunaan *silica fume* pada campuran beton dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *silica fume* dengan variasi kadar *silica fume* sebesar 10% dan 20%. Menggunakan metode eksperimen sesuai standar SNI 03-2834-2000 untuk memperoleh hasil yang akan mengkonfirmasi variasi yang diteliti. Hasil dari penelitian menunjukkan kuat tekan optimum terdapat pada kadar *silica fume* sebesar 20% dengan kuat tekan beton 27,20 MPa pada umur beton 28 hari, dengan meningkatnya proporsi campuran *silica fume* kemampuan kerja beton semakin meningkat. Dari hasil penelitian tersebut dapat diketahui semakin tinggi kadar *silica fume* maka *workabilitas* beton semakin berkurang, hal ini terjadi karena sifat *silica fume* yang menyerap air.

Kata Kunci: Beton; *silica fume*; kuat tekan beton

Abstract

Concrete is one of the main materials in the field of construction. Infrastructure buildings such as buildings, bridges, irrigation and roads all use concrete as the main material. *Silica fume* is a fine, granular, very small pozzolan material, containing compounds of silica dioxide (SiO_2) and alumina (Al_2O_3) which have an effect in the hardening process of concrete. The use of *silica fume* in concrete mixtures can produce concrete with high compressive strength. This study aims to determine the effect of adding *silica fume* with variations in *silica fume* levels by 10% and 20%. Using experimental methods according to the SNI 03-2834-2000 standard to obtain results that will confirm the variations studied. The results of the study showed that the optimum compressive strength was found in the *silica fume* content of 20% with a concrete compressive strength of 27.20 MPa at a concrete life of 28 days, with an increasing proportion of *silica fume* mixture the working ability of concrete is increasing. From the results of this study, it can be seen that the higher the *silica fume* level, the less the workability of concrete, this happens because of the nature of *silica fume* which absorbs water.

Keywords: Concrete; *silica fume*; compressive strength concrete

PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) dengan perbandingan tertentu (Tjokrodinuljo, 2007).

Penambahan bahan tambahan pada campuran beton digunakan untuk mengubah, memperbaiki sifat-sifat beton, meningkatkan kuat tekan beton. Bahan tambah yang dipakai bisa berupa kimia (*chemical admixture*) dan mineral (*admixture additive*). Selain untuk merubah sifat-sifat beton penggunaan bahan tambah mampu mengurangi penggunaan semen agar lebih ekonomis dan kuat tekan yang dihasilkan dapat meningkat tanpa banyak menggunakan bahan semen (Haris, 2021).

Simatupang (2017), melakukan penelitian dengan penambahan zat aditif *silica fume* dan *superplasticiter* dapat meningkatkan kuat tekan rata-rata mencapai 45,83 MPa pada umur 28 hari dengan campuran *silica fume* sebesar 18%, *superplasticiter* dari berat semen. *Silica fume* merupakan mineral *admixture*, sebagai material pozzolan yang halus. *Silica fume* memiliki ukuran partikel yang sangat kecil berperan sebagai filler pada beton, sehingga campuran beton mengalami proses penjenuhan yang dapat meningkatkan kuat tekan pada beton (Sari Amalia 2019). Belum ada penelitian yang hanya menggunakan zat aditif *silica fume* pada campuran beton sebagai substitusi semen. Maka dari itu peneliti ini hanya menggunakan zat aditif *silica fume* sebagai bahan tambah pada campuran beton. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton dengan penambahan zat aditif *silica fume* 10% dan 20% serta mengetahui perbedaan nilai uji kuat tekan beton normal dan beton variasi yang menggunakan zat aditif *silica fume* pada umur pengujian 7, 14, dan 28 hari.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI 2847-2013).

Beton merupakan campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat-agregat lain yang dicampur jadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air. Campuran ini kemudian akan membentuk suatu massa mirip

batuan. Menambahkan bahan berupa aditif untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, agar memudahkan dalam pengerjaan (*workability*), durabilitas serta waktu pengerasan (Mc.Cormac, 2004).

kelebihan pada beton muda dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, mampu menahan beban yang berat, tahan terhadap temperatur yang tinggi, biaya perawatan yang relatif murah, kuat tekan tinggi dan harga yang rendah. Kekurangan pada beton yaitu bentuk yang telah dibuat tidak bisa diubah, lemah terhadap kuat tarik, mempunyai bobot yang berat (Nisumanti, 2016).

Silica fume merupakan mineral *admixture* berupa material pozzolan yang halus. *Silica fume* berperan sebagai filler dan bahan pozzoland yang bereaksi secara kimia pada campuran beton. *Silica fume* memiliki ukuran yang sangat halus berkisar antara 0,1-1 mikron, lebih kecil dibandingkan butiran semen yang berkisar antara 5-50 mikron. Dengan ukuran partikel yang sangat halus, *silica fume* memiliki kemampuan untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran semen sehingga campuran beton mengalami proses penjenuhan (lebih rapat) yang dapat meningkatkan kuat tekan pada beton (Choubdar, 2012).

Bahan Penyusun Beton:

Semen Portland

semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen, terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 2049-2015).

Agregat

Agregat merupakan bahan berbutir, seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan slag tanur (*blast furnace slag*), Dalam campuran beton, agregat berperan untuk menghemat penggunaan semen, mengurangi penyusutan beton, menghasilkan kekuatan yang tinggi, dan menghasilkan beton padat jika gradasi agregat baik. kualitas utama yang diharapkan dari agregat kasar yaitu kekuatan, bentuk butir, dan gradasi (Paul Nugraha dan Antoni, 2007).

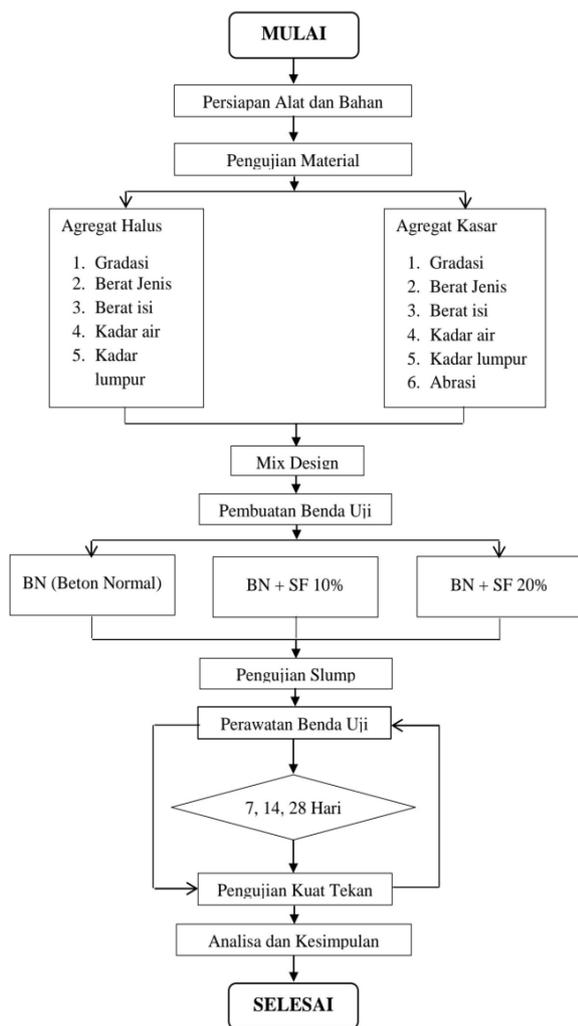
Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi

agregat, dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum dapat digunakan sebagai campuran dalam pembuatan beton.

METODE

Metode penelitian ini dilakukan dengan cara eksperimental dilaboratorium Teknik Sipil Universitas Indo Global Mandiri Palembang. Dilakukan pengujian material, mix design, pengujian slump, dan pengujian kuat tekan beton.



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

Pengujian Material

Pengujian material yang dilakukan adalah pengujian agregat kasar dan agregat halus dengan standar SNI dan ASTM C 128-136, sebagai berikut:

1. Pengujian saringan agregat.
2. Pengujian berat jenis SSD.
3. Pengujian penyerapan air pada agregat.

4. Pengujian berat isi agregat
5. Pengujian kadar lumpur
6. Pengujian abrasi untuk agregat kasar

Mix Design

Perencanaan proporsi campuran beton pada penelitian ini mengacu pada SNI 03-2834-2000 dengan mutu yang direncanakan $f_c'25$ menggunakan bahan tambah zat aditif berupa *silica fume* dengan variasi penambahan 10% dan 20%. Menggunakan cetakan silinder berdiameter 15cm dan 30cm dengan 27 sample yang akan dibuat.

Pengujian Slump

Pengujian slump merupakan uji empiris atau metode yang digunakan untuk menentukan konsistensi atau kekakuan dari campuran beton segar (*fresh concrete*). Pengujian slump dapat menunjukkan kekurangan, kelebihan, atau kecukupan air yang digunakan dalam pembuatan beton (SNI 03-1972-2008).

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur (Mulyono, 2004). Alat untuk pengujian kuat tekan yang digunakan adalah *Compression Machine*. Kuat tekan beton harus mencapai kuat tekan yang direncanakan, kuat tekan beton mengalami kenaikan seiring bertambahnya umur sampai umur 28 hari. Nilai kuat tekan beton dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut (SNI 03-1974-2011).

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots [1]$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

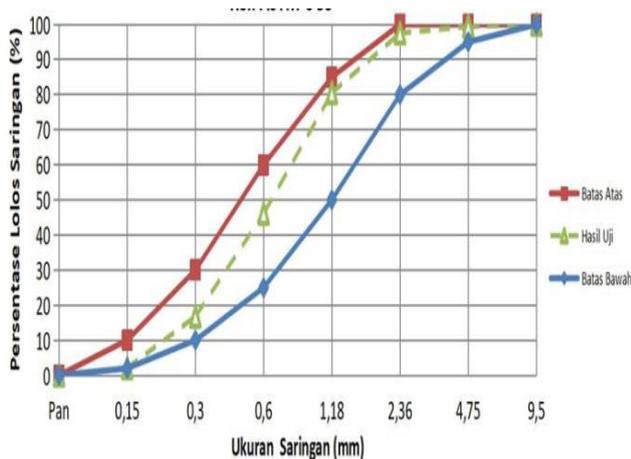
Hasil Pengujian Agregat Halus

Hasil pengujian agregat halus terdiri dari pengujian saringan, berat jenis, penyerapan air, berat isi agregat, kadar lumpur. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Status
Analisa Saringan	2,58 %	Memenuhi
Penyerapan	2,17 %	Memenuhi
Kadar Lumpur	1,93 %	Memenuhi
Berat jenis SSD	2,51 gr/cm ³	Memenuhi
Berat isi agregat	1377,33 kg/m ³	Memenuhi

Hasil pengujian saringan agregat halus nilai *fine modulus* pada penelitian ini diperoleh 2,58% dan untuk syarat SNI 1968-2010 *fine modulus* diangka 2,30 sampai dengan 3.10. Hasil pengujian berat jenis SSD diperoleh 2,51 gr/cm³, penyerapan air diperoleh 2,17% untuk syarat SNI 1970-2008 nilai berat jenis SSD Min. 2,4 gr/m³ dan penyerapan air Max. 4%. Hasil pengujian berat isi agregat diperoleh nilai 1377,33 kg/m³ syarat SNI 4804-1998 Min.1200 kg/m³. hasil pengujian kadar lumpur diperoleh nilai 1,93% syarat SNI 8321-2016 tidak boleh lebih dari 5%. Maka dengan ini hasil pengujian pada Tabel 1 telah memenuhi syarat SNI dan dapat digunakan pada campuran beton.



Gambar 2. Grafik Saringan Agregat Halus

Hasil Pengujian Agregat Kasar

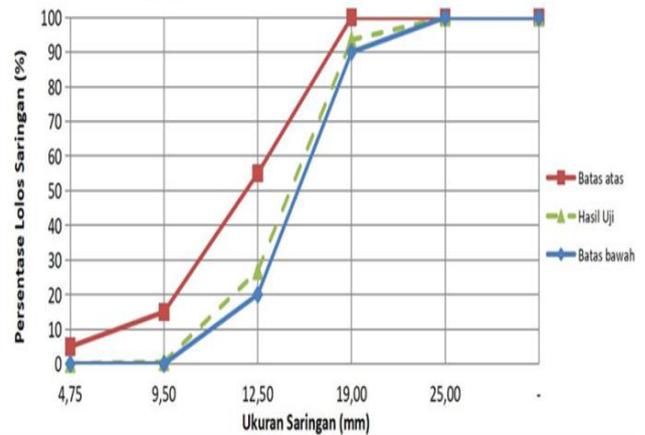
Hasil pengujian agregat kasar terdiri dari hasil pengujian saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian berat isi agregat, pengujian kadar lumpur, pengujian abrasi. Hasil pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Status
Analisa Saringan	7,79 %	Memenuhi
Penyerapan	0,84 %	Memenuhi
Kadar Lumpur	0,89 %	Memenuhi
Berat jenis SSD	2,63 gr/cm ³	Memenuhi
Berat isi agregat	1413,33 kg/m ³	Memenuhi
Abrasi	31,60%	Memenuhi

Hasil pengujian saringan agregat kasar nilai *fine modulus* pada penelitian ini diperoleh 7,79% dan untuk syarat SNI 1968-2010 *fine modulus* diangka 7,25 sampai dengan 7,90. Hasil pengujian berat jenis SSD diperoleh 2,63 gr/cm³, penyerapan air diperoleh 0,84% untuk syarat SNI 1970-2008 nilai berat jenis SSD Min. 2,4 gr/m³ dan penyerapan air Max. 4%. Hasil pengujian berat isi agregat

diperoleh nilai 1413,33 kg/m³ syarat SNI 4804-1998 Min.1200 kg/m³. hasil pengujian kadar lumpur diperoleh nilai 0,89% syarat SNI 8321-2016 1%. Maka dengan ini hasil pengujian pada Tabel 2 telah memenuhi syarat SNI dan dapat digunakan pada campuran beton.



Gambar 3. Grafik Saringan Agregat Kasar

Hasil Pengujian Slump

Pengujian *slump* digunakan untuk menentukan konsistensi atau kekakuan dari campuran beton segar (*fresh concrete*) serta untuk menentukan tingkat *workability* nya. Hasil *pengujian slump* penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Slump

Kode Benda Uji	Nilai <i>Slump</i> (cm)
BN	11
BN + SF 10%	10
BN + SF 20%	9

Pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan dari campuran beton, dapat dilihat pada Tabel 4.3 semakin banyak penambahan *silica fume* pada campuran maka nilai *slump* semakin menurun dikarenakan *silica fume* bersifat aditif yang membuat campuran beton lebih cepat mengeras dan padat.

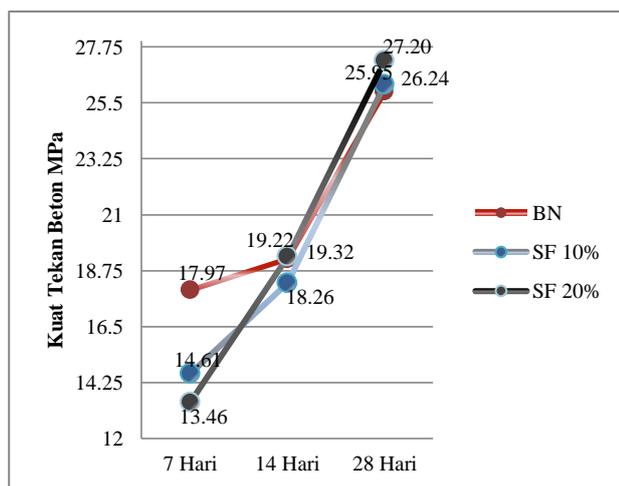
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Hasil rata-rata kuat tekan beton normal dan beton variasi dengan penambahan zat aditif berupa *silica fume* pada umur beton 7,14 dan 28 hari, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Umur benda uji	Rata-Rata Kuat Tekan Beton (MPa)		
	Beton Normal (BN)	BN + SF 10%	BN + SF 20%
7	17,97	14,61	13,46
14	19,22	18,26	19,32
28	25,95	26,24	27,20

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan kuat tekan pada umur 7 hari beton normal yang memiliki kuat tekan tertinggi sebesar 17,97 MPa sedangkan beton variasi mengalami penurunan dengan nilai kuat tekan beton sebesar 14,61 MPa dan 13,46 MPa. Pada umur 14 hari nilai kuat tekan beton normal 19,22 Mpa, beton variasi dengan penambahan *silica fume* 10% nilai kuat tekan sebesar 18,26 dan beton variasi dengan *silica fume* 20% sebesar 19,32 MPa, maka diumur 14 hari nilai kuat tekan tertinggi adalah beton variasi dengan penambahan *silica fume* 20% sebesar 19,32 Mpa, dan untuk beton dengan penambahan *silica fume* 10% mengalami penurunan dengan kuat tekan yang diperoleh sebesar 18,26 MPa. Pada umur 28 hari beton variasi sebagai beton tertinggi yang mencapai kuat tekan beton 27,20 MPa dengan bahan tambah *silica fume* 20%.



Gambar 3. Hasil Kuat Tekan Rata-Rata

Hasil grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton tidak konsisten. Dapat dilihat pada umur 14 hari beton variasi penambahan *silica fume* 10% mengalami penurunan dengan nilai dibawah beton normal hal ini bisa terjadi karna banyak faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan pada beton. Mulai dari karakteristik material pada agregat yang bervariasi seperti gradasi, bentuk, tekstur, dan sifat-sifat fisik, dapat mengakibatkan kuat tekan beton menurun, cara pengadukan yang berbeda dari satu adukan ke adukan berikutnya juga

mempengaruhi kuat tekan pada beton yang akan dihasilkan.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh penambahan *silica fume* pada beton membuat campuran beton semakin padat dan lebih cepat mengeras dari campuran beton normal hal ini terjadi karena faktor penambahan *silica fume* yang berperan sebagai bahan aditif. Pada umur 28 hari menunjukkan bahwa semakin bertambah proporsi campuran *silica fume* kuat tekan beton menjadi semakin meningkat. Untuk proporsi *silica fume* 10% memiliki nilai sebesar 26,24 MPa pada umur 28 hari dan proporsi *silica fume* 20% memiliki nilai 27,2 MPa pada umur 28 hari.
2. Kuat tekan rata-rata yang dihasilkan dari pengujian 7, 14, dan 28 hari sebagai berikut:
 - a) Beton normal umur 7 hari diperoleh nilai kuat tekan 17,97 MPa, umur 14 hari diperoleh nilai kuat tekan 19,22 MPa dan umur 28 hari diperoleh nilai kuat tekan 25,95 MPa.
 - b) Beton variasi penambahan *silica fume* 10% pada umur 7 hari diperoleh kuat tekan 14,61 MPa, umur 14 Hari 18,26 MPa, dan umur 28 hari diperoleh nilai kuat tekan 26,24 MPa.
 - c) Beton variasi penambahan *silica fume* 20% pada umur 7 hari diperoleh kuat tekan 13,46 MPa, umur 14 Hari 19,32 MPa, dan umur 28 hari diperoleh nilai kuat tekan 27,20MPa.

REFERENSI

- ASTM C 127- 01.2001. *Standarad Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Arbsorption of Coarse Aggregate*. ASTM International.
- ASTM C131-14.2014. *Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small -Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine*. ASTM International.
- ASTM C 1240-1995, *Specification For Silica Fume For Use In Hydraulic Cement Concrete And Morta*. ASTM Internasional.
- Jalal M., Pouladkhan R. A., Norouzi H., Choubdar G., 2012. *Chloride penetration, water absorption and electrical resistivity of high performance concrete containing nano silica*
<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p1-6>

- and silica fume*. Journal of American Science. 8: 278–284
- Firdaus, S. H. 2021. *Pengaruh Penggunaan Silica Fume Powder Terhadap Kuat Tekan Beton*. Isu Teknologi STT Mandala 16(2), 97-102.
- Mc Cormac, Jack C.2004.*Desain Beton Bertulang*. Erlangga:Jakarta.
- Mulyono, Tri,. 2004. *Teknologi Beton*. Andi offist.
- Risdianto, Y., Andajani, N., Widjaya, A., Handayani, K. D., & Wulandari, M. 2022. Abu Sekam Padi dan Carbon Nanotube sebagai Material Alternatif Penyusun Beton Ringan Seluler. Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi), 4(1), 14-20.
- Paul dan Antoni,. 2007. *Teknologi Beton*. Andi offset.
- SNI 03-2834-2000. *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1972-2008. *Cara Uji Slump Beton*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1974-2011, *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standardisasi Nasional
- SNI 03-2847-2013, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-8321-2016. *Spesifikasi Agregat Beton*. Badan Standarisasi Nasional.
- Sari Amalia, A. P. 2019. *Pengaruh Bahan Silica Fume Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. Universitas Bung Hatta. Padang.
- Sartika Nisumanti, D. H. 2016. *Penggunaan Sika Viscocrete 3115 Untuk Memudahkan Pekerjaan (workability Beton Mutu Tinggi K.350 dan Kuat Tekan Beton)*. 4(3), 107-113.
- Simatupang, dkk. 2017. *Pengaruh Penambahan Silica Fume terhadap Kuat Tekan Reactive Powder Concrete*, Jurnal Teknik Sipil.4(2), 219-230.
- Tjokrodinuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah

*Planning Of Wastewater Treatment Installation (IPAL) UPT Health
Laboratory, Central Kalimantan Province Health Department*

Muhammad Iqbal Maulana¹ Hendro Suyanto² Allan Restu Jaya³

¹Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya Jl. Yos Sudarso
Palangka Raya

Email : Iqballanjas12@gmail.com

²Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya Jl. Yos Sudarso
Palangka Raya

Email : hendrosuyanto09@gmail.com

³Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya Jl. Yos Sudarso
Palangka Raya

Email : allanrestujaya@gmail.com

Abstrak

Laboratorium merupakan wadah untuk membuktikan sesuatu yang harus dilakukan melalui suatu percobaan, yang menghasilkan limbah cair maupun limbah padat yang seharusnya diolah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terlebih dahulu sebelum dibuang kembali. Limbah yang tidak tertangani dengan baik akan mencemari lingkungan di sekitar Laboratorium tersebut. Laboratorium ini sudah memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang dibangun tahun 2021, namun pengolahan tidak optimal dikarenakan aliran debit air limbah di laborarotium terlalu rendah sehingga perlunya perencanaan ulang pada IPAL. Tahapan perencanaan ini meliputi pada analisis perhitungan air bersih, perhitungan air limbah yang dikeluarkan, perhitungan desain kapasitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), dan perhitungan rencana anggaran biaya. Dari hasil perencanaan didapat kapasitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebesar 3 m³/hari, dilakukan perbandingan dengan kondisi eksisting, sedangkan untuk biaya yang telah direncanakan sebesar Rp.88.680.000,00 dengan perencanaan ini diharapkan hasil olahan dapat memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan.

Kata Kunci: IPAL; laboratorium; perencanaan

Abstract

The laboratory is a place to prove something that must be done through an experiment, which produces liquid waste and solid waste that should be treated at the Waste Water Treatment Plant (WWTP) before being discharged again. Waste that is not handled properly will pollute the environment around the laboratory. This laboratory already has a Waste Water Treatment Plant (IPAL) which was built in 2021, but the processing is not optimal because the flow of wastewater discharge in the laboratory is too low, so it is necessary to redesign the WWTP. This planning stage includes analysis of clean water calculations, calculation of waste water released, calculation of the design capacity of the Waste Water Treatment Plant (WWTP), and the calculation of the budget plan. From the planning results, the capacity of the Waste Water Treatment Plant (WWTP) is 3 m³/day, a comparison is made with the existing conditions, while for the planned cost of Rp.88.680.000,00 With this planning, it is hoped that the processed products can meet the quality standards that have been set.

Keywords: IPAL; laboratorium; planning

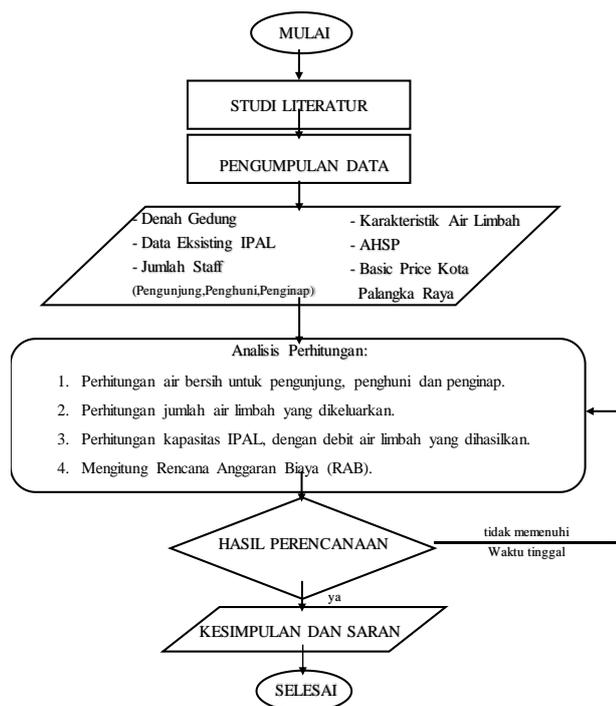
PENDAHULUAN

Laboratorium kesehatan adalah sarana kesehatan yang melaksanakan pengukuran, penetapan dan pengujian terhadap bahan yang berasal dari manusia atau bahan bukan berasal dari manusia untuk penentuan jenis penyakit, penyebab penyakit, kondisi kesehatan atau faktor yang dapat berpengaruh pada kesehatan perorangan dan masyarakat (Menurut Keputusan Menteriin)

Informasi yang didapat sehubungan dengan jumlah penghuni/pegawai UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah adalah berjumlah 31 Jiwa, 31 jiwa ini adalah pengguna rutin sanitasi serta menghasilkan air limbah. Air limbah yang dihasilkan UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah, ialah Limbah yang bersifat non medis. proses. Air limbah laboratorium dapat mencemari air permukaan melalui proses peresapan air dalam tanah. Berdasarkan peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor :18 Tahun 1999, bahwa unsur yang terkandung dalam air limbah Laboratorium termasuk senyawa bahan berbahaya dan beracun(B3).

METODE

Tahapan Perencanaan adalah sebagai berikut



Gambar 1. Bagan Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Ruangan Penghasil Limbah Cair

Tabel 1. Data Ruangan Penghasil Limbah Cair

No.	Nama Ruangan
1	Ruang Atomic Absobtion Spectrophotometer
2	Lab Kimia Lingkungan
3	Ruang Adm Media & Regensia
4	Ruang Lab Kimia Klinis
5	Ruang Patologi
6	Ruang Ganti Baju
7	Ruang Tata Usaha
8	Ruang Kepala UPT
9	Ruang Keuangan
10	Ruang Pengambilan Sample

Sumber : Hasil survey 2022

Data Penghuni, Peningap, Pengunjung

Tabel 2. Data Jumlah Orang

NO.	Jenis Orang	Jumlah
1	Penghuni	31 Jiwa
2	Peningap	2 Jiwa
3	Pengunjung	5 Jiwa

Sumber : Hasil survey 2022

Penaksiran Kebutuhan Air Bersih Penghuni, Peningap, Pengunjung Penaksiran Kebutuhan Air Bersih Untuk Penghuni

Berikut perhitungan air bersih untuk penghuni
Jumlah penghuni = 31 Jiwa

Pemakaian air rata-rata orang perhari untuk Laboratorium = 100-200 liter (SNI 03-6481-2000)

Dari hasil interview dipakai 100 liter/hari untuk pemakaian air rata-rata per orang.

$$= 31 \text{ jiwa} \times 100 \text{ ltr} \\ = 3100 \text{ ltr/hari}$$

Jadi, dari hasil perhitungan di atas didapatkan kebutuhan air bersih untuk penghuni adalah 3100 ltr/hari atau dikonversikan menjadi 3,1 m³/hari.

Penaksiran Kebutuhan Air Bersih Untuk Peningap

Berikut perhitungan air bersih untuk peningap :

Jumlah peningap = 2 Jiwa

Pemakaian air rata-rata orang perhari untuk Laboratorium = 100-200 liter (SNI 03-6481-2000)

Dari hasil interview dipakai 100 liter/hari untuk pemakaian air rata-rata per orang.

$$= 2 \text{ jiwa} \times 100 \text{ liter} \\ = 200 \text{ ltr/hari}$$

Jadi, dari hasil perhitungan di atas didapatkan kebutuhan air bersih untuk penginap adalah 200 ltr/hari dikonversikan menjadi 0,2 m³/hari

Penaksiran Kebutuhan Air Bersih Untuk Pengunjung

Berikut perhitungan air bersih untuk pengunjung :

Jumlah pengunjung = 5 Jiwa

Pemakaian air rata-rata orang perhari untuk Laboratorium = 100-200 Ltr (SNI 03-6481-2000)

Dari hasil interview dipakai 100 liter/hari untuk pemakaian air rata-rata per orang.

$$= 5 \text{ jiwa} \times 100 \text{ liter} \times 5 \%$$

$$= 36 \text{ ltr/hari}$$

Jadi, dari hasil perhitungan di atas didapatkan kebutuhan air bersih untuk penghuni adalah 36 ltr/hari atau dikonversikan menjadi 0,036 m³/hari.

Tabel 2. Rekapitulasi Kebutuhan Air

NO.	Jenis Pemakai	Kebutuhan Air
		(ltr/hari)
1	Penghuni	3100
2	Penginap	200
3	Pengunjung	36
JUMLAH		3336

Sumber: hasil perhitungan 2022

Jangka waktu pemakaian rata-rata sehari menurut Soufyan Moh. Noerbambang dan Taeko Morimura (2005) untuk jenis Laboratorium adalah 8 Jam. Jadi pemakaian air rata-rata selama 8 jam :

$$Q_h = Q/8$$

$$Q_h = 3336/8$$

$$Q_h = 417 \text{ ltr/jam} \approx 0,417 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pemakaian air pada jam puncak menggunakan rumus :

$$Q_{h \max} = Q_{hm} \times fjm \text{ (jimmy S. juwana, 2004)}$$

$Q_{h \max} =$
pemakaian air pada harian maksimum (m³/hari)

fjm = faktor jam maksimum : 1,5 sampai 4.

Jadi pemakaian air pada jam puncak dengan c1 adalah 2.

$$\begin{aligned} Q_{h \max/\text{jam}} &= Q_{h \max/\text{jam}} \times fjm \\ &= 417 \times 2 \\ &= 834 \frac{\text{ltr}}{\text{jam}} \approx \\ &0,834 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Untuk pemakaian air pada jam puncak dengan c2 adalah 3.

$$\begin{aligned} Q_{h \max/\text{menit}} &= Q_{h \max/\text{jam}} \times fjm \\ &= 417 \times 3/60 \\ &= 0,02085 \text{ ltr/menit} \end{aligned}$$

Perhitungan Penggunaan Air Buangan/ Air limbah

Untuk Penghuni, Maka :

$$= Q \times 80\%$$

$$= 3100 \times 80\%$$

$$= 2480 \text{ ltr/hari} \approx 2,48 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Untuk Penginap, Maka :

$$= Q \times 80\%$$

$$= 200 \times 80\%$$

$$= 120 \frac{\text{ltr}}{\text{hari}} \approx 0,16 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}$$

Untuk Pengunjung, Maka :

$$= Q \times 80\%$$

$$= 36 \times 80\%$$

$$= 28,8 \frac{\text{ltr}}{\text{hari}} \approx 0,228 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}$$

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Debit Air Buangan/Limbah

No.	Jenis Pemakai	Kebutuhan Air	Debit Air
		(ltr/hari)	Limbah (ltr/hari)
1	Penghuni	3100	2480
2	Penginap	200	160
3	Pegunjung	36	28.8
Jumlah		3336	2668,8

Sumber: hasil perhitungan 2022

Berdasarkan data debit air limbah UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah di atas, dapat disimpulkan bahwa debit air buangan /limbah yang di hasilkan sebesar 2668,8 ltr/hari. Dikarenakan kenaikan beban atau ketika sedang ada permintaan lebih tidak terlalu signifikan sehingga di bulatkan menjadi 3 m³/hari.

Desain IPAL yang di rencanakan

Kapasitas Rencana Desain adalah sebagai berikut:

- Kapasitas Pengolahan : 3 m³/hari. = 0,125 m³/jam.
- Sistem Proses IPAL: Biofilter Anaerob – Aerob
- BOD Air Limbah : 20,06 mg/l (Sumber: Hasil Uji Air Limbah)
- pH : Normal

Desain Bak Pemisah Lemak/Minyak

Kriteria perencanaan : Retention Time ± 1-3 jam
Debit air limbah : 3 m³ per hari = 0,125 m³ /jam

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p7-12>

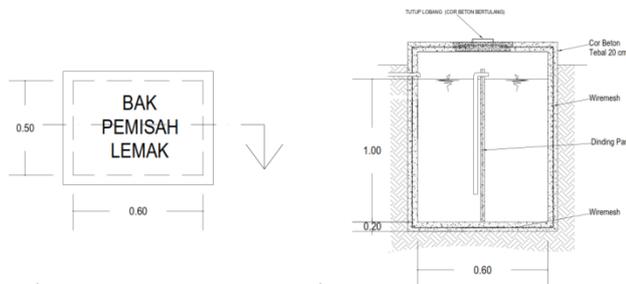
Volume Efektif Bak = $0,125 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2,5 \text{ jam} = 0,312 \text{ m}^3$

Direncanakan Dimensi Bak :

Panjang Efektif	= 0,6 m
Lebar	= 0,5 m
Kedalaman air	= 1,0 m
Ruang Bebas	= 0,2 m
Volume Efektif	= $0,30 \text{ m}^3$

Cek : Waktu tinggal air limbah di dalam bak = $0,312 \text{ m}^3 / 0,125 \text{ m}^3/\text{jam} = 2,4 \text{ jam}$

Sketsa desain bak pemisah lemak dapat dilihat seperti pada Gambar 2



Gambar 2. Bak pemisah lemak (Tampak Atas dan Potongan)

Desain Bak Ekualisasi

Waktu Tinggal di dalam Bak (HRT) = 5-8 Jam. Diambil asumsi 5.5 jam untuk waktu tinggal.

Volume bak Yang diperlukan = $\frac{5.5}{24} \text{ hari} \times 3 \text{ m}^3 / \text{hari} = 0,7 \text{ m}^3$

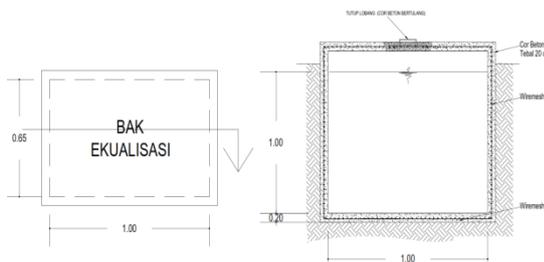
Direncanakan Dimensi Bak :

Kedalaman bak	= 1,0 m
Lebar bak	= 0,65 m
Panjang bak	= 1,0 m
Tinggi Ruang Bebas	= 0,2 m

Cek Waktu Tinggal :

HRT di dalam Bak = $\frac{(1 \text{ m} \times 0,65 \text{ m} \times 1 \text{ m})}{3 \text{ m}^2 / \text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} = 5,2 \text{ jam}$

Desain bak ekualisasi ditunjukkan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Bak Ekualisasi (Tampak Atas dan Potongan)

Desain Bak Penampung Awal

Debit air limbah: $3 \text{ m}^3 / \text{hari} = 0,13 \text{ m}^3/\text{jam}$

BOD masuk = 21,06 mg/l

Efisiensi = 20 % (Sumber: Tabel 2.5)

BOD keluar = 16,84 mg/l (21,06 mg/l – 20%)

Waktu tinggal di dalam bak = 5 jam

Volume bak yang diperlukan = $\frac{5}{24} \times 3 \text{ m}^3 = 0,6 \text{ m}^3$

Direncanakan Dimensi Bak :

Lebar	= 0,8 m
Kedalaman air efektif	= 1,0 m
Panjang	= 0,75 m
Tinggi ruang bebas	= 0,2 m

Volume efektif = $0,75 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} = 0,6 \text{ m}^3$

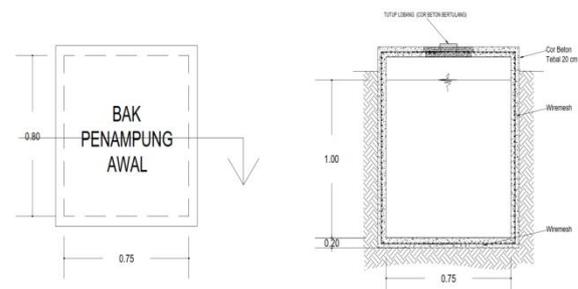
Cek waktu tinggal (*retention time*) rata-rata = $\frac{0,6 \text{ m}^3}{0,13 \text{ m}^3/\text{jam}} = 4,6 \text{ jam}$

Beban permukaan (*surface loading*) rata-rata

= $\frac{3 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,75 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}} = 5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hari}$

Standar JWWA:

Beban permukaan (*surface loading*) = 20 – 50 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$ (JWWA)



Gambar 4. Bak Pengendap Awal (Tampak Atas dan Potongan)

Desain Biofilter Anaerob

BOD masuk = 16,84 mg/l

Efisiensi = 66,7 % (Sumber: Tabel 2.5)

BOD keluar = 5,60 mg/l (16,84 mg/l – 66,7%)

Debit limbah = $3 \text{ m}^3 / \text{hari}$

Menurut Nusa Idaman. Said, BPPT, 2002

Untuk pengolahan air dengan proses biofilter standar beban BOD per volume media 0,4 – 4,7 kg BOD/ $\text{m}^3 \cdot \text{hari}$. ditetapkan beban BOD yang digunakan adalah 0,75 kg BOD/ $\text{m}^3 \cdot \text{hari}$.

Beban BOD di dalam air limbah = $3 \text{ m}^3/\text{hari} \times 560 \text{ g}/\text{m}^3 = 1,68 \text{ kg}/\text{hari}$

Volume media yang diperlukan = $\frac{1,68 \text{ kg}/\text{hari}}{0,75 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot \text{hari}} = 2,2 \text{ m}^3$

Volume media = Berdasarkan Departemen PU, Pd-T-04-2005-C, 2005 sebesar 67% dari volume efektif

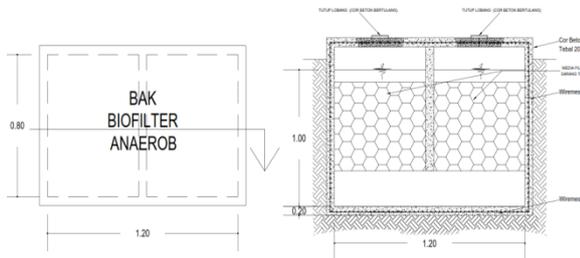
Volume reaktor yang diperlukan = $100/60 \times 2,2 \text{ m}^3 = 3,6 \text{ m}^3$

Waktu tinggal di dalam reaktor anaerob = $\frac{3,6 \text{ m}^3}{3 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} = 28,8 \text{ jam}$

Dimensi:

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p7-12>

Lebar = 0,8 m
Kedalaman air = 1,0 m
Panjang = 1,2 m
Tinggi ruang bebas = 0,2 m
Volume total = 1,2 m x 1,0 m x 0,8 m = 1,0 m³
Jumlah ruang = dibagi menjadi 2 ruangan
Cek waktu tinggal (*retention time*) rata-rata
$$= \frac{1,0 \text{ m}^3}{0,13 \text{ m}^3/\text{jam}} = 7.6 \text{ jam}$$



Gambar 5. Bak Biofilter Anaerob (Tampak Atas dan Potongan)

Desain Biofilter Aerob
Perhitungan Dimensi Bak

Debit limbah = 3 m³/ hari = 0,125 m³/ jam
BOD masuk = 5,60 mg/l
Efisiensi = 60 % (Sumber: Tabel 2.5)
BOD keluar = 2,24 mg/l (5,60 mg/l – 60%)
Beban BOD di dalam air limbah = 3 m³/ hari x 224 g/m³ = 672 g/hari = 0,672 kg/hari
Jumlah BOD yang dihilangkan = 0,8 x 0,672 kg/hari = 0,5378 kg/ hari
Beban BOD per volume media yang digunakan = 0,75 kg/m³.hari
Volume media yang diperlukan = $\frac{0,5378 \text{ kg/hari}}{0,75 \text{ kg/m}^3.\text{hari}} = 0,7 \text{ m}^3$.

Volume media = 40% dari volume reaktor →
Volume reaktor biofilter aerob yang diperlukan = $\frac{100}{40} \times 0,7 \text{ m}^3 = 1,75 \text{ m}^3$

Biofilter aerob terdiri dari dua ruangan yakni ruang aerasi dan ruang bed media.

Dimensi reaktor biofilter aerob ditetapkan:

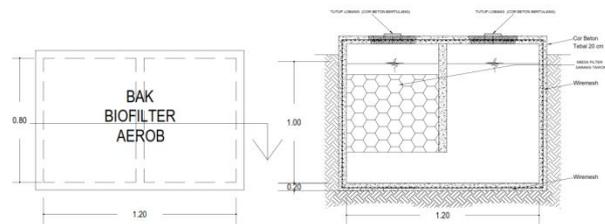
Ruang aerasi dan bed media

Lebar = 0,8 m
Kedalaman air efektif = 1,0 m
Panjang = 1,2 m
Tinggi ruang bebas = 0,2 m

Total volume efektif biofil aerob = 1,2 m x 1,0 m x 0,8 m = 1,0 m³

Cek:

Waktu tinggal total rata-rata = $\frac{1,0}{3} \times 24 \text{ jam} = 8 \text{ jam}$



Gambar 6. Bak Biofilter Aerob (Tampak Atas dan Potongan)

Desain Bak Penampung Akhir

Debit Limbah = 3 m³/hari
BOD Masuk = 2,24 mg/l
BOD keluar = 2,24 mg/l
Waktu Tinggal Di dalam Bak = 5 jam

Volume bak yang diperlukan = $\frac{5}{24} \times 3 \text{ m}^3 = 0,6 \text{ m}^3$

Dimensi :

Lebar = 0,8 m
Kedalaman air efektif = 1,0 m
Panjang = 0,8 m
Tinggi ruang bebas = 0,2 m

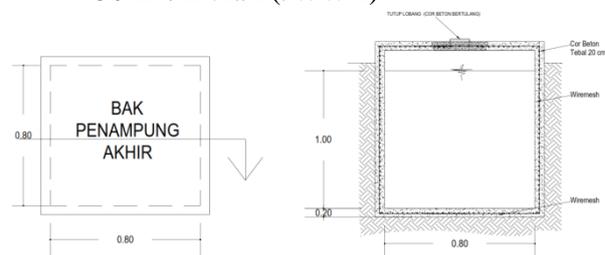
Volume Efektif = 0,8 m x 1,0 m x 0,8 m = 0,64 m³

Cek Waktu Tinggal (*Retention Time*) rata-rata = $\frac{0,64 \text{ m}^3}{0,13 \text{ m}^3/\text{jam}} = 4,9 \text{ jam}$

Beban permukaan (*Surface Loading*) = $\frac{3 \text{ m}^3}{0,8 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}} = 4.6 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$

Standar JWJA:

Beban permukaan (*surface loading*) = 20 – 50 m³/m².hari (JWJA)



Gambar 7. Bak Penampung Akhir (Tampak Atas dan Potongan)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisis Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), didapatkan kesimpulan sebagai berikut merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah, dengan cara menghitung debit buangan air limbah. Setelah diketahui debit air limbahnya maka dapat diketahui kapasitas IPAL.

Eksisting Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah, Kapasitas pengolahannya sebesar 5 m³/hari.

Dari Hasil Analisis perhitungan didapat kapasitas pengolahan bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebesar 3 m³/hari. Hasil perhitungan untuk menentukan dimensi : Bak pemisah lemak/minyak = 0,312 m³, Dimensi Bak pemisah lemak/minyak (0,60 m x 0,5 m x 1,0 m). Bak Ekualisasi = 0,7 m³, Dimensi Bak Ekualisasi (1 m x 0,65 m x 1,0 m). Bak Penampung Awal = 0,6 m³. Dimensi Bak penampung awal (0,8 m x 1,0 m x 0,75 m). Bak Biofilter Anerob = 1,0 m³, Dimensi Bak Anerob (0,8 m x 1,0 m x 1,2 m). Bak Biofilter Aerob = 1,0 m³, Dimensi Bak Aerob (0,8 m x 1,0 m x 1,2 m). Bak Penampung Akhir = 0,6 m³, Dimensi Bak penampung awal (0,8 m x 1,0 m x 0,8 m).

Rencana anggaran biaya untuk bangunan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) untuk UPT Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Tengah adalah sebesar Rp.88.680.000,00 (delapan puluh delapan juta enam ratus delapan puluh ribu rupiah).

REFERENSI

- Anonim. 1996. Kriteria Perencanaan Pengelolaan Air. Ditjen. Cipta karya Dinas Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1996. Kriteria Perencanaan Pengelolaan Air. Ditjen. Cipta karya Dinas Pekerjaan Umum.
- Anonim. 2017. Tata Cara Perencanaan Tangki Septik. SNI 2398-2017. Badan Standarisasi Nasional.
- Arvin, E., P. Harremoes. "Concepts and Models For Biofilm Reactor Performance". *Water Science and Technology*. Vol. 22, No. ½.P.171-192. 1990.
- Herlambang, A, dkk. 2002. Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Jakarta Pusat: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi*.
- Noerbambang, SM, Morimura, T. 1993. Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing. *Jakarta: PT Pradnya Paramita*.
- Todar, E. Y. T., Nomeritae, N., & Kamiana, I. M. 2021. Perubahan Parameter Hidrolis Pada Drainase Primer Dengan Dinding Alami Akibat Sampah Padat. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(2), 71-76.
- Said, INI, Wudayat, W. 2013. Teknologi Pengolahan air Limbah Rumah Sakit dengan Proses Biofilter Anaerob-aerob. *Jakarta Pusat: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi*.
- Said, INI, Widayat, W. 2019. Teknologi dan Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob. *Yogyakarta: Gosyen Publishing*
- Yenti, 2022. Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit ST Carolus Jakarta. Depok : Jakarta.

Analisis Kinerja Lalu Lintas dan Tingkat Kebisingan akibat aktivitas Antar Jemput Sekolah di masa New Normal (Studi Kasus : Ruas Jalan Dr. Siwabessy Ambon)

Analysis of Traffic Performance and Noise Level due to School Shuttle activities during the New Normal period (Case Study: Jalan Dr. Siwabessy Ambon)

Richrisna Helena Waas¹, Vemara Matitaputty¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Maluku, Jln. OT. Pattimaipauw Talake
Ambon.

Email : richrisnawaas@gmail.com

Abstrak

Ruas Jalan Dr Siwabessy Ambon, merupakan jalan Arteri Sekunder dengan status Jalan Propinsi, melayani akses komersial dan juga pendidikan sangat ramai dengan aktivitas pendidikan di masa new normal pasca covid 19. Berlangsungnya kegiatan pendidikan di ruas jalan ini untuk jam puncak pagi dan jam puncak siang mengakibatkan dampak pergerakan lalu lintas dan kebisingan yang padat karena pergerakan antar jemput siswa maupun guru dan pegawai di setiap sekolah yang berada di ruas jalan ini. Tujuan dari penelitian ini adalah Menganalisis Kinerja Lalu Lintas dan tingkat kebisingan Akibat Aktivitas antar jemput sekolah di masa New Normal pada Ruas Jalan Dr. Siwabessy Ambon. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah berdasarkan standar PKJI 2014 untuk menganalisis kinerja Lalu lintas dan aplikasi Sound Level Meter untuk menganalisis Tingkat Kebisingan. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa kinerja lalu lintas dalam hal ini nilai hambatan samping di ruas jalan Dr Siwabessy dalam kategori sedang, nilai derajat kejenuhan dengan nilai maksimum 0,73 dengan nilai LOS C. Berdasarkan hasil rata-rata nilai kebisingan Lalu Lintas di ruas jalan Dr Siwabessy Ambon yang nilainya berkisar antara 71-73 dB. Nilai ini menunjukkan kebisingan yang cukup tinggi dan melebihi standar baku mutu kebisingan untuk wilayah sekolah dan perdagangan serta jasa yaitu 50 – 70 dB.

Kata Kunci: Jalan kota; kinerja; lalu lintas; kebisingan;

Abstract

Jalan Dr Siwabessy Ambon, is a Secondary Arterial road with Provincial Road status, serving commercial access and also education which is very busy with educational activities during the new normal post-covid 19 period. The ongoing educational activities on this road section during morning peak hours and afternoon peak hours resulted in the impact of traffic movements and heavy noise due to the movement of students and teachers and employees in every school located on this road section. The purpose of this study is to analyze traffic performance and noise levels as a result of school pick-up activities during the New Normal period on Jalan Dr. Siwabessy Ambon. The method used in this study is based on the 2014 PKJI standard for analyzing traffic performance and the Sound Level Meter application for analyzing noise levels. The research results show that the traffic performance in this case the value of the side resistance on the Dr Siwabessy road section is in the medium category, the degree of saturation value with a maximum value of 0.73 with a LOS C value. Based on the results of the average traffic noise value on the Dr Siwabessy road section Ambon whose values range from 71-73 dB. This value indicates quite high noise and exceeds the noise quality standards for schools and trade and services areas, namely 50 – 70 dB

Keywords: City roads; performance; traffic; noise

PENDAHULUAN

Peningkatan volume arus lalu lintas akan menyebabkan perubahan perilaku lalu lintas suatu jalan khususnya di jalan per kotaan. Peningkatan ini diakibatkan oleh bertambahnya jumlah penduduk dan kebutuhan akan sarana transportasi sehingga dibutuhkan ruang yang cukup untuk prasarana lalu lintas seperti jalan, lokasi parkir dan sebagainya. Adanya kegiatan transportasi maka terjadilah pergerakan arus lalu lintas. Berdasarkan ilmu rekayasa lalu lintas yang dipahami untuk mempelajari suatu perilaku arus lalu lintas terdapat tiga variabel utama yang sangat menentukan yaitu Volume (flow), kecepatan (speed), serta Kepadatan (density). Dari hubungan ketiga variabel tersebut dapat diketahui arus lalu lintas maksimum dengan kata lain kapasitas serta Kinerja lalu lintas jalan tersebut. (Lalenoh, 2015)

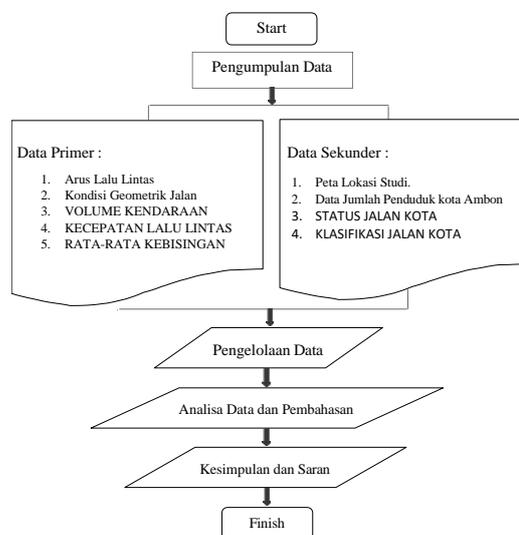
Meningkatnya arus lalu lintas pada ruas jalan selain mengakibatkan kemacetan juga berdampak pada polusi udara dan kebisingan. Kebisingan yang ditimbulkan bukan hanya karena bunyi knalpot kendaraan bermotor yang melintas tetapi juga dapat disebabkan oleh gesekan antara jalan dan ban kendaraan dan bunyi klakson kendaraan. Pada level tertentu suara-suara tersebut masih dapat ditoleransi oleh masyarakat, dalam artian suara yang diakibatkan masih tidak menimbulkan suatu gangguan kenyamanan dan gangguan lainnya terhadap masyarakat, akan tetapi pada tingkat yang lebih tinggi suara yang ditimbulkan oleh kendaraan-kendaraan transportasi tersebut sudah dapat dikatakan sebagai suatu gangguan yang disebut polusi suara atau kebisingan. (Heryatna, 2017)

Ruas Jalan Dr Siwabessy kec. nusaniwe kota Ambon, merupakan jalan Arteri Sekunder dengan status Jalan Propinsi. Ruas jalan ini lebih banyak melayani akses komersial dan juga pendidikan. Terkhususnya untuk akses pendidikan ruas jalan ini sangat ramai dengan aktivitas pendidikan di masa new normal pasca covid 19, dimana pada masa ini aktivitas pendidikan sudah berjalan dengan sistem tatap muka 100 % dengan tetap menerapkan protokol kesehatan covid 19. Berlangsungnya kegiatan pendidikan di ruas jalan ini untuk jam puncak pagi dan jam puncak siang mengakibatkan dampak pergerakan lalu lintas yang padat karena pergerakan antar jemput siswa maupun guru dan pegawai di setiap sekolah yang berada di ruas jalan ini. Aktivitas ini juga mengakibatkan kepadatan dan kebisingan yang cukup mengganggu kinerja lalu lintas pada ruas jalan tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah Menganalisis Kinerja Lalu Lintas dan tingkat kebisingan Akibat Aktivitas antar jemput sekolah di masa New Normal pada Ruas Jalan Dr. Siwabessy Ambon.

METODE

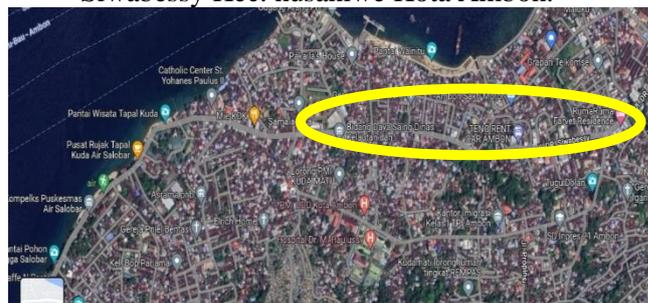
Tahapan Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini di Ruas Jalan Dr. Siwabessy Kec. nusaniwe Kota Ambon.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Pengumpulan Data

Data Primer :

1. Data Volume Kendaraan
2. Data Hambatan Samping (Kendaraan Parkir, Kendaraan Lambat, Kendaraan Masuk Keluar, Pejalan Kaki)
3. Data Geometrik Jalan

Data Sekunder :

1. Peta Jaringan Jalan dari Google Earth
2. Data Jumlah Penduduk Kota Ambon dari BPS (Ambon dalam Angka 2021)

Teknik Analisis Data

Analisis Data berdasarkan PKJI 2014 untuk menganalisis Kinerja Lalu Lintas dengan urutan analisis sebagai berikut :

Kapasitas Jalan

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum melalui suatu titik di jalan yang dapat dipertahankan per satuan jam pada kondisi tertentu. Untuk jalan dua-lajur dua-arah, kapasitas ditentukan untuk arus dua arah (kombinasi dua arah), tetapi untuk jalan dengan banyak lajur, arus dipisahkan per arah dan kapasitas ditentukan per lajur. Persamaan dasar untuk menentukan kapasitas adalah sebagai berikut (PKJI,2014) :

$$C = C_o \times F_{CW} \times F_{CSP} \times F_{CSF} \times F_{CCS} \dots\dots\dots [1]$$

dimana:

- C = Kapasitas (smp/jam)
 - C_O = Kapasitas Dasar (smp/jam)
 - F_{CW} = Faktor penyesuaian lebar jalan
 - F_{CSP} = Faktor penyesuaian pemisahan arah (hanya untuk jalan tak terbagi)
 - F_{CSF} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan/kereb
 - F_{CCS} = Faktor penyesuaian ukuran kota
- Kapasitas dasar (C_O) diperoleh menurut tipe jalan, sesuai pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Kapasitas Dasar Jalan Perkotaan (C_O)

Tipe Jalan	Kapasitas dasar	Keterangan
Empat lajur terbagi atau jalan satu - arah	1650	Per lajur
Empat lajur tak terbagi	1500	Per lajur
Dua lajur tak terbagi	2900	Total dua arah

(Sumber : PKJI, 2014)

Kecepatan Arus Bebas

Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, nilai kecepatan arus bebas jenis kendaraan ringan ditetapkan sebagai kriteria dasar untuk kinerja segmen jalan, nilai kecepatan arus bebas untuk kendaraan berat dan sepeda motor ditetapkan hanya sebagai referensi. Kecepatan arus bebas untuk kendaraan ringan biasanya 10-15% lebih tinggi dari tipe kendaraan lainnya. Kecepatan arus bebas dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$V_B = (V_{BD} + V_{BL}) \times FV_{BHS} \times FV_{BUK} \dots\dots\dots [2]$$

Keterangan:

- V_B = Kecepatan arus bebas untuk KR (km/jam)
- V_{BD} = Kecepatan arus bebas dasar untuk KR
- V_{BL} = Nilai penyesuaian kecepatan akibat lebar jalan (km/jam)
- F_{V_{BHS}} = Faktor penyesuaian kecepatan bebas akibat hambatan samping
- F_{V_{BUK}} = Faktor penyesuaian kecepatan bebas untuk ukuran kota

Hambatan Samping

Menurut PKJI tahun 2014, hambatan samping adalah kegiatan di samping (sisi jalan) yang berdampak terhadap kinerja lalu lintas. Aktifitas pada sisi jalan sering menimbulkan konflik yang berpengaruh terhadap lalu lintas terutama pada kapasitas jalan dan kecepatan lalu lintas jalan perkotaan. Kriteria Hambatan samping dapat dilihat pada Tabel 2 berikut

Tabel 2. Kriteria Hambatan Samping (H_s)

Kelas hambatan samping	Nilai frekuensi kejadian (dikedua sisi) dikali bobot	Ciri-ciri khusus
Sangat rendah (SR)	<100	Daerah permukiman, tersedia jalan lingkungan (<i>frontage road</i>)
Rendah (R)	100 – 299	Daerah permukiman, ada beberapa angkutan umum
Sedang (S)	300 – 499	Daerah industry ada beberapa toko di sepanjang sisi jalan
Tinggi (T)	500 – 899	Daerah komersil ada aktivitas sisi jalan yang tinggi
Sangat Tinggi (ST)	>900	Daerah Komersil ada aktivitas pasar sisi jalan

(Sumber : PKJI, 2014)

Derajat Kejenuhan (D_j)

D_j adalah ukuran utama yang digunakan untuk menentukan tingkat kinerja segmen jalan (PKJI,2014). Nilai D_j menunjukkan kualitas kinerja arus lalu lintas dan bervariasi antara nol sampai dengan satu. Nilai yang mendekati nol menunjukkan arus yang tidak jenuh yaitu kondisi arus yang lengang dimana kehadiran kendaraan lain tidak mempengaruhi kendaraan yang lainnya. Nilai yang mendekati 1 menunjukkan kondisi arus pada kondisi kapasitas, kepadatan arus sedang dengan kecepatan arus tertentu yang dapat

dipertahankan selama paling tidak satu jam. D_j dihitung menggunakan Persamaan 2.

$$D_j = Q/C \dots \dots \dots [3]$$

Keterangan:

D_j = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas, skr/jam

C = Kapasitas, skr/jam

Level Off Service (LOS)

Level of Service (LOS) dapat diketahui dengan melakukan perhitungan perbandingan antara arus lalu lintas dengan kapasitas dasar jalan (Q/C). Adapun standar nilai LOS dalam menentukan klasifikasi jalan adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Standar Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat Pelayanan	Rasio Q/C	Karakteristik
A	<0.60	Arus bebas, volume rendah dan kecepatan tinggi
B	0,6<Q/C<0,7	Arus stabil, kecepatan sedikit terbatas oleh lalu lintas
C	0,7<Q/C<0,8	Arus stabil, kecepatan dapat dikontrol lalu lintas
D	0,8<Q/C<0,9	Arus mulai tidak stabil, kecepatan rendah dan berbeda-beda, volume mendekati kpsitas
E	0,9<Q/C<1	Arus tidak stabil, kecepatan rendah dan berbeda-beda, volume mendekati kpsitas
F	>1	Arus yang terhambat, kecepatan rendah, volume diatas kapasitas, sering terjadi kemacetan.

Setelah melakukan Analisis Kinerja Lalu lintas, kemudian dilakukan analisis tingkat kebisingan dengan cara pemakaian dalam menggunakan *Sound Meter* berbasis *smartphone android* adalah sebagai berikut :

1. Pertama-tama buka aplikasi alat ukur *sound meter* yang akan digunakan untuk mengukur.
2. Kemudian klik tombol *play* pada aplikasi tersebut.
3. Setiap area pengukuran dilakukan pengamatan selama 15 menit dengan kurang lebih 4 kali pembacaan yang dilakukan saat *peek hour* pada pagi hari, siang hari, dan sore hari.
4. Hasil pengukuran berupa angka yang ditunjukkan pada layar *smartphone*

5. Tulis hasil pengukuran dan hitung rata-rata kebisingannya, maka akan diketahui hasil pengukuran dari kebisingan tersebut.

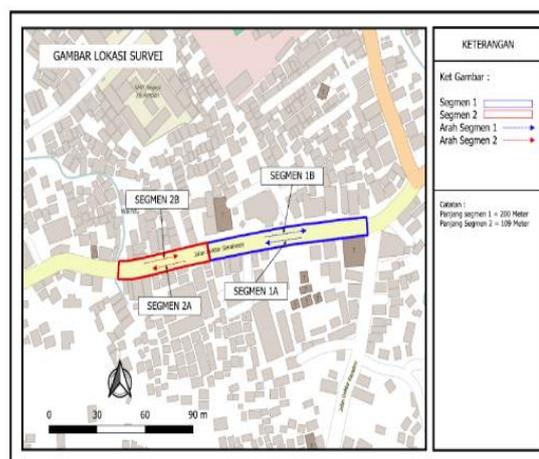
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kinerja lalu Lintas

1. Geometrik Jalan

Ruas Jalan Dr Siwabessy kec. Nusaniwe kota Ambon, merupakan jalan Arteri Sekunder dengan status Jalan Propinsi. Ruas jalan ini lebih banyak melayani akses komersial dan juga pendidikan. Terkhususnya untuk akses pendidikan ruas jalan ini sangat ramai dengan aktivitas pendidikan di masa new normal pasca covid 19, dimana pada masa ini aktivitas pendidikan sudah berjalan dengan sistem tatap muka 100 % dengan tetap menerapkan protokol kesehatan covid 19. Berlangsungnya kegiatan pendidikan di ruas jalan ini untuk jam puncak pagi dan jam puncak siang mengakibatkan dampak pergerakan lalu lintas yang padat karena pergerakan antar jemput siswa maupun guru dan pegawai di setiap sekolah yang berada di ruas jalan ini. Aktivitas ini juga mengakibatkan kepadatan dan kebisingan yang cukup mengganggu kinerja lalu lintas pada ruas jalan tersebut.

Kondisi Geometrik jalan sebagai salah satu parameter dalam analisis tingkat kinerja lalu lintas yang menampilkan data Lebar masing-jalur yang ditinjau di lokasi studi. Geometrik jalan Dr. Siwabessy Ambon dapat dilihat dalam Gambar di bawah ini;



Gambar 3. Geometrik Ruas Jalan Dr. Siwabessy Ambon

2. Hambatan Samping

Untuk menilai Kinerja Lalu Lintas perlu dilakukan Analisis perhitungan penilaian hambatan samping yang di survei pada jam puncak Pagi,

Siang dan Sore di hari Senin, Rabu dan Jumat sebagai perwakilan dari hari aktivitas masyarakat di sekita lokasi studi. Hasil perhitungan Hambatan Samping dapat dilihat dalam Tabel Berikut ini.

Tabel 4. Nilai Hambatan Samping Ruas Jalan Dr. Siwabessy Ambon

HARI	JAM PUNCAK	NILAI HAMBATAN SAMPING (JAM, 200 M)	KATEGORI HAMBATAN SAMPING
SENIN	PAGI (06:00-07:00)	296	RENDAH
	PAGI (07:00-08:00)	220	RENDAH
	SIANG (12:00-13:00)	249	RENDAH
	SIANG (13:00-14:00)	206	RENDAH
	SORE (16:00-17:00)	172	RENDAH
	SORE (17:00-18:00)	151	RENDAH
RABU	PAGI (06:00-07:00)	337	SEDANG
	PAGI (07:00-08:00)	137	RENDAH
	SIANG (12:00-13:00)	292	RENDAH
	SIANG (13:00-14:00)	212	RENDAH
	SORE (16:00-17:00)	222	RENDAH
	SORE (17:00-18:00)	196	RENDAH
JUMAT	PAGI (06:00-07:00)	89	SANGAT RENDAH
	PAGI (07:00-08:00)	259	RENDAH
	SIANG (12:00-13:00)	298	RENDAH
	SIANG (13:00-14:00)	423	SEDANG
	SORE (16:00-17:00)	158	RENDAH
	SORE (17:00-18:00)	227	RENDAH

(Sumber : Hasil Analisis)

Berdasarkan data perhitungan di atas, menunjukkan bahwa nilai Hambatan Samping tertinggi pada hari Rabu di jam Puncak Pagi (06:00-07:00) bertepatan dengan waktu antar anak sekolah, dan pada hari Jumat jam puncak Siang (13:00-14:00) bertepatan dengan waktu jemput anak sekolah.

3. Arus Lalu Lintas dan Kapasitas Jalan

Arus Lalu Lintas dan Kapasitas Jalan pada Ruas Jalan Dr Siwabessy Kota Ambon, dapat dilihat dalam Tabel di bawah ini.

Tabel 5. Kapasitas Jalan Dr Siwabessy, Kota Ambon

HARI	JAM PUNCAK	ARUS LALU LINTAS (SMP/JAM)	KAPASITAS (SMP/JAM)
SENIN	PAGI (06:00-07:00)	1581	3002
	PAGI (07:00-08:00)	1515	3002
	SIANG (12:00-13:00)	1960	3002
	SIANG (13:00-14:00)	1458	3002
	SORE (16:00-17:00)	2187	3002
	SORE (17:00-18:00)	1523	3002
RABU	PAGI (06:00-07:00)	1559	2941
	PAGI (07:00-08:00)	1333	3002
	SIANG (12:00-13:00)	1488	3002
	SIANG (13:00-14:00)	1639	3002
	SORE (16:00-17:00)	1949	3002
	SORE (17:00-18:00)	1791	3002
JUMAT	PAGI (06:00-07:00)	1282	3032
	PAGI (07:00-08:00)	1481	3002
	SIANG (12:00-13:00)	1217	3002
	SIANG (13:00-14:00)	1140	2941
	SORE (16:00-17:00)	1239	3002
	SORE (17:00-18:00)	1425	3002

(Sumber : Hasil Analisis)

Berdasarkan Tabel di atas, menunjukkan bahwa Arus lalu Lintas Maksimum ada pada Hari Senin untuk Jam Puncak Siang (12:00-13:00) bertepatan dengan waktu jemput anak sekolah dan juga aktivitas masyarakat lainnya di pusat komersial maupun istirahat kantor dan Jam puncak Sore (16:00-17:00) bertepatan dengan waktu aktivitas masyarakat di pusat komersial dan juga pulang kantor dan aktivitas lainnya.

4. Derajat Kejenuhan dan Level Of Service (LOS)

Berdasarkan hasil analisis nilai hambatan samping, arus lalu lintas dan kapasitas jalan, maka hasil analisis Derajat kejenuhan dan LOS dapat dilihat dalam Tabel di bawah ini.

Tabel 6. Derajat Kejenuhan dan LOS

HARI	JAM PUNCAK	DERAJAT KEJENUHAN	LOS	KONDISI LAPANGAN
SENIN	PAGI (06:00-07:00)	0,53	C	Arus Stabil, Kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan
	PAGI (07:00-08:00)	0,50	C	
	SIANG (12:00-13:00)	0,65	C	
	SIANG (13:00-14:00)	0,49	C	
	SORE (16:00-17:00)	0,73	C	
	SORE (17:00-18:00)	0,51	C	
RABU	PAGI (06:00-07:00)	0,53	C	Arus stabil, kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas, pengemudi memiliki kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatan
	PAGI (07:00-08:00)	0,44	B	
	SIANG (12:00-13:00)	0,50	C	
	SIANG (13:00-14:00)	0,55	C	
	SORE (16:00-17:00)	0,65	C	
	SORE (17:00-18:00)	0,60	C	
JUMAT	PAGI (06:00-07:00)	0,42	C	
	PAGI (07:00-08:00)	0,49	C	
	SIANG (12:00-13:00)	0,41	C	
	SIANG (13:00-14:00)	0,39	C	
	SORE (16:00-17:00)	0,41	B	
	SORE (17:00-18:00)	0,47	C	

(Sumber : Hasil Analisis)

Berdasarkan Tabel di atas, maka Nilai Derajat Kejenuhan pada Ruas Jalan Dr. Siwabessy Ambon yang paling tertinggi ada di hari Senin jam Puncak sore (16:00-17:00) dengan Kategori LOS C yang menggambarkan kondisi lalu lintas Arus Stabil, Kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan. Kondisi ini dipengaruhi oleh Nilai Hambatan Samping yang Sedang (aktivitas parkir, kendaraan lambat oleh angsi umum, pejalan kaki, kendaraan masuk keluar) karena kegiatan antar jemput anak sekolah maupun kegiatan komersial dan perkantoran lainnya di sekitar maupun yang melewati ruas Jalan Dr. Siwabessy Ambon.

Berikut ditampilkan Tabel Volume dan Kebisingan untuk Hari Senin, 17 Oktober 2022 Arah B

B. Tingkat Kebisingan

1. Hubungan Volume lalu Lintas dengan Kebisingan

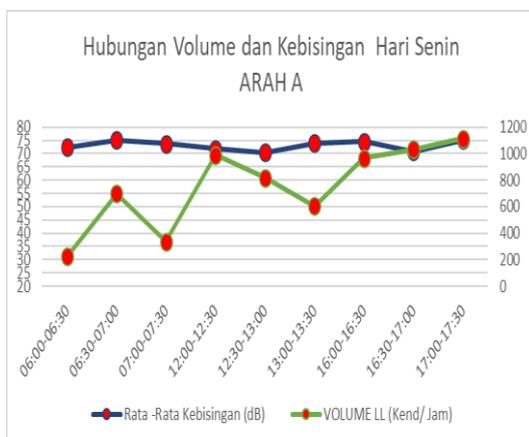
Selain menganalisis tingkat kinerja lalu lintas, pengaruh lain yang ditimbulkan akibat pergerakan (Volume) lalu lintas di ruas jalan Dr. Siwabessy karena kegiatan antar jemput sekolah maupun kegiatan lainnya seperti kegiatan komersial dan perkantoran adalah Kebisingan Lalu Lintas. Maka nilai Volume dan kebisingan serta berdasarkan hasil survei di lapangan dapat dilihat dalam Tabel di bawah ini (data yang ditunjukkan adalah Data Hari senin dan untuk hari Rabu dan Jumat dapat dilihat dalam Lampiran Perhitungan)

Tabel 7. Volume Lalu Lintas dan Kebisingan hari Senin Arah A

Senin 17 Oktober 2022	Waktu	VOLUME LL (Kend/ Jam)	Rata -Rata Kebisingan (dB)
Pagi	06:00-06:30	225	72,4
	06:30-07:00	697	75,1
Pagi Siang	07:00-07:30	337	73,7
	12:00-12:30	988	71,8
Siang Sore	12:30-13:00	819	70,5
	13:00-13:30	603	74
	16:00-16:30	965	74,6
Sore	16:30-17:00	1032	70,9
	17:00-17:30	1115	75,2

(Sumber : Hasil Analisis)

Berdasarkan Tabel di atas, menunjukkan bahwa nilai kebisingan rata-rata terbesar ada di jam puncak pagi (6:30-07:00). Berdasarkan Tabel di atas, perlu juga menampilkan Grafik hubungan Volume lalu lintas dengan nilai kebisingan dalam Gambar di bawah ini.



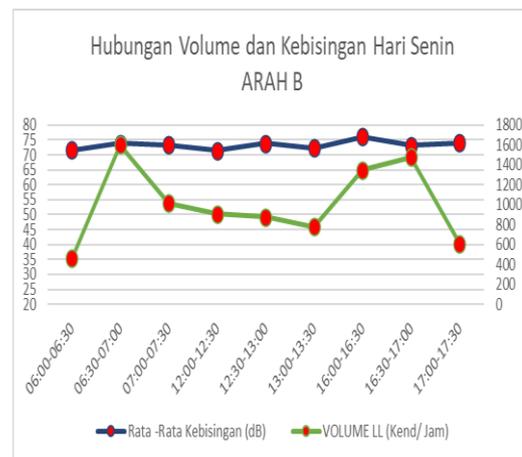
Gambar 4. Grafik Hubungan Volume Lalu Lintas dan Kebisingan Arah A

Tabel 8. Nilai Volume dan Kebisingan Hari Senin Arah B

Senin 17 Oktober 2022	Waktu	VOLUME LL (Kend/ Jam)	Rata -Rata Kebisingan (dB)
Pagi	06:00-06:30	459	71,6
	06:30-07:00	1602	73,8
	07:00-07:30	1013	73,4
Siang	12:00-12:30	906	71,5
	12:30-13:00	879	73,8
	13:00-13:30	777	72,4
Sore	16:00-16:30	1348	76,1
	16:30-17:00	1476	73,2
	17:00-17:30	609	74,1

(Sumber : Hasil Analisis)

Berdasarkan Tabel di atas, menunjukkan bahwa nilai kebisingan rata-rata terbesar ada di jam puncak sore (16:00-16:30). Berdasarkan Tabel di atas, perlu juga menampilkan Grafik hubungan Volume lalu lintas dengan nilai kebisingan dalam Gambar 3. di bawah ini.



Gambar 5. Hubungan Volume Lalu Lintas dan Kebisingan Hari Senin Arah B

2. Perbandingan Nilai Kebisingan Dengan Standar Kebisingan

Kebisingan lalu lintas perlu di kaji untuk dapat membandingkan dengan standar ijin yang berlaku. Berdasarkan standar baku mutu kebisingan di Tabel 2.13 yang menjelaskan bahwa baku mutu kebisingan untuk wilayah sekolah sampai dengan wilayah perdagangan dan jasa adalah 50 – 70 dB.

Berdasarkan hasil rata-rata nilai kebisingan Lalu Lintas di ruas jalan Dr Siwabessy Ambon yang nilainya berkisar antara 71 dB sampai dengan 73

dB. Nilai ini menunjukkan kebisingan yang cukup tinggi dan melebihi standar baku mutu kebisingan yang diijinkan. Hal ini sangat mengganggu kenyamanan berlalu lintas maupun aktivitas lainnya di sekitar ruas jalan Dr Siwabessy Ambon.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis Kinerja Lalu Lintas dan tingkat kebisingan di ruas jalan Dr. Siwabessy, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Kinerja Lalu Lintas Ruas jalan Dr. Siwabessy sebagai berikut :
 - a. Nilai Hambatan Sampjng terbesar pada jam puncak pagi dan sore yang bertepatan dengan waktu antar jemput sekolah dengan kategori Sedang.
 - b. Arus Lalu Lintas dengan jumlah maksimum 1960 skr/jam dan 2187 skr/jam yang terjadi pada hari Senin jam Puncak siang dan sore bertepatan dengan waktu antar jemput sekolah dan kegiatan komersial serta perkantoran lainnya, dengan kapasitas jalan mencapai 3002 skr/jam
 - c. Nilai Derajat Kejenuhan pada Ruas Jalan Dr. Siwabessy Ambon yang paling tertinggi ada di hari Senin jam Puncak sore (16:00-17:00) dengan Kategori LOS C yang menggambarkan kondisi lalu lintas Arus Stabil, Kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan. Kondisi ini dipengaruhi oleh Nilai Hambatan Sampjng yang Sedang (aktivitas parkir, kendaraan lambat oleh ankiutan umum, pejalan kaki, kendaraan masuk keluar) karena kegiatan antar jemput anak sekolah maupun kegiatan komersial dan perkantoran lainnya di sekitar maupun yang melewati ruas Jalan Dr. Siwabessy Ambon.
2. Tingkat kebisingan Lalu Lintas di ruas jalan Dr Siwabessy Ambon yang nilainya berkisar antara 71 dB sampai dengan 73 dB. Nilai ini menunjukkan kebisingan yang cukup tinggi dan melebihi standar baku mutu kebisingan yang diijinkan. Hal ini

sangat mengganggu kenyamanan berlalu lintas maupun aktivitas lainnya di sekitar ruas jalan Dr Siwabessy Ambon.

3. Rekomendasi manajemen lalu lintas yang dapat diterapkan di ruas jalan Dr. Siwabessy Ambon, khususnya pada saat jam puncak (kegiatan antar jemput anak sekolah) sebagai berikut :
 - a. Perlu ada kebijakan yang tegas dari pihak berwenang terkait penertiban parkir (dibatasi durasi parkir dan pembatasan dengan larangan parkir) pada bahu jalan khususnya pada saat jam puncak pergerakan lalu lintas.
 - b. Penyediaan parkir off street di areal komersial dan jasa lainnya di sekitar ruas jalan Dr. Siwabessy, sehingga mengurangi hambatan samping akibat parkir di bahu jalan.
 - c. Pada saat antar jemput sekolah perlu dilakukan manajemen lalu lintas dengan melakukan kebijakan kendaraan khusus Mobil yang mengantar atau menjemput anak sekolah tidak boleh langsung putar balik di depan areal antar jemput melainkan jalan terus sampai ke titik ruas yang arusnya mengijinkan untuk melakukan putar balik.

REFERENSI

- Aghnia R.A. 2021. Analisis Pengaruh Kecepatan Dan Volume Kendaraan Terhadap Kebisingan Di Suatu Kawasan, *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil*, Volume 2, halaman 8.
- Ansusanto J. Dwijoko, Yulianti L.I.M. 2006. Tingkat Kebisingan Akibat Kendaraan Bermotor Pada Ruas Jalan. *Simposium IX FSTPT. Universitas Brawijaya Malang*.
- Ansusanto J. Dwijoko, Sebayang E. Agusman. 2017. Pengaruh Volume Lalulintas Di Jalan Raya Terhadap Tingkat Kebisingan Pada Gedung Sekolah. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 11. Universitas Tarumanagara*.
- Anugra S. 2021. Pengaruh Kecepatan Dan Jumlah Kendaraan Terhadap Kebisingan (Studi Kasus Kawasan Kos Mahasiswa Di Jalan Raya Prabumulih- Palembang km 32 Indralaya Sumatra Selatan), *Jurnal ISSN 2355-374X*, Volume 2 Halaman 4.
- Azzahra A, Imran M. 2015. Analisa Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Jalan Raya (Studi Kasus Jalan Jaksa Agung Soeprapto Depan <https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p13-20>

- SMP Negeri 6 Gorontalo). Radial – Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi Sekolah Tinggi Teknik (STITEK) *Bina Taruna Gorontalo, Volume 6 Nomor 1. 14 - 21 pp.*
- Fernanda G.R. Analisis Pengaruh Volume Dan Kecepatan Kendaraan Terhadap Tingkat Kebisingan Pada Jalan Dr.Djunjunan Di Kota Bandung, *Jurnal IRONS*, Volume 2 Halaman 2.
- Hidayanti, N. 2007. Pengaruh Arus Lalu Lintas Terhadap Kebisingan (Studi Kasus Beberapa Zona Pendidikan Di Surakarta). *Jurnal Dinamika Teknik Sipil*, Volume 7, Halaman 1.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 tahun 1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan. *Jakarta. Menteri Lingkungan Hidup.*
- Lucia. I. R. Leftrandt. 2021. Analisa Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Di Jalan Raya Di Tinjau Dari Tingkat Baku Mutu Kebisingan Yang Diizinkan, *Jurnal ISSN 2337-6732*, Volume 8 Halaman 2.
- Makupiola Christy Agata, DKK. 2022. Kajian Kinerja Pada Ruas Jalan Nasional Perkotaan (Kasus Jalan Urip Sumoharjo Dan Perintis Kemerdekaan Kota Makassar), *jurnal KONSTRUKSI (Teknik, Infrastruktur dan Sains), Makasar*
- Muhammad Juliansyah. 2019. Analisis Kebisingan Akibat Lalu Lintas Pada Jalan Kolonel H Burlian Di Kota Palembang (*Skripsi*). *Universitas Sriwijaya.*
- Putra Banar Supriyadi. 2020. Analisis Kinerja Ruas Jalan Kartama Akibat Bangkitan Perjalanan SMP N 25 Pekanbaru, *Tugas Akhir Universitas Islam Riau Pekanbaru*
- Ristiandi Bisma, Rudi S. Suyono, Sutarto YM, 2018, Analisis Dampak Aktivitas Sekolah Terhadap Kinerja Ruas Jalan (Studi Kasus Yayasan Pendidikan Kalimantan SD – SMP – SMA Katolik Santu Petrus Jalan Karel Satsuit Tubun No.3 Pontianak), *Jurnal JELAST (Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang) Universitas TanjungPura Vol 5 No. 2, Pontianak*
- Supadi. 2009. Analisis Tingkat Kebisingan Akibat Lalu Lintas Pada Kawasan Pendidikan (Studi Kasus Jalan Di Depan SMK N 1 dan SMA N 3 Di Sukoharjo). *Universitas Muhammadiyah Surakarta.*
- Susanti, A., Wibisono, R. E., & Ferdianto, A. 2021. Studi Perencanaan Simpang Koordinasi Jl. Dr. Soetomo Jl. RA. Kartini Jl. Pandegiling di Kota Surabaya. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(1), 20-27.
- Susanti D. 2021. Analisis Tingkat Kebisingan Di Jalan Raya Yang Menggunakan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APIL). *Jurnal SMARTek*. Volume 8, Halaman 1.

Kontribusi Ruang Terbuka Hijau Publik di Kecamatan Jombang dalam Mereduksi Limpasan Air

Contribution of Public Green Open Space in Jombang District in Reducing Water Runoff

Wiwin Setyaningrum¹, Abdiyah Amudi²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari, Jln. Irian Jaya No. 55, Cukir, Kec. Diwek, Kab. Jombang, Jawa Timur 61471. Email : wiwinsetyaningrum9@gmail.com

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

Abstrak

RTH menurut PERDA Kota Jombang No.5 Tahun 2011 Tentang Pengelolaan RTH merupakan jalur mengelompok tempat tumbuh tanaman baik secara alamiah maupun sengaja ditanam yang penggunaannya lebih bersifat terbuka. Manfaat RTH yaitu sebagai daerah resapan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Level Kapasitas RTH Publik di Kecamatan Jombang dalam mereduksi limpasan air. Penelitian dilakukan menggunakan teknik analisis skoring koefisien variabel dan pengukuran infiltrasi menggunakan alat infiltrometer cincin ganda dengan metode Horton. Parameter variabel yaitu karakteristik kawasan, tutupan lahan, kelerengan, jenis vegetasi, curah hujan, tekstur tanah dan jenis tanah. Hasil yang diperoleh yaitu Level Kapasitas rendah 3 unit dengan luas 818,181 m², Level Kapasitas sedang 10 unit dengan luas 1053,296 m², dan Level Kapasitas tinggi 14 unit dengan luas 9371,07 m². RTH Publik di Kecamatan Jombang mencapai 40,93%, jadi tergolong sudah memenuhi proporsi RTH Publik sehingga mampu berkontribusi dalam mereduksi limpasan air. Total volume air yang diserap adalah 11242,55 m³/Th atau sebesar 83,89 % dari kapasitas maksimumnya sehingga masih perlu ditingkatkan. Hasil pengukuran infiltrasi didapat laju infiltrasi tertinggi pada Taman kebon rojo yaitu 16,749 cm/jam atau 167,49 mm/jam termasuk kategori cepat, infiltrasi terendah pada lapangan Jabon yaitu 0,619 cm/jam atau 6,187 mm/jam termasuk kategori agak lambat.

Kata Kunci: Infiltrasi; limpasan air; RTH publik.

Abstract

Green Open Space according to the Regulation of the City of Jombang No. 5 of 2011 concerning the Management of Green Open Space is a grouping path where plants grow both naturally and intentionally, whose use is more open. The benefit of green open space is as a water catchment area. This study aims to determine the Capacity Level of Public Green Open Space in Jombang District in reducing water runoff. The research was conducted using variable coefficient scoring analysis techniques and infiltration measurements using a infiltrometer cincin gandawith the Horton method. Variable parameters are area characteristics, land cover, slope, vegetation type, rainfall, soil texture and soil type. The results obtained are a low capacity level of 3 units with an area of 818,181 m², a medium capacity level of 10 units with an area of 1053,296 m², and a high capacity level of 14 units with an area of 9371.07 m². Public green open space in Jombang district reaches 40.93%, so it is classified as having fulfilled the proportion of public green open space so that it can contribute to reducing water runoff. The total volume of water absorbed is 11242.55 m³/Th or 83.89% of the maximum capacity, so it still needs to be increased. The results of infiltration measurements obtained the highest infiltration rate in Taman Kebon Rojo, namely 16.749 cm/hour or 167.49 mm/hour, including the fast category, the lowest infiltration in the Jabon field, namely 0.619 cm/hour or 6.187 mm/hour, including the rather slow category.

Keywords: Infiltration; water runoff; public RTH.

PENDAHULUAN

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) di Indonesia jumlah Ruang Terbuka Hijau (RTH) terus mengalami peningkatan. Sejak 2011 – 2016 RTH telah bertambah hingga 247 buah dengan luas total 249,2 hektar berupa kebun raya dan taman. Bagi sebuah kota yang sedang berkembang, ruang terbuka hijau memiliki peran sangat penting untuk peresapan air hujan. Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan menjadi penentu keseimbangan lingkungan hidup melalui proses resapan air dalam suatu rencana tata ruang (Kusumastuti et al., 2020).

Proporsi penyediaan luas RTH di setiap Kecamatan Perkotaan ditetapkan minimal 30% dari luas kota, dimana 20% adalah RTH publik dan 10% RTH privat (Patini, 2011), (Angelia & Santoso, 2019), (Krisnamurti et al., 2021), (Sarbidi, 2012). Dalam penyediaannya, ruang terbuka hijau publik ditujukan agar dapat berfungsi untuk meresapkan air. Ruang terbuka hijau publik berguna untuk lingkungan sebagai resapan air sehingga dapat mereduksi limpasan air hujan yang menggenang di permukaan tanah. Fungsi ruang terbuka hijau publik dalam meresapkan air mampu mengurangi limpasan air hujan sehingga tidak menimbulkan genangan (Kusumastuti et al., 2020).

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistika (BPS) Kecamatan Jombang dalam angka, jumlah rata-rata curah hujan per bulan (mm) di Kecamatan Jombang tahun 2016-2020 meningkat pada bulan Mei di tahun 2020 sebesar 72,33 mm. Dengan kondisi cuaca yang sulit diprediksi, hujan dapat terjadi kapan saja dan tidak menentu. Hal tersebut berdampak pada terjadinya genangan saat hujan deras di beberapa lokasi di Kecamatan Jombang. Genangan tersebut terjadi saat hujan turun hingga beberapa jam saat kemudian. Salah satu cara mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan diadakannya ruang terbuka hijau publik yang difungsikan untuk tempat resapan air.

Genangan di beberapa titik di Kecamatan Jombang terjadi karena beberapa sebab, diantaranya curah hujan yang tidak teratur dan kurangnya kemampuan ruang untuk menyerap air ke permukaan tanah. Adanya fungsi ruang terbuka hijau publik untuk resapan air, berarti ruang terbuka hijau publik harus mampu mengendalikan limpasan air hujan sehingga tidak menimbulkan permasalahan seperti adanya genangan. Genangan terjadi karena tutupan lahan tidak mampu meresapkan air sehingga air terus menggenang. Hal

tersebut kemudian menyebabkan terjadinya genangan yang sifatnya sementara. Pada wilayah perkotaan, ketersediaan lahan untuk menampung air limpasan semakin berkurang. Salah satu aset yang bisa digunakan yaitu RTH Publik ditujukan untuk memfasilitasi kebutuhan publik. Sehingga desain ruang terbuka hijau publik harus dapat mengakomodir kepentingan tersebut.

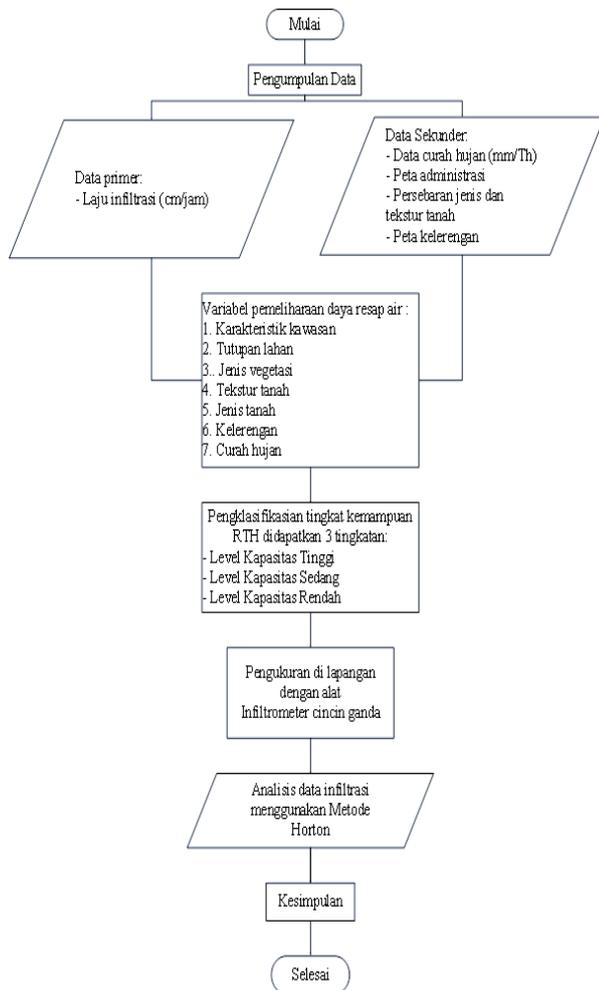
Berkaitan dengan pemaparan diatas sehingga dilaksanakan penelitian tentang Kontribusi Ruang Terbuka Hijau Publik di Kecamatan Jombang dalam Mereduksi Limpasan Air yang nantinya penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Level Kapasitas wilayah RTH Publik di kecamatan Jombang dalam mereduksi limpasan air.

Dari uraian tersebut masalah dirumuskan sebagai berikut: 1. Bagaimana Level Kapasitas RTH Publik di Kecamatan Jombang dalam mereduksi limpasan air? 2. Berapa volume limpasan yang mampu diserap oleh Ruang Terbuka Hijau Publik di Kecamatan Jombang? 3. Bagaimana laju infiltrasi di kecamatan Jombang berdasarkan nilai terendah dan tertinggi dengan menggunakan metode horton?

Tujuan penulisan ialah sebagai berikut: 1. Menganalisis Level Kapasitas RTH dalam mereduksi limpasan air. 2. Mengetahui volume limpasan yang mampu diserap Ruang Terbuka Hijau. 3. Menganalisis laju infiltrasi di kecamatan Jombang berdasarkan nilai terendah dan tertinggi dengan menggunakan metode horton.

METODE

Data penelitian ini didapatkan dari data primer dan data sekunder. Data primer meliputi dari pengukuran laju infiltrasi dengan memakai alat infiltrometer cincin ganda yang dianalisis menggunakan metode Horton. Data sekunder meliputi data curah hujan, peta administrasi, persebaran jenis dan tektur tanah, dan peta kelerengan. Adapun alur penelitian sebagai berikut :



Gambar 1. Alur Penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Volume Air Hujan dan Kapasitas Ruang Terbuka Hijau Publik

Dari data yang telah didapat, besar curah hujan kabupaten Jombang yaitu 1750-2000 mm/Th.

$$2000 \text{ mm} \times 36,40 \text{ Ha} = 2 \text{ m} \times 364000 \text{ m}^2 = 728000 \text{ m}^3/\text{Th}.$$

Luas RTH publik di kecamatan Jombang yaitu 14,89 Ha dari luas wilayah kota yaitu 36,40 Ha. Sehingga volume air hujan maksimum yang dapat diserap oleh RTH publik di kecamatan Jombang adalah 13401 m³/Th atau 1,84 % dari volume air hujan.

Variabel kemampuan Meresapkan Air

Penelitian ini ditentukan dari 7 nilai parameter variabel yakni karakteristik kawasan, tutupan lahan, jenis vegetasi, tekstur tanah, jenis tanah, kelerengan dan curah hujan.

1. Karakteristik kawasan.

Tabel 1. Jumlah RTH Publik berdasarkan karakteristik kawasan

Karakteristik kawasan	RTH Taman kota	RTH Median jalan	RTH Hutun kota	RTH Taman Lingkungan	RTH Sepadan sungai
lapangan,kuburan dan sejenisnya (koefisien limpasan = 0,10-0,25)	5	-	1	2	-
lahan tidak terpelihara (koefisien limpasan = 0,10-0,30)	3	-			2
daerah pemukiman satu rumah (koefisien limpasan = 0,30-0,50)	1				
daerah pemukiman pinggiran kota (koefisien limpasan = 0,25-0,40)		1		3	
daerah perdagangan kota (koefisien limpasan = 0,70-0,95)		3			
daerah pemukiman rumah rapat (koefisien limpasan = 0,60-0,75)			1	1	1
daerah pemukiman rumah terpisah (koefisien limpasan = 0,40-0,60)				1	
daerah industri ringan (koefisien limpasan = 0,50-0,80)				1	1
Total	9	4	2	8	4

Sumber: analisis penulis, 2022.

Tabel 2. Jumlah RTH Berdasarkan skor variabel karakteristik kawasan

skor	jumlah (unit)	luas (m ²)
0,09	3	27300
0,27	2	5640
0,36	3	11032
0,54	1	2727
0,63	1	61,5
0,72	4	19497
0,9	5	11372
1	8	71366
Total	27	148995,5

Sumber: analisis penulis, 2022.

2. Tutupan lahan.

Tabel 3. Jumlah RTH Publik berdasarkan tutupan lahan

Tutupan lahan	RTH Taman kota	RTH Median jalan	RTH Hutan kota	RTH Taman Lingkungan	RTH Sepadan sungai
halaman berumput, tanah pasir padat (koefisien limpasan = 0,10-0,15)	5	-	2	7	
batu bata dan batako (koefisien limpasan = 0,70-0,85)	4	4	-	1	
halaman berumput, tanah pasir (koefisien limpasan = 0,18-0,22)	-	-	-		4
Total	9	4	2	8	4

Sumber: analisis penulis, 2022.

Tabel 4. Jumlah RTH Berdasarkan skor variabel tutupan lahan

skor	jumlah (unit)	luas (m ²)
0,89	14	98.389
0,33	9	36.901
0,55	4	13.706
Total	27	148.996

Sumber: analisis penulis, 2022.

3. Jenis vegetasi.

Tabel 5. Jumlah RTH Publik berdasarkan jenis vegetasi

Jenis vegetasi	RTH Taman kota	RTH Median jalan	RTH Hutan kota	RTH Taman Lingkungan	RTH Sepadan sungai
hutan (sangat tinggi)			2		
semak belukar (tinggi)					3
ladang kebun (sedang)	5			7	
tidak bervegetasi (sangat rendah)	4	4		1	1
Total	9	4	2	8	4

Sumber: analisis penulis, 2022.

Tabel 6. Jumlah RTH Berdasarkan skor variabel jenis vegetasi

skor	jumlah (unit)	luas (m ²)
1	2	20.160
0,8	3	12.120
0,6	12	80.210
0,2	10	36.505,5
Total	27	148995,5

Sumber: analisis penulis, 2022.

4. Tekstur tanah.

Tabel 7. Jumlah RTH Publik berdasarkan tekstur tanah

Tekstur tanah	RTH Taman kota	RTH Median jalan	RTH Hutan kota	RTH Taman Lingkungan	RTH Sepadan sungai
pasir(sangat tinggi)					4
pasir berlempung (tinggi)	5		2	7	
Total	5	0	2	7	4

Sumber: analisis penulis, 2022.

Tabel 8. Jumlah RTH Berdasarkan skor variabel tekstur tanah

skor	jumlah (unit)	luas (m ²)
1	4	13.706
0,8	23	100.370
Total	27	114076

Sumber: analisis penulis, 2022.

5. Jenis tanah.

Tabel 9. Jumlah RTH Publik berdasarkan jenis tanah

Jenis tanah	RTH Taman kota	RTH Median jalan	RTH Hutan kota	RTH Taman Lingkungan	RTH Sepadan sungai
Andosol (permeabilitas agak cepat 15-30) tinggi	9	4	2	8	4
Total	9	4	2	8	4

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p21-28>

Sumber: analisis penulis, 2022.

Tabel 10. Jumlah RTH Berdasarkan skor variabel jenis tanah

skor	jumlah (unit)	luas (m ²)
0,8	27	148.996
Total	27	148995,5

Sumber: analisis penulis, 2022.

6. Kelerengan.

Tabel 11. Jumlah RTH Publik berdasarkan kelerengan

Kelerengan	RTH Taman kota	RTH Median jalan	RTH Hutan kota	RTH Taman Lingkungan	RTH Sepadan sungai
<8% sangat tinggi	9	4	2	8	4
Total	9	4	2	8	4

Sumber: analisis penulis, 2022.

Tabel 12. Jumlah RTH berdasarkan skor variabel kelerengan

skor	jumlah (unit)	luas (m ²)
1	27	148.996
Total	27	148995,5

Sumber: analisis penulis, 2022.

7. Curah hujan.

Tabel 13. Jumlah RTH Publik berdasarkan hujan

curah hujan	RTH Taman kota	RTH Median jalan	RTH Hutan kota	RTH Taman Lingkungan	RTH Sepadan sungai
1750-2000 mm/Th sedang	9	4	2	8	4
Total	9	4	2	8	4

Sumber: analisis penulis, 2022.

Tabel 14. Jumlah RTH Berdasarkan skor variabel curah hujan

skor	jumlah (unit)	luas (m ²)
------	---------------	------------------------

0,6	27	148.996
Total	27	148995,5

Sumber: analisis penulis, 2022.

Analisis Skoring Kemampuan RTH Mereduksi Limpasan Air

Pada bab ini merupakan penjabaran mengenai data yang didapatkan dari data sekunder berdasarkan kebutuhan data yang telah disusun serta untuk mengetahui Level Kapasitas RTH Publik di kecamatan Jombang dalam mereduksi limpasan air.

Tabel 14. Jumlah RTH Publik

Jenis RTH	Level Kapasitas mereduksi limpasan air		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Taman kota	-	4	5
median jalan	3	1	-
Hutan kota	-	-	2
taman lingkungan	-	3	5
sepadan sungai	-	2	2
Total	3	10	14

Sumber: analisis peneliti, 2022.

Berdasarkan tabel 4.17 jenis RTH didapatkan Level Kapasitas rendah ialah median jalan (Median Jl. A. Yani, Median Jl. Wahid Hasyim, Median Jl. Kusuma Bangsa), Level Kapasitas sedang ialah taman kota (Taman Adipura PKK, Taman Adipura UNRAR, Taman Pos Ringin Contong, Taman Kihajar Dewantara), median jalan (Median Jl. Patimura), taman lingkungan (Taman Pendopo Bupati, Taman PG. Jombang Baru, Perumahan Jombang Permai), sepadan sungai (Sungai Jombang Wetan (Samping Dinas Koperasi), Sungai Konto (Belakang PT Seng Fong), Level Kapasitas tinggi ialah taman kota (Alun-Alun, Taman Mastrip, Ringin Contong, Taman Kebon Rojo, Stadion), hutan kota (Dinas Lingkungan Hidup, Dinas Pendidikan), taman lingkungan (Lapangan Kantor Pemda, Taman Universitas Darululum, Taman SMAN 3 Jombang, Taman SMKN 2 Jombang, Depan Dikendukcapil), sepadan sungai (Sungai Rejoagung 2, Jl. Adityawarman, Sungai Gude Ploso).

Tabel 15. Luas RTH pada kategori Level Kapasitas

kategori	Luas (m ²)
Level Kapasitas Tinggi	104123
Level Kapasitas Sedang	17572,5
Level Kapasitas Rendah	27300
Total	148995,5

Sumber: analisis penulis, 2022.

Dari tabel 15. Kapasitas volume air yang yang dapat ditampung RTH sebagai berikut:

1. Level Kapasitas tinggi yaitu 9371,07 m³.
2. Level Kapasitas sedang yaitu 1053,296 m³.
3. Level Kapasitas rendah yaitu 818,181 m³.

Dengan jumlah total yaitu 11242,55 m³/Th atau sebesar 83,89% dari kapasitas maksimumnya sehingga masih perlu ditingkatkan. Sedangkan persentase tertinggi yaitu pada jenis RTH taman kota lokasi alun-alun Jombang yaitu 6,39 %. Total keseluruhan RTH Publik di kecamatan jombang mencapai 40,93% dari luas wilayah kecamatan jombang. Jadi RTH Publik dikecamatan Jombang tergolong sudah memenuhi proporsi RTH Publik pada wilayah kota yang paling sedikit 20% dari luas wilayah kota.

Pengukuran Infiltrasi

Uji infiltrasi dilakukan di 14 titik lokasi. Adapun pengukuran laju infiltrasi dilakukan memakai alat Infiltrometer cincin ganda dengan tinggi 50 cm, cincin dalam berdiameter 30 cm, dan cincin luar berdiameter 45 cm. terbuat dari baja dengan tebal 3 mm dengan ujung bawah di runcingkan.



Gambar 2. Infiltrometer Cicin Ganda

Dari hasil pengukuran dilapangan, laju infiltrasi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$f = \Delta H / t \times 60 \text{ (cm/jam)} \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan :

- f = laju infiltrasi (cm/jam)
- ΔH = tinggi penurunan air dalam selang waktu tertentu (cm)
- t = waktu yang dibutuhkan oleh air pada ΔH untuk masuk ke tanah (menit)

Tabel 16. Klasifikasi laju infiltrasi(Dipa et al., 2021)

Kelas	Klasifikasi	Laju Infiltrasi (mm/jam)
0	Sangat Lambat	<1

1	Lambat	1-5
2	Agak Lambat	5-20
3	Sedang	20-63
4	Agak Cepat	63-127
5	Cepat	127-254
6	Sangat Cepat	>254

Sumber: Dipa (2021)

Tabel 17. Hasil analisis laju infiltrasi pada 14 titik lokasi

Nama titik	ΔH (cm)	t (mnt)	f (cm/jam)
Desa Plandi	0,1	10	0,6
Desa Jelakombo	0,4	10	2,4
Desa Pulo Lor	0,1	10	0,6
Desa Jabon	0,1	10	0,6
Desa Tunggorono	0,3	10	1,8
Desa Denanyar	0,3	10	1,8
Desa Banjardowo	0,1	10	0,6
Desa Geneng	0,1	10	0,6
Desa Sambong	1	10	6
Desa Dukuh	0,3	10	1,8
Desa Rejo	0,1	10	0,6
Desa Mojongapit	0,1	10	0,6
Desa Jombang	1,1	10	6,6
Alun-Alun Jombang	0	10	0
Kebon Rojo	0	10	0

Sumber: analisis penulis, 2022.

Hasil pengukuran dari alat infiltrometer cincin ganda yaitu berupa data waktu (t) dan penurunan tinggi air (mm) pada alat infiltrometer cincin ganda pada setiap titik dilakukan pencatatan setiap 10 menit.

Metode Horton

Hasil infiltrasi yang diperoleh dari lapangan, selanjutnya di hitung nilai laju infiltrasi konstan memakai metode Horton. Analisis laju infiltrasi konstan digunakan untuk memperoleh nilai laju infiltrasi pada saat waktu konstan (t) atau saat penurunan air konstan. Persamaan yang dihasilkan oleh model Horton adalah berdasarkan pendekatan hidrologi, yakni sebagai berikut

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \dots\dots\dots [2]$$

Keterangan:

f(t) = laju infiltrasi pada saat t (cm/jam atau mm/jam)

f₀ = laju infiltrasi awal (cm/jam atau m/hari);

f_c = laju infiltrasi akhir setelah mencapai nilai tetap (m/jam atau m/hari);

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p21-28>

$k = -1/(m \log 2,718)$ atau konstanta geofisik (/jam atau /hari);

$t =$ waktu sejak hujan turun (jam atau hari).

$e = 2,718$

Memakai persamaan umum linier,

$y = mX + C$, sehingga :

$y = t$

$m = -1/(K \log e)$

$X = \log (f - fc)$

$C = (1/K \log e) \log (fo - fc)$

Mengambil persamaan,

$m = -1/(K \log e)$,

maka

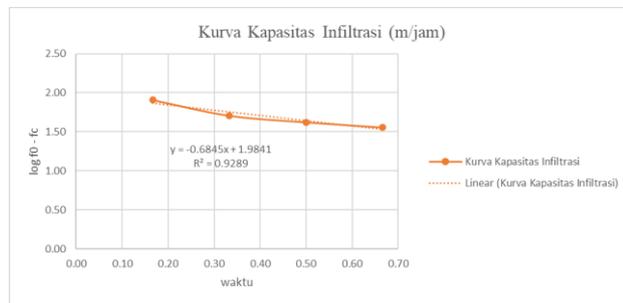
$$K = -1/(m \log e)$$

atau $K = -1/(m \log 2,718)$

kemudian didapatkan persamaan untuk memperoleh nilai m.

$$k = -1/0,434 m$$

Nilai m merupakan gradien yang didapatkan berbentuk grafik hubungan antara waktu(t) dengan $\log(f_0 - f_c)$. Contoh persamaan linier kurva kapasitas infiltrasi gradien m pada gambar berikut :



Gambar 3. kurva kapasitas infiltrasi gradien m

Tabel 18. Analisis nilai k pada 14 titik

Nama Titik	Persamaan	Nilai K
Desa Plandi	$y = -0.9031x + 0.4705$	2,08
Desa Jelakombo	$y = -1.0565x + 0.4314$	2,43
Desa Pulo Lor	$y = 0.9031x - 0.4225$	2,08
Desa Jabon	$y = -1.8062x + 0.3802$	4,16
Desa Tunggorono	$y = -0.0516x + 0.0591$	0,12
Desa Denanyar	$y = -0.4128x + 0.2197$	0,95
Desa Banjardowo	$y = -0.5725x + 0.3405$	1,32
Desa Ploso geneng	$y = -0.7059x + 0.3992$	1,63
Desa Sambongdukuh	$y = -0.9031x + 0.1795$	2,08
Desa Tambakrejo	$y = -0.6474x + 0.7093$	1,49
Desa	$y = -0.4128x +$	0,95

Mojongapit	0.1193	
Desa Jombang	$y = -0.7225x + 0.2297$	1,66
Alun-alun Jombang	$y = -0.6852x + 0.9953$	1,58
Kebon Rojo	$y = -0.6845x + 1.9841$	1,58

Sumber: analisis penulis, 2022.

Klasifikasi laju infiltrasi

Klasifikasi penelitian menggunakan metode Horton berdasarkan *U.S Soil Conservation*. Hasil klasifikasi tabel sebagai berikut:

Tabel 19. Klasifikasi Analisis Laju Infiltrasi menggunakan metode Horton

	t (jam)	ft (cm/jam)	
Desa Plandi	1	0,90	9,00 mm/jam Agak lambat
Desa Jelakombo	1	2,558	25,58 mm/jam sedang
Desa Pulo Lor	1	0,675	6,75 mm/jam Agak lambat
Desa Jabon	1	0,619	6,19 mm/jam Agak lambat
Desa Tunggorono	1	3,931	39,31 mm/jam Sedang
Desa Denanyar	1	2,264	22,64 mm/jam Sedang
Desa Banjardowo	1	1,082	10,82 mm/jam Agak lambat
Desa Ploso geneng	1	0,954	9,54 mm/jam Agak lambat
Desa Sambongdukuh	1	6,150	61,50 mm/jam Agak cepat
Desa Tambakrejo	1	2,746	27,46 mm/jam Sedang
Desa Mojongapit	1	1,064	10,64 mm/jam Agak lambat
Desa Jombang	1	0,827	8,27 mm/jam Agak lambat
Alun-alun Jombang	1	8,334	83,34 mm/jam Agak cepat
Kebon Rojo	1	16,749	167,49 mm/jam cepat

Sumber: analisis penulis,2022.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang didapatkan yaitu Level Kapasitas rendah 3 unit RTH publik dengan luas 818,181 m³, Level Kapasitas sedang 10 unit RTH publik dengan luas 1053,296 m³, dan Level Kapasitas tinggi 14 unit RTH publik dengan luas 9371,07 m³. RTH Publik diKecamatan Jombang mencapai 40,93%. Jadi RTH Publik dikecamatan Jombang tergolong sudah memenuhi prosentase RTH Publik pada wilayah kota minimal 20% dari luas wilayah kota. Sehingga mampu berkontribusi dalam mereduksi limpasan air. Total volume air yang dapat diserap RTH adalah 11242,55 m³/Th atau sebesar 83,89 % dari kapasitas maksimumnya sehingga masih perlu ditingkatkan. Dari hasil pengukuran infiltrasi di dapat nilai laju infiltrasi tertinggi pada Taman kebon rojo yaitu 16,749 cm/jam atau 167,49 mm/jam termasuk dalam kategori laju infiltrasi cepat. Dan nilai infiltrasi terendah pada lapangan Jabon yaitu 0,619 cm/jam atau 6,187 mm/jam termasuk dalam kategori laju infiltrasi agak lambat.

REFERENSI

Angelia, T., & Santoso, E. B. 2019. Identifikasi Area Pengembangan RTH sebagai Fungsi Ekologis Penyerap Air Hujan di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya. *Jurnal Planoearth*,

- 4(1), 18. <https://doi.org/10.31764/jpe.v4i1.719>
- Dipa, H., Fauzi, M., & Lilis Handayani, Y. 2021. Analisis Tingkat Laju Infiltrasi Pada Daerah Aliran Sungai (Das) Sail. *Jurnal Teknik*, 15(April), 18–25.
- Krisnamurti, D., Taryana, D., & Purwanto, P. 2021. Evaluasi efektivitas Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam mereduksi banjir di Kota Mojokerto. *Jurnal Integrasi Dan Harmoni Inovatif Ilmu-Ilmu Sosial*, 1(1), 30–37. <https://doi.org/10.17977/um063v1i1p30-37>
- Kusumastuti, A. L., Yudana, G., & Rini, E. F. 2020. Kemampuan Ruang Terbuka Hijau Publik dalam Berkontribusi Meresapkan Genangan Air Hujan di Surakarta. *UNIPLAN: Journal of Urban and Regional Planning*, 1(1), 20. <https://doi.org/10.26418/uniplan.v1i1.43044>
- Pakpahan, N. F. D. B. 2022. *Perilaku Penghuni dalam Melestarikan Fungsi Lingkungan Perumahan Massal. Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(1), 59-66.
- Patini, A. de C. G. 2011. *Peraturan Daerah Kabupaten Jombang No.6 Tahun 2011*. 64, 10–14.
- Sarbidi. 2012. *KAJIAN SUBRESERVOIR AIR HUJAN PADA RUANG TERBUKA HIJAU DALAM MEREDUKSI GENANGAN AIR (BANJIR) Research on Rain Water Subreservoir is in the Green Opened Space to Reduce the Flooded Water*. 176–184.

Rancang Bangun Prototipe *Fluid Friction Apparatus* Untuk Menganalisis Kehilangan Energi (*Head Loss*) dengan Variasi Diameter Pipa

Fluid Friction Apparatus Prototype Design to Analyze Head Loss with Variation of Pipe Diameter

Muhammad Luthfi¹, Totok Yulianto²

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asyari Tebuireng, Jombang, 61411, Indonesia Email : luthfi.engineer21@gmail.com

² Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asyari Tebuireng, Jombang, 61411, Indonesia Email : totokyulianto36@gmail.com

Abstrak

Rancang bangun prototipe fluid friction apparatus telah selesai dirancang dan diuji pada penelitian ini. Pembuatan prototipe ini dilakukan di laboratorium Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang. Head loss atau kehilangan energi adalah suatu fenomena rugi-rugi aliran di dalam sistem perpipaan. Head loss yang terjadi prinsipnya ada dua macam, yaitu head loss mayor dan head loss minor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang bangun prototipe fluid friction apparatus yang dapat digunakan untuk media pembelajaran dalam menganalisis head loss skala laboratorium. Bahan pipa terbuat dari Poly Vinyl Chloride (PVC) kelas AW dengan beberapa variasi diameter yang digunakan, yaitu diameter 1", ¾" dan ½". Tekanan air diukur menggunakan pressure gauge digital serta pengukuran debit menggunakan flowmeter. Pengujian kehilangan energi dilakukan pada pipa diameter 1", pipa diameter ¾" dan pipa diameter ½". Hasil pengujian dari prototipe menunjukkan bahwa pipa diameter 1" mengalami head loss mayor sebesar 0,092 m, pipa diameter ¾" mengalami head loss mayor sebesar 0,245 m dan pipa diameter ½" mengalami head loss mayor yang terjadi sebesar 0,571 m. Berdasarkan hasil yang telah dicapai, kesimpulan yang didapatkan adalah Nilai head loss mayor mengalami penurunan seiring bertambah besar diameter pipa.

Kata Kunci: Rancang bangun; head loss; diameter pipa; bilangan reynold

Abstract

The prototype design of the fluid friction device has been designed and tested in this research. This prototype was made in the laboratory of Hasyim Asy'ari University, Tebuireng, Jombang. Head loss or energy loss is a phenomenon of flow losses in the piping system. Head loss that occurs in principle there are two kinds, namely major head loss and minor head loss. The purpose of this research is to design a prototype of fluid friction equipment that can be used for learning media in analyzing head loss laboratory scale. The pipe material is made of Poly Vinyl Chloride (PVC) class AW with several variations of diameter used, namely 1", ¾" and ½" diameter. Air pressure is measured using a digital pressure gauge and discharge measurement using a flowmeter. Energy loss tests are carried out on 1" diameter pipe, ¾" pipe diameter and ½" pipe diameter. The test results of the prototype show that the 1" diameter pipe experienced a major head loss of 0.092 m, the ¾" diameter pipe experienced a major head loss of 0.245 m and the ½" diameter pipe experienced a major head loss of 0.571 m. Based on the results that have been achieved, the conclusion obtained is that the value of the major head loss decreases as the pipe diameter increases.

Keywords: Design; head loss; pipe diameter; valve opening

PENDAHULUAN

Pertumbuhan teknologi disaat ini tak lepas dari pertumbuhan ilmu mekanika fluida. Konsep teknologi yang memanfaatkan aliran fluida ialah sistem perpipaan. Cara kerja dari pipa ialah mengalirkan fluida dari suatu titik ke titik lainnya. Kemauan perancang sistem perpipaan ialah sanggup mengalirkan fluida dengan meminimalisir tenaga pompa, serta rancangan yang sederhana. Permasalahan yang lain, fluida memiliki sifat-sifat yang mempengaruhi kualitas serta kuantitas aliran yang terjadi pada pipa itu sendiri (Wijanarko, Arsana, and Yunitasari 2019).

Air adalah salah satu jenis fluida yang keberadaannya selalu dibutuhkan. Penyaluran air melalui pipa pastinya mempunyai bermacam kendala. Salah satunya merupakan kehilangan energi yang akan merugikan sebab dapat mengurangi tekanan air untuk sampai ke tujuan yang di rencanakan. Bentuk - bentuk kehilangan energi pada aliran air antara lain dikarenakan terdapat gesekan antara air dan dinding pipa, pergantian diameter pipa, belokan pipa, percabangan pipa, penggunaan sambungan, katup (Mahmudin 2018).

Fluid Friction Apparatus ialah perlengkapan yang berfungsi untuk menguji perilaku aliran yang terjadi pada pipa, seperti kehilangan energi atau *head loss*, baik *head loss mayor* ataupun *head loss minor*. Perlengkapan ini terdiri atas sebagian rangkaian pipa yang dihubungkan menggunakan sambungan serta diukur dengan manometer. Melalui perlengkapan ini, bisa diidentifikasi perilaku yang terjadi pada aliran fluida secara totalitas. Tidak hanya terbuat pabrikan, perlengkapan *Fluid Friction Apparatus* juga bisa dirancang bangun dengan model fisik skala laboratorium (Aristeffany 2018).

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti bermaksud untuk merancang bangun prototipe *Fluid Friction Apparatus* yang dapat digunakan untuk menganalisis kehilangan energi pada skala laboratorium.

TINJAUAN PUSTAKA

Debit dan Kecepatan Aliran

Debit aliran adalah jumlah volume aliran yang mengalir per satuan waktu. Satuan debit yang umum digunakan adalah meter kubik per detik (m^3/s). Besarnya debit dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q = A.V \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan:

Q = Debit aliran (m^3/s)

V = Kecepatan aliran (m/s)

A = Luas penampang pipa (m^2)

Selain dengan persamaan diatas, debit aliran juga bisa dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q = \frac{v}{t} \dots\dots\dots [2]$$

Keterangan:

Q = Debit aliran (m^3/s)

v = Volume aliran (m^3)

t = Waktu aliran (s)

Kecepatan aliran fluida dapat diartikan sebagai besarnya debit yang mengalir persatuan luas.

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots [3]$$

Keterangan:

V = Kecepatan atau laju aliran (m/s)

Q = Debit aliran (m^3/s)

A = Luas penampang pipa (m^2)

Bilangan Reynold

Bilangan *Reynold* merupakan bilangan tak berdimensi yang dapat membedakan jenis aliran yang terjadi didalam sistem perpipaan. Diasumsikan *laminer* bila bilangan *Reynold* <2300 , untuk aliran *transisi* bilangan *Reynold* $2300 < Re < 4000$ dan termasuk jenis aliran *turbulen* bila bilangan *Reynold* >4000 . *Reynold* dapat dinyatakan dengan persamaan,

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \dots\dots\dots [6]$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran rata-rata fluida (m/s)

D = Diameter dalam pipa (m)

μ = Viskositas dinamik fluida (Pa.s)

ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

Kehilangan Energi (*Head Loss*)

Kehilangan energi atau *head loss* merupakan salah satu permasalahan yang terjadi pada sistem perpipaan. *Head loss* dibedakan menjadi dua jenis yaitu *head loss mayor* dan *head loss minor*. *Head loss mayor* adalah kehilangan energi karena gesekan antara fuida dengan dinding pipa dengan luas penampang tetap atau konstan. *Head loss mayor* dapat dihitung dengan persamaan *Darcy Weisbach* sebagai berikut,

$$H_f = f \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots [4]$$

Keterangan:

- H_f = Kehilangan energi akibat gesekan (m)
 - L = Panjang pipa (m)
 - D = Diameter pipa (m)
 - v = Kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)
 - g = Gravitasi bumi = 9,81 (m/s²)
 - f = Faktor gesek (diperoleh dari diagram *moody*)
- Head loss minor* adalah kehilangan energi akibat gesekan yang terjadi pada katup-katup, sambungan Tee, sambungan belokan dan pada luas penampang yang tidak konstan.

$$H_m = k \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots [5]$$

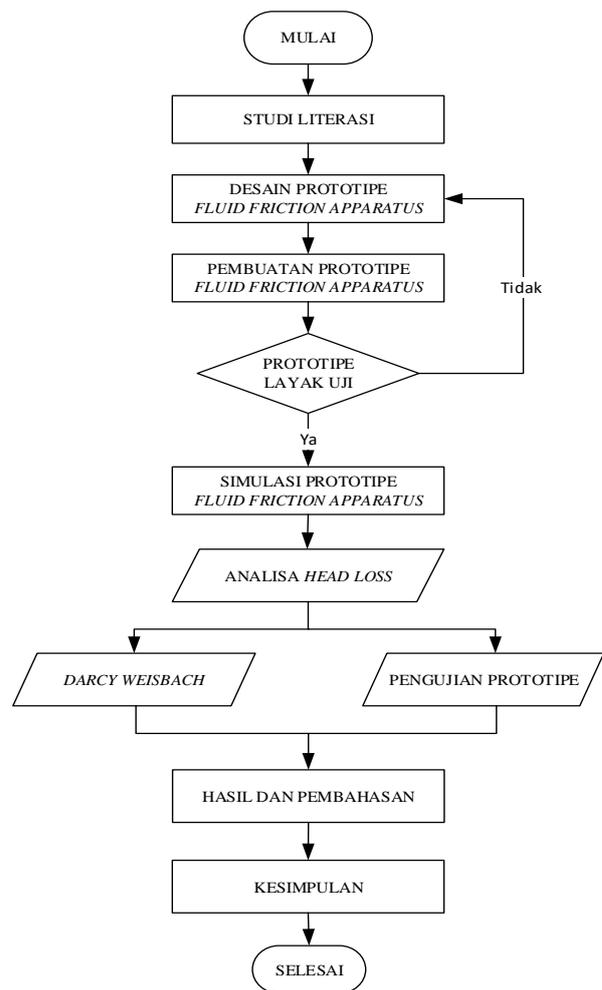
Keterangan:

- H_m = Kehilangan energi minor (m)
- v = Kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)
- g = Gravitasi bumi = 9,81 (m/s²)
- k = Koefisien kerugian

METODE

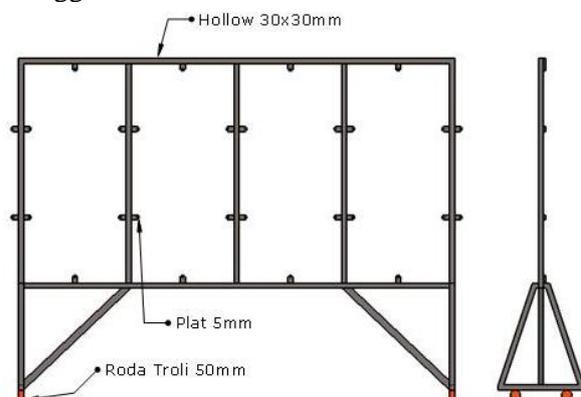
Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D)

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (R&D). Menurut Pratama, Raharjo dan Suprpto (2014:72) dengan membuat desain dan memproduksi satu instalasi perpipaan dengan bentuk rangkaian tertentu dan melakukan pengujian pada setiap sambungan atau perangkat lain yang terpasang terhadap kerugian tekanan yang terjadi. Adapun alur penelitian dapat dilihat pada *flowchart* berikut ini.

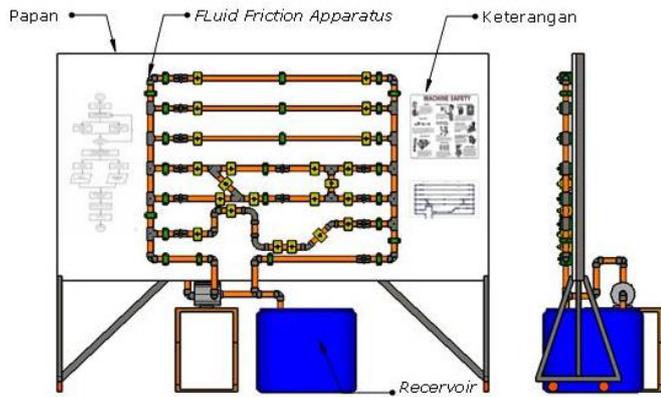


Gambar 1. Flowchart penelitian Desain Prototipe

Desain prototipe terdiri atas 2 bagian utama yaitu bagian rangka dan bagian *fluid friction apparatus*. Bahan dasar pembuatan rangka menggunakan besi hollow ukuran 30x30mm.



Gambar 2. Desain rangka prototipe



Gambar 3. Desain prototipe fluid friction apparatus



Gambar 4. Hasil rancang bangun prototipe fluid friction apparatus

Simulasi Pengujian

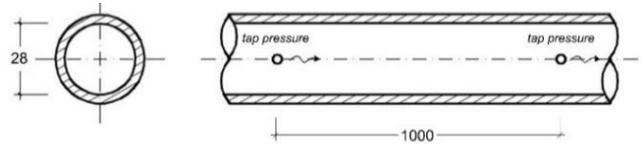
Langkah-langkah pengujian untuk menghitung nilai *head loss mayor* pada prototipe *fluid friction apparatus* adalah sebagai berikut:

- Membuka salah satu jalur pipa yang akan diuji.
- Menyalakan pompa air.
- Setelah aliran stabil, nyalakan *pressure gauge* digital dan aktifkan mode rekam selama pengambilan data.
- Mengambil data volume aliran menggunakan gelas ukur serta mencatat waktu yang dibutuhkan.
- Mencatat nilai tekanan rata-rata yang terekam pada *pressure gauge* digital.
- Lakukan prosedur yang sama pada jalur pipa berikutnya.
- Matikan pompa air selesai pengujian.

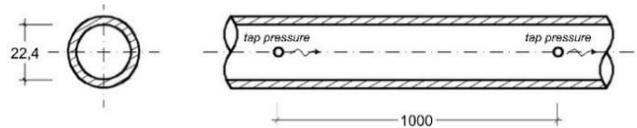
Setiap pengujian dilakukan 10 kali pengamatan dengan variasi diameter 1", ¾" dan ½". Beberapa data yang diambil dari pengujian berupa data volume air yang mengalir persatuan waktu atau debit dan data *pressure drop*.

Jenis Pipa yang Diteliti

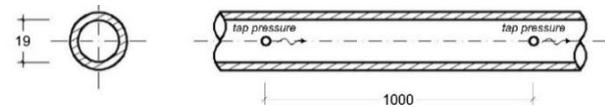
Pipa yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis pipa PVC dari pabrikan yang sama sehingga memiliki spesifikasi yang sama. Variabel yang membedakan adalah diameter pipa yang digunakan terdiri dari 3 diameter yang berbeda yaitu diameter 1", diameter ¾" dan diameter ½". Berikut ini merupakan gambar detail potongan pipa yang diuji.



Gambar 5. Pipa lurus standar 1"



Gambar 6. Pipa lurus standar ¾"



Gambar 7. Pipa lurus standar ½"

Jarak antara titik *inlet* dan *outlet* pada ketiga jenis pipa yang digunakan sama, yaitu 1000 mm atau 1 m.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengujian

Data yang diambil berupa tekanan pada *inlet* dan *outlet* pipa yang terekam pada *pressure gauge* digital. Kemudian diambil nilai rata-rata dari 10 pengamatan untuk setiap diameter pipa yang diuji. Berikut ini merupakan debit dan kecepatan rata-rata yang diperoleh di dari setiap diameter pipa.

Tabel 1. Nilai rata-rata debit dan kecepatan

Diameter Pipa		\bar{Q}	A	\bar{V}
inch	mm	(m ³ /s)	(m ²)	(m/s)
1	32	0,00099	0,00062	1,607
¾	25	0,00096	0,00039	2,431
½	22	0,00094	0,00028	3,311

Sumber data diolah dari hasil uji prototipe

Perhitungan Bilangan Reynold

Sebelum menghitung *head loss mayor*, terlebih dahulu harus mengetahui nilai faktor gesek (*f*) dari digram *moody*.

Untuk mendapatkan nilai *f* terlebih dahulu dicari bilangan *Reynold* dengan menggunakan rumus berikut.

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p29-35>

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \dots\dots\dots [1]$$

Dimana:

- $V = 1,607 \text{ m/s}$
- $D = 1'' \text{ diameter dalam } 0,028 \text{ m}$
- $\mu = 1 \times 10^{-3} \text{ kg/ms}$
- $\rho = \text{Massa jenis fluida (kg/m}^3\text{)}$

Sehingga,

$$Re = \frac{998 \times 1,607 \times 0,028}{0,001}$$

$$Re = 44894 \text{ (turbulen)}$$

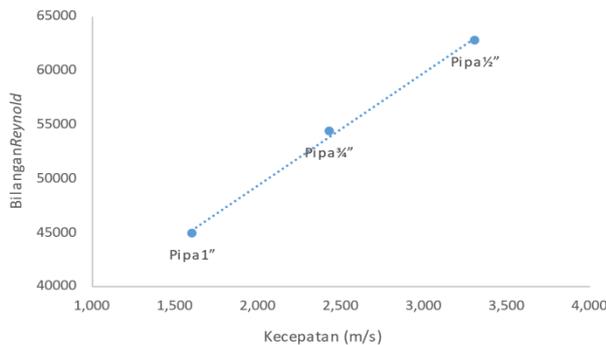
Hasil keseluruhan perhitungan bilangan *Reynold* pada 3 jenis diameter pipa yang berbeda dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Perhitungan bilangan *Reynold*

Pipa	D	L	V	g	f	Hf
Inch	(m)	(m)	(m/s)	(m/s ²)		(m)
1	0,0280	1	44894	9,8	0,0221	0,104
¾	0,0224	1	54343	9,8	0,0216	0,291
½	0,0190	1	62788	9,8	0,0210	0,618

Sumber data diolah dari hasil uji prototype

Dari tabel dapat dilihat bahwa hasil keseluruhan untuk bilangan *Reynold* lebih dari 4000 yang berarti bahwa aliran yang dihasilkan merupakan aliran *turbulen*.



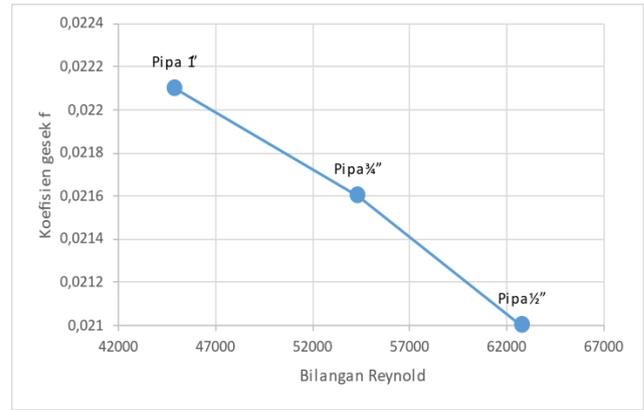
Gambar 8. Grafik kecepatan & bilangan Reynold

Untuk aliran yang bersifat *turbulen* maka nilai *f* dapat dicari dengan menggunakan diagram *Moody*. Hasil keseluruhan pembacaan nilai faktor gesek (*f*) pada diagram *Moody* untuk 3 jenis diameter pipa yang berbeda dapat dilihat pada tabel

Tabel 3. Perhitungan nilai *f*

Diameter Pipa	Diameter dalam pipa	V	Re	f
Inch	mm	(m/s)		
1	32	1,607	44894	0,0221
¾	25	2,431	54343	0,0216
½	22	3,311	62788	0,0210

Sumber data diolah dari hasil uji prototype



Gambar 9. Koefisien gesek & bilangan Reynold

Perhitungan Head Loss Mayor Teoritis

Setelah mendapat setiap parameter yang dibutuhkan maka nilai kerugian *head loss mayor* dapat dihitung:

$$Hf = f \frac{L V^2}{D 2g} \dots\dots\dots [2]$$

Dimana pada pengujian jalur pipa berdiameter 1'' diketahui:

- $f = 0,0221$
- $L = 1 \text{ m}$
- $V = 1,607 \text{ m/s}$
- $D = 0,028$

Sehingga,

$$Hf = 0,0221 \frac{1 \cdot 1,607^2}{0,028 \cdot 2 \times 9,8}$$

$$Hf = 0,104 \text{ m}$$

Hasil keseluruhan perhitungan *head loss mayor* teoritis dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Perhitungan *head loss mayor* teoritis

Diameter Pipa	Diameter dalam pipa	V	Reynold
Inch	mm	(m/s)	
1	32	1,607	44894
¾	25	2,431	54343
½	22	3,311	62788

Sumber data diolah dari hasil uji prototype

Perhitungan Head Loss Mayor Hasil Pengujian

Kehilangan energi *head loss mayor* pada aliran fluida dapat ditunjukkan dengan besarnya penurunan tekanan aliran. Besarnya penurunan tekanan aliran yang diambil adalah nilai rata-rata yang terbaca pada *pressure gauge* digital. Berikut ini merupakan nilai penurunan tekanan yang di rekap dari tabel data hasil pengujian.

Tabel 5. Pembacaan *pressure gauge*

Pipa	Diameter dalam pipa	P	S G	H _f
Inch	(m)	(bar)		(m)
1	0,0280	0,009	1	0,092
¾	0,0224	0,024	1	0,245
½	0,0190	0,056	1	0,571

Besar *head loss mayor* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta H_f = \frac{P}{0,0981.SG} \dots\dots\dots [3]$$

Dimana:

P = 0,009 (*Pressure drop* pada pipa 1")

SG = 1 (*Spesific Gravity of water*)

Sehingga,

$$\Delta H_f = \frac{0,009}{0,0981 \times 1}$$

$$\Delta H_f = 0,092 \text{ m}$$

Hasil keseluruhan perhitungan *head loss mayor* pada 3 jenis diameter pipa yang berbeda dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Perhitungan *head loss mayor* pengujian

Diameter Pipa	Q̄	A	V	P	
Inch	mm	(m ³ /s)	(m ²)	(m/s)	(bar)
1	32	0,0280	0,00062	1,607	0,009
¾	25	0,0224	0,00039	2,431	0,024
½	22	0,0190	0,00028	3,311	0,056

Sumber data diolah dari hasil uji prototype

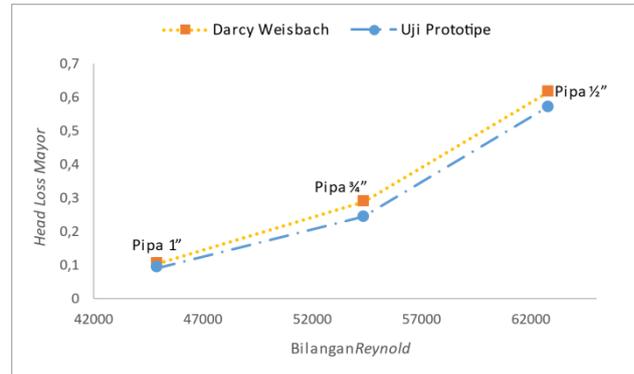
Perbandingan Head Loss Mayor

Berdasarkan kedua hasil perhitungan *head loss mayor*, maka dapat dilihat perbedaan untuk masing-masing perhitungan.

Tabel 7. Perhitungan *head loss mayor* pengujian

Pipa	H _f Teori Darcy Weisbach	H _f Uji Prototype
Inc	(m)	(m)
1	0,104	0,092
¾	0,291	0,245
½	0,618	0,571

Sumber data diolah dari hasil uji prototype



Gambar 9. Grafik *head loss & bilangan Reynold*

Perhitungan Kesalahan Relatif

Perhitungan kesalahan relatif prototipe adalah persentase perbandingan antara hasil perhitungan secara teori *Darcy Weisbach* dan hasil perhitungan pengujian pada prototipe.

Tabel 8. Perhitungan kesalahan relatif

Pipa	H _f Teori Darcy Weisbach	H _f Uji Prototype	Kesalahan Relatif
Inch	(m)	(m)	(%)
1	0,104	0,092	13
¾	0,291	0,245	18
½	0,618	0,571	8

Sumber data diolah dari hasil uji prototype

KESIMPULAN

Prototype *Fluid Friction Apparatus* telah selesai dirancang dengan beberapa tahapan mulai dari proses desain prototipe, perhitungan kebutuhan material sampai pembuatan prototipe. Untuk hasil pengujian kesalahan relatif mendapatkan hasil yang berbeda pada tiap diameter pipa. Pipa diameter 1" sebesar 13%, pipa diameter ¾" 18% dan pipa ½"

Dari variasi diameter yang digunakan menunjukkan bahwa pipa diameter 1" mengalami *head loss mayor* sebesar 0,092 m, pipa diameter ¾" mengalami *head loss mayor* sebesar 0,245 m dan pipa diameter ½" mengalami *head loss mayor* yang terjadi sebesar 0,571 m. Nilai *head loss mayor* mengalami penurunan seiring bertambah besar diameter pipa.

REFERENSI

Apristeffany, Renda. 2018. "Rancang Bangun Fluid Friction Apparatus Menggunakan Konsep Bernoulli Untuk Menganalisis Kehilangan Energi (Headloss) Pada Sistem Perpipaan Fakultas Teknik - Universitas Andalas."
 Fahrudin, Arasy, and Mulyadi Mulyadi. 2018. "Rancang Bangun Alat Uji Head Losses Dengan Variasi Debit Dan Jarak Elbow 90o <https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p29-35>

- Untuk Sistem Perpipaan Yang Efisien.”
Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin
7(1): 32–35.
- 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. *Publikasi Riset*
Orientasi Teknik Sipil (Proteksi), *4(2)*, 67-73.
- Mahmudin. 2018. “Studi Eksperimental Penurunan
Takanan Aliran Melewati Belokan Pipa
Horizontal Dengan Variasi Rasio R / D.”
Teknologi 18: 45–52.
- Priyati, Asih, Sirajuddin Haji Abdullah, and
Khairun Hafiz. 2019. “Analisis Head Losses
Akibat Belokan Pipa 90° (Sambungan
Vertikal) Dengan Pemasangan Tube Bundle.”
Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan
Biosistem 7(1): 95–104.
- Syahputra, Syofyan anwar, and Aspan Panjaitan.
2015. “Pengaruh Debit Aliran Terhadap Head
Losses.”
- Wibowo, Sandi Setya, Kun Suharno, and Sri
Widodo. 2017. “Analisis Debit Fluida Pada
Pipa Elbow 90° Dengan Variasi Diameter
Pipa.” *0259: 48–54.*
- Wijanarko, Diastian Vinaya, I Made Arsana, and
Bellina Yunitasari. 2019. “Rancang Bangun
Trainer Friction Loss Pada Sistem Perpipaan
Sebagai Media Pembelajaran Di
Laboratorium Mekanika Fluida Pada Jurusan
Teknik Mesin Unesa.” *Otopro 13(1): 1.*

Perhitungan Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Batas Kota Kediri – Nganjuk Menggunakan Metode MDPJ 2017

Calculation Flexibility Planning of Kediri – Nganjuk City Boundary Roads Using the 2017 MDPJ Method

R. Endro Wibisono¹, Kresna Dini Fitriani²

¹Prodi Transportasi, Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
Jl. Ketintang, Kec. Gayungan, Kota Surabaya, Indonesia, 60231
Email : endrowibisono@unesa.ac.id

²Prodi Transportasi, Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
Jl. Ketintang, Kec. Gayungan, Kota Surabaya, Indonesia, 60231
Email : kresna.20004@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Ruas Jalan Batas Kota Kediri - Nganjuk merupakan jalan penghubung antar kabupaten sekaligus sebagai jalur konektivitas antar wilayah. Ruas jalan batas Kota Kediri – Nganjuk menjadi jalan akses menuju Bandara Dhoho Kediri yang rencana beroperasi Juni 2023. Pelebaran jalan ini diharapkan dapat meningkatkan aksesibilitas masyarakat dan mendukung operasionalnya Bandara Dhoho Kediri, sehingga perlu adanya metode pelaksanaan yang tepat agar tercapainya target mutu, biaya, serta ketepatan waktu. Tujuan pengamatan ini yaitu untuk mengetahui perhitungan tebal perkerasan yang digunakan dalam pekerjaan pelebaran jalan batas Kota Kediri – Nganjuk, dan untuk mengetahui metode pelaksanaan pelebaran jalan yang dilakukan oleh Dinas PU Bina Marga Provinsi Jatim. Metode yang digunakan dalam perencanaan perkerasan lentur yaitu menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ 2017), dengan pengumpulan data melalui observasi, literatur, dan dokumentasi. Berdasarkan hasil perhitungan data LHR, diperoleh nilai CESA5 dengan umur rencana 10 tahun yaitu sebesar 19.401.953, maka nilai CESA5 berada diantara >10 – 30 juta, berdasarkan Bagan Desain 3B dan didapatkan struktur perkerasan FFF5 dengan ketebalan lapisan perkerasan yang akan digunakan pada perencanaan ruas jalan Batas Kota Kediri – Nganjuk, yaitu : AC WC = 40 mm ; AC BC = 60 mm ; AC Base = 145 mm ; LPA Kelas A = 300 mm

Kata Kunci: Jalan; MDPJ 2017; perkerasan lentur

Abstract

The Kediri - Nganjuk City Limit Road is a connecting road between districts as well as a connectivity route between regions. The Kediri - Nganjuk City boundary road is an access road to Kediri Dhoho Airport which is planned to operate in June 2023. The widening of this road is expected to increase community access and support the operation of Dhoho Kediri Airport, so there is a need for appropriate implementation methods to achieve quality targets, costs, and timeliness. The purpose of this observation is to determine the calculation of pavement thickness used in the road widening work of the Kediri - Nganjuk City limits and to find out the method of road widening implementation carried out by the East Java Provincial Highways Public Works Office. The method used in bending pavement planning is using the Manual Pavement Design method (MDP 2017), with data collection through observation, literature, and documentation. Based on the calculation of LHR data, the value of CESA5 with a 10-year plan life of 19,401,953 was obtained, then the value of CESA5 was between >10 – 30 million, based on Design Chart 3B and obtained FFF5 pavement structure with the thickness of the pavement layer to be used in the planning of the Kediri - Nganjuk City Limits road section, namely: AC WC = 40 mm; AC BC = 60 mm ; AC Base = 145 mm ; LPA Class A = 300 mm

Keywords: Road; MDPJ 2017; pavement bending

PENDAHULUAN

I. Latar Belakang

Perkembangan ekonomi dan sosial budaya suatu daerah sangat dipengaruhi oleh sarana dan prasarana transportasi yang tersedia pada daerah tersebut, karena sarana dan prasarana transportasi menjadi penghubung antara daerah satu dengan daerah lainnya. Jalan adalah prasarana transportasi angkutan darat yang sangat penting dalam memperlancar kegiatan hubungan perekonomian, baik antara satu kota dengan kota lainnya, antara kota dengan desa, antara satu desa dengan desa lainnya (Udiana 2014). Seiring meningkatnya perkembangan suatu daerah dalam meningkatkan taraf hidup serta untuk memajukan perekonomian, diperlukan dukungan prasarana jalan yang memadai (Ardiyana and Siswoyo 2019).

Program peningkatan jalan berupa pelebaran jalan merupakan salah satu upaya pemerintah dalam mendukung pencapaian sasaran pembangunan di Kota Kediri. Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur yang memiliki wewenang dan tanggung jawab dalam pembinaan sarana transportasi jalan dan jembatan terus berupaya untuk memenuhi kebutuhan masyarakat di bidang infrastruktur jalan, khususnya jalan perkotaan (Juarsyah, Despa, and Septiana 2022). Pemilihan lokasi pelebaran jalan yaitu pada batas Kota Kediri – Nganjuk karena jalan tersebut merupakan akses menuju Bandara Dhoho Kediri yang rencananya akan beroperasi Juni 2023, serta penghubung antar kabupaten / sebagai konektivitas antar wilayah yang diharapkan dapat mendukung operasional Bandara Dhoho Kediri dan konektivitas antar wilayah.

Berpijak pada hal tersebut, maka pelebaran jalan dimaksudkan dapat meningkatkan kuantitas maupun kualitas jalan yang memenuhi kebutuhan masyarakat, baik untuk kenyamanan dan keamanan bagi pengemudi dari suatu daerah ke daerah lain, serta meningkatkan aksesibilitas dan konektivitas masyarakat antar wilayah sehingga dapat meningkatkan perekonomian wilayah sekitar dan menumbuhkan pusat-pusat pertumbuhan baru di kawasan tersebut. Oleh karena itu diperlukan perencanaan perkerasan yang tepat dalam proyek pelebaran jalan sehingga sangat diharapkan pertumbuhan lalu lintas di daerah tersebut menjadi lebih baik serta dapat meningkatkan pelayanan kendaraan yang melintas di jalan Kediri – Nganjuk.

II. Rumusan Masalah

1. Bagaimana menghitung tebal perkerasan yang digunakan pada peningkatan dan pelebaran jalan batas Kota Kediri – Nganjuk menggunakan metode MDP 2017.

2. Bagaimana cara perencanaan desain fondasi pada pelebaran jalan batas Kota Kediri – Nganjuk menggunakan metode MDP 2017?

III. Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak terlalu luas tinjaunnya, maka diperlukan adanya batasan-batasan masalah sebagai berikut.

1. Pengamatan dilakukan pada batas Kota Kediri – Nganjuk
2. Metode yang digunakan dalam perhitungan tebal perkerasan pelebaran jalan yaitu menggunakan metode Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP 2017)

TINJAUAN PUSTAKA

1. Definisi Jalan

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang menghubungkan antara satu daerah dengan daerah lainnya untuk memudahkan mobilitas dan aksesibilitas sehingga sangat berpengaruh terhadap kemajuan bidang ekonomi, sosial, budaya maupun politik di suatu wilayah (A Faritzie, Djohan, and Wijaya 2020).

2. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas yang terletak di antara lapisan tanah dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya (Juarsyah et al. 2022).

Bagian perkerasan jalan umumnya meliputi: lapis pondasi bawah (sub base course), lapis pondasi (base course), dan lapis permukaan (surface course). Berdasarkan bahan pengikat yang menyusunnya konstruksi perkerasan jalan dibedakan atas beberapa jenis antara lain :

- a) Konstruksi Perkerasan Lentur (Flexible Pavement) : yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dimana lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

- b) Konstruksi Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) : yaitu perkerasan yang menggunakan semen (Portland Cement) sebagai bahan pengikat dimana plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah sehingga beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.
- c) Konstruksi Perkerasan Komposit : yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya.

3. CBR Desain

CBR Desain diperoleh dengan mengalikan CBR Segmen dengan faktor penyesuaian. Pengujian DCP dilakukan pada saat musim peralihan, maka faktor penyesuaian diambil 0,80. Perhitungan CBR Karakteristik dapat dilihat dibawah ini menggunakan Metode distribusi normal standar. Jika tersedia cukup data yang valid (minimum 10 titik data uji per segmen yang seragam) rumus berikut ini dapat digunakan:

$$\text{CBR karakteristik} = \text{CBR rata-rata} - f \times \text{deviasi standar} \dots [1]$$

Keterangan :

- $f = 1,645$ (probabilitas 95%), untuk jalan tol atau jalan bebas hambatan.
- $f = 1,282$ (probabilitas 90%) untuk jalan kolektor dan arteri.
- $f = 0,842$ (probabilitas 80%), untuk jalan lokal dan jalan kecil.
- Koefisien variasi (CV) maksimum dari data CBR untuk suatu segmen tidak lebih besar dari 25%. Koefisien variasi sampai dengan 30% masih boleh digunakan. Apabila jumlah data per segmen kurang dari 10 maka nilai CBR terkecil dapat mewakili sebagai CBR segmen.

4. Manual Desain Perkerasan Tahun 2017

Metode manual desain perkerasan Nomor 02/M/BM//2017 atau revisi 2017 merupakan pembaharuan dari metode MDP 2013. Revisi MDP 2017 meliputi perubahan struktur penyajian dan perbaikan serta penambahan pada kandungan manual. Sejumlah bahan yang ditambahkan seperti penggunaan nilai karakteristik VDF jenis-jenis kendaraan niaga berdasarkan wilayah untuk kondisi beban nyata dan kondisi beban normal, pertumbuhan lalu lintas per wilayah, penegasan penggunaan ESA4 dan ESA5 dan lain-lain (MDP 2017). Berikut merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan tebal perkerasan:

1. Umur Rencana
2. Pemilihan Struktur Perkerasan
3. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Rumus Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas Kumulatif :

$$R = \frac{(1 + 0,01 i)^{UR} - 1}{0,01 i} \dots [2]$$

Keterangan :

- R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif
 i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)
 UR = umur rencana (tahun)

4. Zona Iklim
5. Desain Fondasi Jalan
6. Desain Perkerasan

5. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut :

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \dots [3]$$

Dimana :

- ESA_{TH-1} : Kumulatif Lintasan Sumbu Standar Ekiwalen (equivalent standard axle) pada tahun pertama.
- LHR_{JK} : Lintas Harian Rata – Rata Tiap Jenis Kendaraan Niaga (satuan kendaraan per hari).
- VDF_{JK} : Faktor Ekiwalen Beban (Vehicle Damage Factor) tiap jenis kendaraan niaga.
- DD : Faktor Distribusi Arah.
- DL : Faktor Distribusi Lajur
- $CESAL$: Kumulatif Beban Sumbu Standar Ekiwalen Selama Umur Rencana.
- R : Faktor Pengali Pertumbuhan Lalu Lintas Kumulatif.

6. E – Purchasing Pekerjaan Konstruksi

E – Purchasing merupakan sebuah sistem pengadaan barang/jasa pemerintah secara elektronik (*e-procurement*) yang dilakukan dengan cara e-tendering yaitu tata cara pemilihan penyedia barang/jasa yang dapat diikuti oleh penyedia

barang/jasa yang terdaftar pada sistem pengadaan secara elektronik dengan cara menyampaikan satu kali penawaran dalam waktu yang telah ditentukan (Imam, Hardjomuljadi, and Amin 2022). Katalog elektronik dinilai sebagai langkah untuk memulai pengadaan dengan cara *e-purchasing* dalam rangka meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam ketepatan serta kecepatan waktu.

METODE

Pengamatan dilakukan di ruas jalan batas Kota Kediri - Nganjuk. Pengamatan difokuskan pada perencanaan perkerasan lentur pada proyek peningkatan dan pelebaran jalan Kediri - Nganjuk. Pengamatan ini dilakukan dengan pendekatan kualitatif dengan proses yang rinci dan spesifik tentang bagaimana memperoleh tebal perkerasan dan metode pelaksanaan pelebaran jalan.

Metode pengamatan yang digunakan dalam pengamatan ini yaitu menggunakan metode observasi lapangan, literatur, dan dokumentasi. Metode observasi lapangan adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui pengamatan di lapangan berkaitan dengan kondisi jalan pada batas Kota Kediri – Nganjuk. Studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelolah bahan penelitian. Metode Dokumentasi dilakukan untuk mengumpulkan data yang bersumber dari arsip dan dokumen.

Prosedur pengambilan data dilakukan beberapa tahap, yaitu perumusan dan identifikasi masalah, observasi dan peninjauan langsung di lokasi masalah, penentuan kebutuhan data, pengumpulan data, dan pengolahan data.

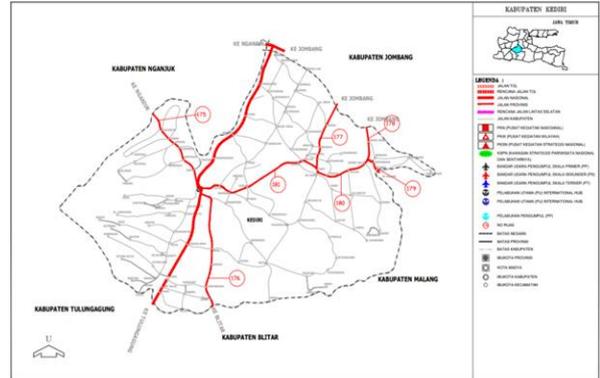
Pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk menemukan penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Adapun data yang diperlukan dalam perencanaan perkerasan lentur pada proyek pelebaran jalan batas Kota Kediri – Nganjuk yaitu :

- a) Data LHR
- b) Kondisi Eksisting
- c) Peta Lokasi
- d) Data CBR Lapangan

Analisa dan Pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data yang telah ada, yang kemudian dilakukan penganalisaan sebagai alternatif perencanaan desain pondasi dan perencanaan tebal perkerasan lentur.

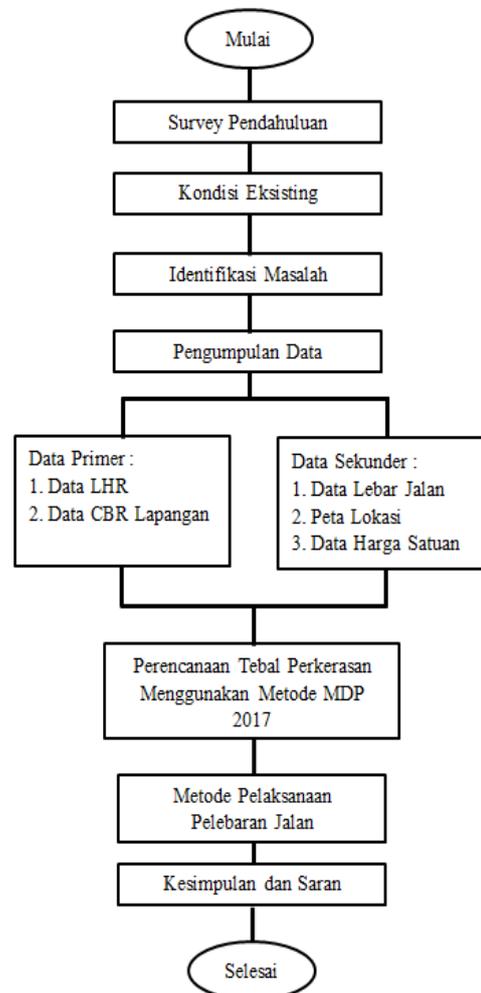
Lokasi Pengamatan

Perencanaan pelebaran jalan berlokasi di ruas jalan batas Kota Kediri – Nganjuk. Kondisi eksisting jalan yaitu panjang jalan 10,28 km dan lebar eksisting 6m.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengamatan

BAGAN ALIR



Gambar 2. Diagram Alir

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p36-43>

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dalam perencanaan ini, metode yang digunakan untuk merencanakan tebal perkerasan di Jalan Batas Kota Kediri – Nganjuk adalah Metode Manual Desain Perkerasan Tahun 2017. Ruas jalan Batas Kota Kediri - Nganjuk merupakan jalan Provinsi dengan tipe jalan 2 lajur, 2 arah. Panjang Jalan 10,28 km, kemantapan Jalan 2022 : 85,41 %, dan lebar eksisting 6,00 m. Indikasi kebutuhan dengan target jalan efektif 5,22 km. Penanganan pada Km Nganjuk 15+130 – 20+350, dengan peningkatan berupa peningkatan kapasitas jalan dan struktur.

A. Data lalu lintas harian rata – rata (LHR)

Parameter yang penting dalam analisis struktur perkerasan adalah data lalu lintas yang diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Pertumbuhan Lalu-lintas Harian Rata-rata (LHR) Ruas Jalan Batas Kota Kediri Nganjuk pada tahun 2021 berdasarkan hasil survei dan pengolahan data pada dinas terkait seperti tampak pada Tabel 1. berikut ini :

Tabel 1. Pertumbuhan Lalu-lintas Harian Rata - rata Ruas Jalan Batas Kota Kediri – Nganjuk Tahun 2021

Golongan Kendaraan	Tipe	LHR 2021
1	Sepeda Motor	74.568
2	Sedan/Jeep	7.392
3	Minibus	1.902
4	Pick up	3.365
5a	Bus Kecil	244
5b	Bus Besar	514
6a	Truck/Truck Tangki 2 sumbu 3/4"	2.056
6b	Truck/Truck Tangki 2 sumbu	463
7a	Truck/Truck Tangki 3 sumbu	323
7b	Truck/Truck Tangki Gandeng	171
7c	Truck semi Trailer/Truck Trailer	125
8	Kendaraan Tidak Bermotor dan Gerobak	1.009

Sumber : Dinas PU Bina Marga Provinsi Jatim

B. Data CBR (*California Bearing Ratio*)

Berikut merupakan data CBR Lapangan yang akan digunakan dalam perhitungan tebal perkerasan lentur dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data CBR Lapangan

Lokasi	STA/Km	CBR Unsoaked %	CBR Soaked %
TP1	Km. Nganjuk 15 + 250 (Kanan)	5,01	3,24
TP2	Km. Nganjuk 16 + 300 (Kanan)	7,8	5,11
TP3	Km. Nganjuk 18 + 305 (Kiri)	4,62	3,24
TP4	Km. Nganjuk 18 + 630 (Kiri)	4,62	3,05
TP5	Km. Nganjuk 19 + 450 (Kiri)	4,62	3,24
TP6	Km. Nganjuk 20 + 400 (Kiri)	7,28	5,21
TP7	Km. Nganjuk 21 + 800 (Kanan)	4,72	3,24
TP8	Km. Nganjuk 22 + 700 (Kiri)	1,08	0,69
TP9	Km. Nganjuk 23 + 600 (Kanan)	1,87	1,38
TP10	Km. Nganjuk 25 + 400 (Kiri)	6,1	4,52

Sumber : Dinas PU Bina Marga Provinsi Jatim

Data CBR pada tabel tersebut merupakan CBR hasil Uji laboratorium (CBR rendaman). Pengambilan data tanah dilakukan secara sampling (acak), sehingga bisa saja terjadi salah satu data yang tidak berkesinambungan dengan data lain. Maka apabila didapatkan salah satu nilai CBR yang tidak berkesinambungan sebaiknya tidak perlu dimasukkan dalam perhitungan, karena akan merusak analisa statistic. Berdasarkan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP) No. 02/M/BM/2017 apabila jumlah data per kurang dari 10 maka nilai CBR terkecil dapat mewakili sebagai CBR.

CBR Desain

Berdasarkan data CBR hasil Uji laboratorium (CBR rendaman) pada tabel 2 maka hasil CBR Karakteristik menggunakan metode MDP 2017 yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{CBR karakteristik} &= \text{CBR rata-rata} - f \times \text{deviasi standar} \\
 &= 3,292 - 1,282 \times (3,292 \times 20\%) \\
 &= 2,45\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CBR Desain} &= \text{CBR Karakteristik} \times \text{faktor penyesuaian} \\ &= 2,45 \times 0,8 \\ &= 1,9 / 2\% \text{ (dibulatkan)} \end{aligned}$$

C. Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode MDP 2017

Metode perhitungan tebal perkerasan lentur yang digunakan pada Perencanaan Pelebaran Jalan Batas Kota Kediri – Nganjuk yaitu menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) 2017 tentang Manual Perkerasan Jalan. Berikut adalah data perencanaan dalam perhitungan tebal lapis perkerasan lentur dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data Perencanaan Beban Lalu Lintas

Klasifikasi Jalan	Jalan Provinsi
Umur Rencana	10 Tahun
Faktor Laju Pertumbuhan lalu lintas (i)	3,50%
Faktor Distribusi Lajur (DL)	80%
Faktor Distribusi Arah(DD)	0,50

$$R = \frac{(1 + 0,01 i)^{UR} - 1}{0,01 i}$$

Rumus Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas Kumulatif

Keterangan :
R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif
i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)
UR = umur rencana (tahun)

Sumber : MDP 2017

Faktor Ekuivalen Beban

Nilai faktor ekuivalen beban (Vehicle Damage Factor/ VDF) untuk setiap jenis kendaraan dapat dilihat pada Tabel 4. sebagai berikut:

Tabel 4. Faktor Ekuivalen Beban

Golongan Kendaraan	Tipe	VDF4	VDF5
1	Sepeda Motor	-	-
2	Sedan/Jeep	-	-
3	Minibus	-	-
4	Pick up	-	-
5a	Bus Kecil	-	-
5b	Bus Besar	1	1
6a	Truck/Truck Tangki 2 sumbu 3/4"	0,55	0,5

Golongan Kendaraan	Tipe	VDF4	VDF5
6b	Truck/Truck Tangki 2 sumbu	4	5,1
7a	Truck/Truck Tangki 3 sumbu	4,7	6,4
7b	Truck/Truck Tangki Gandeng	9,4	13
7c	Truck semi Trailer/Truck Trailer	7,4	9,7
8	Kendaraan Tidak Bermotor dan Gerobak	-	-

Sumber : MDP 2017

Beban Sumbu Standar Kumulatif

Hasil perhitungan CESA4 dan CESA5 dapat dilihat pada Tabel 5. berikut ini:

Tabel 5. Hasil Perhitungan CESA4 dan CESA5

Gol. Kend	LHR 2021	LHR 2031	VDF 4	VDF 5	ESA 4 ('2021-2031)	ESA 5 ('2021-2031)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	74.568	105.186	-	-	-	-
2	7.392	10.427	-	-	-	-
3	1.902	2.683	-	-	-	-
4	3.365	4.747	-	-	-	-
5a	244	344	-	-	-	-
5b	514	725	1	1	1.060.239	1.060.239
6a	2.056	2.900	0,55	0,5	2.332.525	2.120.477
6b	463	653	4	5,1	3.820.159	4.870.703
7a	323	456	4,7	6,4	3.131.417	4.264.057
7b	171	241	9,4	13	3.315.618	4.585.429
7c	125	176	7,4	9,7	1.908.017	2.501.049
8	1.009	1.423	-	-	-	-
Total CESAL					15.567.973	19.401.953

Sumber : Hasil Perhitungan CESAL menggunakan Excel

$$(3) = (2) \times (1+0,035)^{10}$$

(4) dan (5) dari tabel 4.4.

$$(6) = (3) \times (4) \times 365 \times 0,50 \times 0,8 \times R(2021-2031)^*$$

$$(7) = (3) \times (5) \times 365 \times 0,50 \times 0,8 \times R(2021-2031)^*$$

Pemilihan Jenis Perkerasan

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai CESA4 15.567.973 dan Nilai CESA5 19.401.953 selanjutnya, nilai CESA5 digunakan untuk pemilihan jenis perkerasan yang ada pada Gambar 3. berikut ini :

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 - 0,5	0,1 - 4	>4 - 10	>10 - 30	>30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR \geq 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Gambar 3. Pemilihan Jenis Perkerasan

Dari hasil perhitungan sebelumnya diperoleh nilai CESA5 dengan umur rencana 10 tahun yaitu sebesar 19.401.953, maka nilai CESA5 berada diantara >10 – 30 juta, berdasarkan tabel Pemilihan Jenis Perkerasan, maka diperoleh tipe perkerasan AC tebal \geq 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5) dengan menggunakan Bagan Desain 3B sebagai acuan dalam menentukan tebal perkerasan.

Tebal Perkerasan Lentur

Alternatif tebal perkerasan pada struktur perkerasan lentur yang sesuai pada nilai CESA5 yang diperoleh sebesar 19.401.953 ESAL dapat dilihat pada bagan desain 3B Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir pada Gambar 4. berikut ini :

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
	Solusi yang dipilih				Lihat Catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESAS)	<2	\geq 2-4	>4-7	>7-10	>10-20	>20-30	>30-50	>50-100	>100-200
	KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA Kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1			2			3		

Gambar 4. Bagan Desain 3B Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Fondasi Berbutir

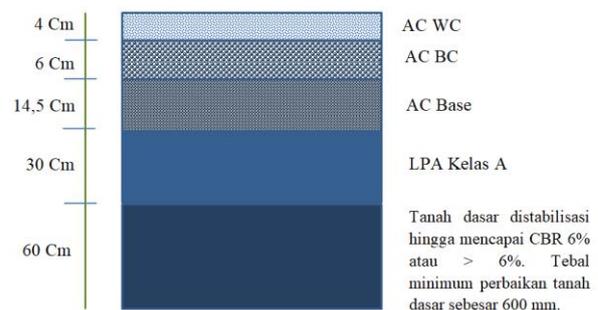
Dari tabel diatas didapatkan struktur perkerasan FFF5 dengan ketebalan lapisan

perkerasan yang akan digunakan pada perencanaan ruas jalan Batas Kota Kediri – Nganjuk, yaitu :

- AC – WC = 40 mm
- AC – BC = 60 mm
- AC – Base = 145 mm
- LPA Kelas A = 300 mm

Perencanaan Desain Fondasi Perkerasan

Nilai *California Bearing Ratio* (CBR) tanah dasar yang digunakan merupakan CBR rendaman hasil laboratorium yang kemudian didapatkan nilai CBR Desain sebesar 2%. Dari hasil penelitian CBR tanah dasar, CBR Desain yang telah di peroleh memiliki nilai yang sangat rendah, sehingga apabila nilai CBR Desain < 6%, kemudian direncanakan desain fondasi seperti pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Desain Fondasi Perkerasan Lentur

Keberlanjutan setelah penentuan tebal perkerasan lentur adalah pelaksanaan pekerjaan konstruksi pelebaran jalan dilaksanakan berdasarkan ketentuan atau spesifikasi teknis melalui tahapan pekerjaan secara berurutan guna mencapai tujuan akhir proyek yang telah di sepakati bersama. Selain itu, dalam pelaksanaan pekerjaan pelebaran jalan juga harus memperhatikan kegiatan lainnya berupa kegiatan penggunaan alat berat yang sesuai dengan metode serta waktu (*time schedule*) yang telah di ditetapkan sehingga dapat menghasilkan pekerjaan yang tepat sesuai dengan target yang telah di ditetapkan (Murniati, Farizal, and Sari 2022).

Berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga tahun 2018 revisi 2 mengenai pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan, standar pelaksanaan pekerjaan harus mengacu pada Peraturan Pemerintah, Peraturan Daerah yang berlaku, maupun ketentuan – ketentuan tentang pelestarian sumber daya alam dan lingkungan hidup. Selain itu, Standart Nasional Indonesia (SNI) harus digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan Pelebaran Jalan.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan mengenai perencanaan perhitungan tebal perkerasan dan metode pelaksanaan pekerjaan pelebaran jalan, maka penulis dapat menarik kesimpulan yaitu

Berdasarkan hasil perhitungan data LHR, diperoleh nilai CESA5 dengan umur rencana 10 tahun yaitu sebesar 19.401.953, maka nilai CESA5 berada diantara >10 – 30 juta, berdasarkan tabel Pemilihan Jenis Perkerasan, maka diperoleh tipe perkerasan AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5) dengan menggunakan Bagan Desain 3B sebagai acuan dalam menentukan tebal perkerasan. Berdasarkan Bagan Desain 3B didapatkan struktur perkerasan FFF5 dengan ketebalan lapisan perkerasan yang akan digunakan pada perencanaan ruas jalan Batas Kota Kediri – Nganjuk, yaitu AC – WC = 40 mm ; AC – BC = 60 mm ; AC – Base = 145 mm ; LPA Kelas A = 300 mm

Nilai CBR Desain yang diperoleh diperiksa lagi dan akan dilakukan perbaikan tanah apabila nilainya belum memenuhi nilai minimum $CBR \geq 6$, sesuai tabel penentuan desain fondasi jalan Manual Desain Perkerasan 2017. Nilai CBR Desain tanah dasar untuk untuk STA 15 + 250 – STA 25 + 400 yaitu sebesar 2%, yang berarti tidak memenuhi CBR minimum yang disyaratkan dan sangat perlu dilakukan stabilisasi tanah dengan menggunakan material pilihan (urugan pilihan). Ketebalan minimal lapis penopang (capping layers) untuk mencapai CBR desain 6% adalah 200mm dengan material yang digunakan sebagai lapis penopang berupa bahan timbunan pilihan dengan material berbutir yang kepekaan terhadap kadar air rendah.

Keberlanjutan penelitian Pelaksanaan pekerjaan pelebaran jalan harus mengacu pada Peraturan Pemerintah, Peraturan Daerah yang berlaku, maupun ketentuan – ketentuan seperti spesifikasi umum Bina Marga tahun 2018 mengenai pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan. Selain itu, Standart Nasional Indonesia (SNI) harus digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan Pelebaran Jalan.

SARAN

Tahap perencanaan, pada proyek konstruksi pelebaran jalan merupakan tahap yang dilakukan untuk mengetahui bagaimana metode pelaksanaan pengaspalan jalan yang seharusnya diterapkan dilapangan berdasarkan data yang didapat dari lokasi penelitian. Perencanaan perkerasan yang digunakan pada proyek pelebaran jalan ini

menggunakan metode yang mengacu pada Manual Desain Perkerasan Jalan (MDP 2017). Data yang diperlukan dalam perhitungan perkerasan jalan yaitu Data LHR dan Data CBR Tanah Dasar.

REFERENSI

- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. 2017. “Manual Desain Perkerasan Jalan”. *Nomor.04/SE/DB/2017. Jakarta.*
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. “Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan (revisi 2)”. Jakarta Selatan.
- A Faritzie, Hariman, Bahder Djohan, and Berri Wijaya. 2020. “Pengaruh Volume Kendaraan Terhadap Tingkatkerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)”. *Jurnal Teknik Sipil 9(2):100–107.*
- Juarsyah, Muhammad, Dikpride Despa, and Trisya Septiana. 2022. “Pengawasan Pekerjaan Pelebaran Jalan Menuju Standar Ruas Kotabumi – Ketapang Di Kabupaten Lampung Utara”. *Jurnal Rekayasa Lampung 1(3).*
- Ardiyana, Rima Rafisa, and Siswoyo Siswoyo. 2019. “Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dan Anggaran Biaya Di Jalan Pare-Kediri Kota Kediri”. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi 7(2):113–24.*
- Udiana, dkk. 2014. “Analisis Faktor Penyebab Kerusakan Jalan”. *Jurnal Teknik Sipil 3(1):13–18.*
- Imam, Khairul, Sarwono Hardjomuljadi, and Mawardi Amin. 2022. “Pemilihan Penyedia Pekerjaan Konstruksi Oleh Pengguna Jasa Dengan Metode E-Purchasing Di Dinas Bina Marga Provinsi DKI Jakarta.” *Jurnal Konstruksia 13(i):155–68.*
- Murniati, Sara, Teuku Farizal, and Dewi Purnama Sari. 2022. “Kajian Pelaksanaan Peningkatan Jalan Areal Tugu Parasamya Gampong Ujong Kalak Kabupaten Aceh Barat”. *Jurnal Media Teknik Sipil Universitas Samudra Vol 3, No 2., November 2022.*
- Widayanti, A., Wibisono, R. E., & Sari, C. K. 2020. Tipe Kerusakan Jalan Provinsi dan Penentuan Skala Prioritas Penanganan di Kabupaten Lamongan. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi), 2(2), 73-83.*

Peran Unit Pengelola Bendungan Dalam Pengelolaan Bendungan Berkelanjutan Di Satker OP BBWS Brantas (Studi Kasus UPB Bendungan Babjulmati Dan Bendungan Nipah)

The Role Of The Dam Management Unit In Sustainable Dam At Satker OP BBWS (Case Study of UPB Babjulmati Dam and Nipah Dam)

Anna Rosytha¹, Wiel Mushawiry Suryana²

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya

² BBWS Brantas, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Email : annarosytha79@gmail.com

Abstrak

Potensi sumber daya air di Indonesia saat ini $\hat{A}\pm 3.900$ miliar meter kubik setiap tahunnya dan Indonesia menempati urutan ke-5 di dunia dalam hal potensi cadangan air, namun hanya 25% yang bisa dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan seperti irigasi, air baku dan industri. Di Indonesia saat ini terdapat 244 bendungan (terregistrasi di Balai Teknik Bendungan per Agustus 2021) dan reservoir dengan luas sekitar + 108.183 hektar, jumlah bendungan di Indonesia akan terus bertambah seiring pembangunan 61 bendungan proyek strategis nasional, bendungan pembangkit listrik tenaga air dan bendungan limbah tambang. Dalam pengelolaan bendungan, Unit Pengelola Bendungan (UPB) memiliki peranan yang penting dalam operasi, pemeliharaan dan pemantauan bendungan. Studi penelitian pada paper ini merupakan studi kasus dan studi literatur, dengan menggunakan data primer dan data sekunder. Analisa studi dan kajian data, dokumen teknis dan peraturan terkait, hasil diskusi/sidang teknis dengan unit pengelola bendungan serta inspeksi lapangan ke Bendungan Nipah dan Bendungan Bajulmati. Hasil dari penelitian ini adalah berdasar pada pengelolaan pada kedua bendungan tersebut bahwa UPB memiliki peranan besar dalam pengelolaan bendungan berkelanjutan dan menjadi bagian penting dari upaya untuk mencapai pengelolaan Pengelolaan Cerdas Sumber Daya Air atau Smart Water Management (SWM).

Kata Kunci: Operasi bendungan; pemeliharaan bendungan; unit pengelola bendungan

Abstract

The potential of water resources in Indonesia is currently $\pm 3,900$ billion cubic meters annually and at ranks 5th in the world in terms of potential water reserves, but only 25% can be utilized for various needs such as irrigation, raw water and industry. In Indonesia, currently there are 244 dams (registered at the Dam Engineering Center as of August 2021) and reservoirs with an area of around + 108,183 hectares. In dam management, Unit Pengelola Bendungan (UPB) has an important role in dam operation, maintenance and monitoring. The research study in this paper is a case study and literature study, using primary data and secondary data. Analysis of studies and studies of data, technical documents and related regulations, results of discussions/technical meetings with the dam management unit as well as field inspections to the Nipah Dam and Bajulmati Dam. The results of this study are based on the management of the two dams that the UPB has a major role in sustainable dam management and is an important part of efforts to achieve Smart Water Resources Management (SWM).

Keywords: Dam operation; dam maintenance; Unit dam operate

PENDAHULUAN

Potensi sumber daya air di Indonesia saat ini ± 3.900 miliar meter kubik setiap tahunnya dan Indonesia menempati urutan ke-5 di dunia dalam hal potensi cadangan air, namun hanya 25% yang bisa dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan seperti irigasi, air baku dan industri.

Tingginya potensi sumber daya air merupakan suatu anugerah, pembangunan dan pengelolaan bendungan yang berkelanjutan merupakan salah satu upaya untuk mendukung terwujudnya kedaulatan air yang akan mendukung ketahanan pangan dan energi.

Indonesia saat ini memiliki lebih dari 244 bendungan (terregistrasi di Balai Teknik Bendungan per Agustus 2021 dengan luas reservoir sekitar +108.183 hektar. Berdasar pada data tersebut, perlu dilakukan pengelolaan bendungan sebagai acuan dalam pelaksanaan operasi, pemeliharaan dan pemantauan bendungan beserta waduknya. Dalam pelaksanaan operasional bendungan dibutuhkan pengelolaan bendungan yang baik dan berkelanjutan, di antaranya dengan pemantauan bendungan yang handal dan akurat sesuai dengan visi Pengelolaan sumber daya di wilayah sungai brantas sebagaimana yang tercantum pada Keputusan Menteri Pekerjaan Umum nomor 268/KPTS/M/2010 tentang Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Brantas yakni pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan sebagai landasan kesejahteraan masyarakat.

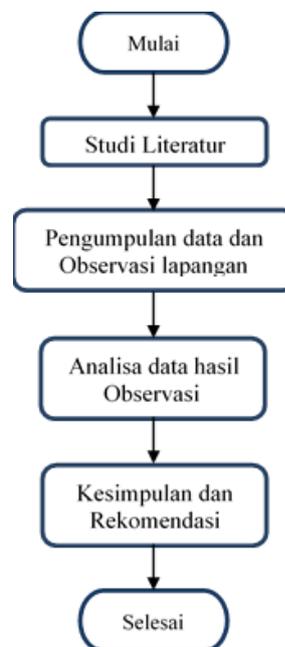
Keamanan bendungan merupakan bagian dari pengelolaan bendungan pada khususnya dan sumberdaya air pada umumnya sebagai bagian dari melaksanakan manajemen air yang terkontrol dan aman karena selain tujuan dan manfaat yang besar, bendungan juga memiliki potensi permasalahan dalam pengelolaannya dimana usia tumpungan bendungan yang sangat dipengaruhi kondisi daerah tangkapan air (DTA) dari daerah hulu dan juga resiko bencana banjir bandang pada daerah hilir jika terjadi kegagalan bendungan.

Potensi kegagalan suatu bendungan, selain disebabkan oleh kejadian alam yang luar biasa, dapat juga disebabkan antara lain oleh kondisi fisik bangunan yang sudah menurun, kerusakan internal, tidak berfungsinya prasarana bangunan, permasalahan sedimentasi, dan berbagai faktor dalam pengelolaan bendungan.

Studi dilakukan pada pelaksanaan kegiatan pengelolaan bendungan di unit Pengelola Bendungan Nipah dan Bendungan Bajulmati.

METODE

Metode penelitian paper ini menggunakan studi literatur yang berdasar pada kajian dokumen-dokumen teknis, pedoman-pedoman dan peraturan-peraturan yang berlaku, dan studi kasus yang berdasar pada temuan langsung penulis saat inspeksi besar dan hasil wawancara langsung serta diskusi teknis penulis terhadap para pihak yang terlibat langsung dalam pengelolaan bendungan, khususnya operasi dan pemeliharaan bendungan. Gambar diagram alir studi dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

KAJIAN PUSTAKA

Ketentuan umum

Sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat no.27/KPTS/M/2015 tentang Bendungan, beberapa ketentuan mengenai bendungan dan pengelola bendungan yakni :

1. Bendungan adalah bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, dan beton, yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang, atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk.
2. Kegagalan bendungan adalah keruntuhan sebagian atau seluruh bendungan atau bangunan pelengkap dan/atau kerusakan yang mengakibatkan tidak berfungsinya bendungan.
3. Pengamanan bendungan adalah kegiatan yang secara sistematis dilakukan untuk mencegah atau menghindari kemungkinan terjadinya kegagalan bendungan.
4. Pengelola bendungan adalah instansi pemerintah yang ditunjuk oleh Pemilik bendungan, badan

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p44-50>

- usaha yang ditunjuk oleh Pemilik bendungan, atau Pemilik bendungan untuk menyelenggarakan pengelolaan bendungan beserta waduknya.
5. Unit pengelola bendungan adalah unit yang merupakan bagian dari Pengelola bendungan yang ditetapkan oleh Pemilik bendungan untuk melaksanakan pengelolaan bendungan beserta waduknya.
 6. Daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung peri kehidupan manusia dan makhluk hidup lain.
 7. Pengelolaan bendungan beserta waduknya untuk pengelolaan sumber daya air ditujukan untuk menjamin kelestarian fungsi, manfaat bendungan beserta waduknya, efektivitas dan efisiensi pemanfaatan air serta keamanan bendungan.
 8. Pengelolaan bendungan beserta waduknya sebagaimana dimaksud dilaksanakan dengan memperhatikan keseimbangan ekosistem dan daya dukung lingkungan hidup yang diselenggarakan melalui kegiatan operasi dan pemeliharaan, konservasi sumber daya air pada waduk, pendayagunaan waduk serta pengendalian daya rusak air melalui pengendalian bendungan beserta waduknya
 9. Pengelola bendungan dalam melaksanakan pengelolaan bendungan beserta waduknya, dibantu oleh unit pengelola bendungan.

Strategi Pengelolaan Cerdas Sumber Daya Air atau Smart Water Management (SWM)

Terdapat 5 (lima) strategi dalam melaksanakan pengelolaan cerdas sumber daya air yakni :

1. Penyusunan program-program kegiatan yang tersistem (sistemik), dengan baik dan fokus, mulai dari Survey, Investigation, Design, Land Acquisition, Construction, Operation and Maintenance (SIDLACOM), dan juga memastikan agar semua infrastruktur yang dibangun bisa berfungsi dengan baik dan memberikan outcome yang diharapkan..
2. Pengambilan keputusan yang cepat dan berani mengambil resiko.
3. Pelaksanaan pekerjaan yang didukung oleh Team Work yang solid dan ritme kinerja yang proaktif dalam melakukan pemeriksaan, pengawasan lapangan, evaluasi progres dan memecahkan masalah langsung di lapangan.
4. Pengawasan yang detail dan konsisten. Pengawasan dilakukan untuk memastikan bahwa semua penyedia jasa yang terlibat, antara lain kontraktor dan sub-kontraktor bekerja sesuai dengan yang digariskan (desain, mutu, dan waktu penyelesaian), untuk mempercepat waktu

pelaksanaan dan mencapai mutu pekerjaan yang tinggi,

5. Memastikan dan menjamin infrastruktur yang dibangun, dioperasikan dan dipelihara sesuai standar-standar yang berlaku.

Integrated Water Resources Management (IWRM)

IWRM (integrated water resources management) merupakan konsep pengelolaan sumber daya air yang terintegrasi dan melibatkan seluruh pemangku kepentingan dalam suatu pengelolaan sumber daya air dan tidak terbatas oleh kewenangan administratif dan batasan-batasan yang lainnya. Kebutuhan koordinasi antar pemilik kepentingan dapat dijawab dengan pembentukan tim yang dapat merangkul seluruh komponen.

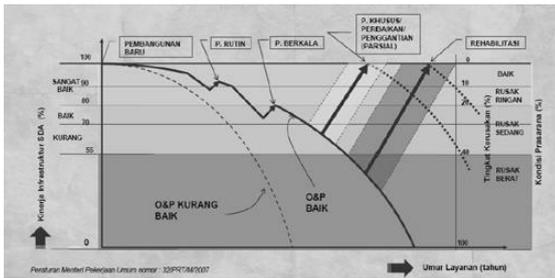
Tim Koordinasi Pengelolaan Sumber Daya Air selanjutnya disebut TKPSDA Wilayah Sungai adalah wadah koordinasi pengelolaan sumber daya air pada wilayah sungai, dan wilayah sungai memiliki pengertian kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan/atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 km² (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 17/PRT/M/2017 tentang Pedoman Pembentukan Tim Koordinasi Pengelolaan Sumber Daya Air Pada Tingkat Wilayah Sungai).

Operasi, pemeliharaan dan pemantauan bendungan

Operasi bendungan dilakukan dengan mengatur keluaran air waduk guna pemenuhan kebutuhan air di hilir, pengendalian banjir, dan pengamanan bendungan pada keadaan darurat atau luar biasa. Operasi bendungan sebagaimana dimaksud pada ayat (1), meliputi operasi normal, untuk memenuhi kebutuhan air dihilir; operasi banjir, untuk pengendalian muka air banjir di waduk dan pengendalian banjir daerah hilir; dan operasi darurat, untuk penurunan muka air waduk secara cepat pada kondisi darurat.

Pemeliharaan Bendungan meliputi pemeliharaan pencegahan, ditujukan untuk mencegah terjadinya kerusakan dan kemunduran mutu bendungan dan bangunan pelengkapannya, serta memperpanjang umur manfaat, pemeliharaan luar biasa, dilakukan berdasar kebutuhan diluar jadwal pemeliharaan yang telah ditetapkan, ditujukan untuk perbaikan kerusakan yang disebabkan oleh kemunduran mutu, banjir, gempa bumi, kemacetan peralatan, kegagalan (struktural, hidrolis, rembesan, operasi, dll), vandalisme, dan lain sebagainya.

Gambar tujuan dan manfaat dari OPP bendungan dapat dilihat pada gambar 2 berikut :



Gambar 2. Korelasi antara Kinerja Infrastruktur, Pemeliharaan dan umur layanan. (Sumber Dirjen SDA, 2011)

Pemantauan bendungan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui gejala permasalahan pada bendungan secara dini guna pengambilan tindakan oleh pengelola bendungan secara cepat dan tepat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Teknis Bendungan Nipah dan Bajulmati

Bendungan Nipah dan Bendungan Bajulmati merupakan bendungan dengan tipe Centre Core Rock Fill Dam yang direncanakan untuk penyediaan air irigasi dalam upaya menunjang intensifikasi dan ekstensifikasi pertanian serta sebagai pengendali banjir. Data teknis kedua bendungan dapat dilihat pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Data Teknis Bendungan

No	Uraian	Nipah	Bajulmati
1	Lokasi	Desa Montor, Kecamatan Banyuates, Kabupaten Sampang, Provinsi Jawa Timur	Desa Watukebo, Kecamatan Wongsorejo, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur
2	Koordinat	6° 56' LS dan 113° 11' BT	7° 54' 47.56" LS dan 114° 21' 30.87" BT
3	Sungai		
4	Konstruksi Bendungan	Centre Core Rock Dam	Centre Core Rock Fill Dam
5	Waduk		
	Daerah tangkapan air	73.87 km ²	98.43 km ²
	Elevasi tertinggi (HWL) level banjir	air 47.95 (+ m)	+ 90.748 m DPL
	Elevasi terendah	air 40.00 (+ m)	+ 73.40 m DPL
	Kapasitas Total Waduk	1.560.000 m ³	10.000.000 m ³
	Tampungan efektif	810.000 m ³	7.500.000 m ³
6	Manfaat	Air Baku, Irigasi	Air Baku, Irigasi

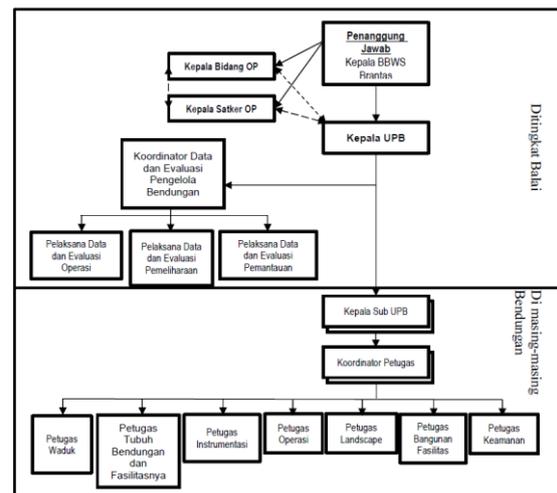
(sumber : Satker OP BBWS Brantas,2022)

Unit Pengelola Bendungan (UPB)

Unit Pengelola Bendungan Nipah dan Bajulmati :

a. Unit Pengelola Bendungan

Menurut Permen PUPR No. 27 Tahun 2015 Tentang Bendungan, Unit Pengelola Bendungan adalah unit yang merupakan bagian dari Pengelola Bendungan yang ditetapkan oleh Pemilik Bendungan untuk melaksanakan pengelolaan bendungan beserta waduknya. Struktur organisasi UPB di BBWS brantas dapat di lihat pada gambar 4 berikut :



Gambar 3. Struktur Organisasi UPB (sumber : Satker OP BBWS Brantas,2022)

b. Sumber Daya Manusia Handal

Sumber daya manusia memiliki peranan yang penting dalam OPP Bendungan berlanjut, berdasar pada [18] kemampuan hard skill telah dipetakan dengan baik oleh UPB Bendungan Nipah, sesuai Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Tenaga Personil UPB Bendungan Nipah dan Bajulmati

No	Fungsi/Jabatan	Jumlah SDM	
		Nipah	Bajulmati
1	Koordinator petugas	1	1
2	Petugas Waduk	2	3
3	Petugas Tubuh Bendungan dan Fasilitasnya	3	3
4	Petugas Instrumentasi	3	2
5	Petugas Operasi	3	2
6	Petugas Landscape	2	2
7	Petugas Bangunan Fasilitas	2	2
8	Petugas Keamanan	4	4
Jumlah		20	19

(sumber : Satker OP BBWS Brantas,2022)

c. Program pelatihan

Keberhasilan pengelolaan Bendungan dibutuhkan sumber daya UPB yang unggul untuk

itu dilakukan upaya pengembangan kapasitas dari sumber daya yang ada secara terus menerus baik itu hard skill maupun soft skill. Hard skill yang juga sering disebut kemampuan teknis ini sangat diperlukan oleh pekerja dalam serangkaian rangka tugas-tugas mencapai tujuan pekerjaan. Selain hard skills, melaksanakan pokok untuk perusahaan membutuhkan karyawan yang mempunyai soft skill. Soft skill merupakan kemampuan intrapersonal seperti kemampuan untuk memajemen diri dan kemampuan interpersonal seperti bagaimana individu berinteraksi dengan orang lain. kerja. Soft skill sangat dibutuhkan dalam dunia kerja.

Sumber daya manusia UPB Bendungan Nipah dan Bajulmati juga dibekali dengan pelatihan yang berkaitan dengan OPP bendungan. Jenis pelatihan dapat dilihat pada tabel 3 berikut :

Tabel 3. Program Pelatihan UPB Bendungan Nipah dan Bajulmati

Bidang	Materi Pelatihan
Pedoman Operasi dan Pemeliharaan	Organisasi Operasi dan pemeliharaan
	Petunjuk Operasi Bendungan
	Petunjuk Pemeliharaan Bendungan
	Petunjuk Pemantauan Bendungan
	Keselamatan dan kesehatan Kerja (K3)
Hidrologi dan sedimentasi	Hidrologi
	Survey dan Pemetaan
Instrumentasi Geoteknik Bendungan	Fungsi peralatan Instrumentasi
	Daftar dan Tata letak peralatan Instrumentasi
	Metode Pengamatan dan Pemeliharaan Alat Instrumentasi
Peralatan Hidromekanikal dan elektrik	Pengenalan Sistem Hidromekanikal
	Operasi Peralatan Hidromekanikal dan Elektrikal
	Perawatan dan Pemeliharaan Peralatan Hidromekanikal dan Elektrikal

(sumber : Analisa Penelitian)

Operasi Pemeliharaan dan Pemantauan Berkala

Pemeriksaan besar pada bendungsn Nipah dilaksanakan pada bulan desember 2020 dengan ditemukan beberapa perubahan data teknis diantaranya adalah perubahan volume tampungan Waduk Nipah yakni sesuai dengan sertifikasi bendungan dan Manual OP Bendungan Nipah tahun 2017 luas DPS 74,14 km² berdasarkan hasil survei 73,87 km² dan hasil pengukuran bathimetri dan analisis hidrologi terkait analisis debit banjir terjadi perubahan elevasi muka air banjir pada saat sertifikasi bendungan dan Manual OP Bendungan Nipah tahun 2017 adalah +47,91 m menjadi +47,95 m. Dari hasil survei bathimetri, didapatkan hasil

volume tampungan Waduk Nipah yang telah mengalami penurunan volume efektif, hal tersebut terjadi disebabkan oleh sedimentasi pada Waduk. Rekomendasi dari pemeriksanan besar yakni hasil analisa hidrologi besaran debit banjir rencana dan keandalan debit mengalami perubahan, sehingga penyesuaian pola operasi harus mengikuti kondisi hidrologi saat ini untuk optimasi pemenuhan air di hilir serta keamanan bendungan.

Pemeriksanaan Besar Bendungan bajulmati dilaksanakan pada bulan agustus dengan hasil pemeriksanaan tidak ada perubahan teknis untuk volume tampungan waduk maupun muka air banjir, temuan permasalahan pada permukaan jalan akses akses yang bergelombang dan vegetasi liar Sepanjang rip-rap hilir pada area yang mendekati puncak bendungan.

Peluang dan Tantangan

Beberapa tantangan maupun peluang dalam pengelolaan bendungan ke depan antara lain :

1. Kebutuhan akan air baku untuk air minum. Dengan berkembangnya daerah hilir bendungan, mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan air baku untuk air minum, dimana tingkat kebutuhan air tersebut sangat erat kaitannya dengan pertumbuhan penduduk. Di samping itu, semakin tingginya konsentrasi penduduk dan industri di daerah perkotaan menimbulkan masalah antara lain menurunnya kualitas air. Potensi air yang ada di bendungan dapat dimanfaatkan secara optimal untuk memenuhi kebutuhan air tersebut terutama pada musim kemarau dan dapat meningkatkan pelayanan untuk memenuhi kebutuhan air penduduk pada masa yang akan datang.
2. Perubahan Pola Hujan dan iklim
Perubahan pola hujan terjadi sejak beberapa dekade terakhir di wilayah Indonesia. Perubahan pola hujan tersebut antara lain; pergeseran awal musim hujan, pola curah hujan, perubahan intensitas hujan, peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrim, terutama curah 5 hujan, angin, dan banjir rob (Haryono, 2011). Banjir puncak atau banjir maksimum tahunan pada periode tahun 1970-2000 mengalami perubahan dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Kondisi ini dari dampak perubahan iklim global dan alih fungsi lahan yang mengubah pola hujan menjadi banjir puncak. Selain itu terjadinya siklus la nina dan el nino dalam pengulangan yang lebih sering. Adaptasi pengaturan pola operasi waduk terkait dengan perubahan iklim memiliki peran yang strategis bagi pengelola

bendungan (UPB) dalam melakukan pengaturan kebutuhan air yang dapat diterima oleh seluruh pemangku kepentingan.

3. Degradasi Lingkungan

Kondisi Daerah Aliran Sungai di wilayah sekitar bendungan telah banyak mengalami kerusakan dan penurunan fungsi sebagai akibat perubahan tata guna lahan. Perubahan tata guna lahan berakibat pada perubahan debit banjir dan laju sedimentasi yang berpengaruh pada operasi serta bis berakibat berkurangnya umur layanan bendungan. Evaluasi berkala dilaksanakan terhadap perubahan kondisi lingkungan DAS bendungan serta penyesuaian pola operasi banjir bendungan.

4. Pandemi Covid-19

Pandemi Covid-19 memberikan dampak yang signifikan dalam pelaksanaan pekerjaan karena terbatasnya mobilitas sumber daya manusia.

5. Kegempaan

Aspek kegempaan merupakan aspek ketidakpastian yang dapat berdampak pada keamanan bendungan. menurut peta sumber dan bahaya gempabumi Indonesia 2017, secara geologis dan tektonik wilayah Kota Surabaya dan Madura berada pada jalur zona sesar aktif yakni jalur zona Sesar Kendeng dan Madura berada pada jalur zona Sesar RMKS (Rembang, Madura, Kangean, dan Sakala). Berdasarkan catatan sejarah kegempaan (Visser 1922) jalur Sesar Kendeng pernah memicu terjadinya gempabumi merusak di Mojokerto (1836,1837), Madiun (1862, 1915) dan Surabaya (1867), sedangkan sesar RMKS juga pernah memicu terjadinya gempabumi merusak di Rembang-Tuban (1836), Sedayu (1902), Lamongan (1939), Sumenep (13 Juni 2018 dan 11 Oktober 2018).

KESIMPULAN

Unit Pengelola Bendungan (UPB) sebagai penyelenggara operasi, pemeliharaan dan pengamatan bendungan memiliki peranan penting dalam pengelolaan bendungan berkelanjutan. UPB merupakan unit yang tidak hanya bertugas melakukan operasi, pemeliharaan dan pengamatan di areal bendungan saja tapi juga berhubungan keamanan masyarakat di lingkungan sekitar bendungan serta di hilir bendungan. Pengelolaan Cerdas Sumber Daya Air atau Smart Water Management (SWM) untuk optimalisasi operasi UPB sangat penting dalam menjaga fungsi, manfaat dan umur layanan bendungan sedangkan perawatan dan pemantauan bendungan dibutuhkan untuk

mengurangi risiko terjadinya kegagalan bendungan baik karena factor internal maupun eksternal dalam rangka mempertahankan umur layanan bendungan sesuai perencanaan pembangunan bendungan.

Dalam melaksanakan tugas dan fungsi UPB sumber daya manusia yang unggul dan handal sangat diperlukan dalam operasi, pemeliharaan dan pemantauan bendungan. Perkuatan organisasi UPB dan peningkatan kapasitas sumberdaya manusia perlu dilaksanakan secara terus menerus melalui program pelatihan dan pemberdayaan dalam upaya peningkatan kinerja operasi pengelolaan bendungan sesuai fungsi dan tujuan pembangunan bendungan serta menjaga umur layanan bangunan sesuai perencanaan pembangunan.

REFERENSI

- Balai Bendungan. 2019. *Laporan Penyusunan Inventarisasi, Registrasi, dan Klasifikasi Bahaya Bendungan, Jakarta, Indonesia.*
- Balai Teknik Bendungan. 2020. *Penetapan Nomor Registrasi Bendungan di Seluruh Indonesia, Jakarta, Indonesia.*
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. 2015. Nomor 27/PRT/M/2015 Tentang *Bendungan jo Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 6/PRT/M/2020.*
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. 2017. *Modul kebijakan dalam pengembangan bendungan.*
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum. 2010. nomor 268/KPTS/M/2010 tentang *Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Brantas.*
- Laporan Pemeriksaan Besar Bendungan Nipah. 2020.
- Laporan Inspeksi Bendungan Bajulmati. 2020.
- Pranu Arisanto. 2020. Manajemen Sumber daya Air dalam Konsep IWRM dalam penanganan Risiko Banjir dan Kekeringan.
- Peraturan Menteri PUPR Nomor 10. 2015. *Rencana dan Rencana Teknis Tata Pengaturan Air dan Tata Pengairan. Peraturan Menteri PUPR Nomor 27 Tahun 2015 tentang Bendungan.*
- Peraturan Menteri PUPR NO.04/PRT/M/2015 tentang *Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai. Peraturan Menteri PUPR NO.09/PRT/M/2015 tentang Penggunaan Sumber Daya Air.*
- Rosytha, A., & Cristiyani, A. 2022. Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan. Publikasi

Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi), 4(1),
48-58.

Pedoman Operasi. 2003. *Pemeliharaan dan
Pengamatan Bendungan, Direktorat Jenderal
Sumber Daya Air.*

Analisis Biaya Investasi Proyek Pembangunan Perumahan La Diva Green Hill Menganti Gresik

Investment Cost Analysis of the La Diva Green Hill Menganti Gresik Housing Development Project

Bambang Sujatmiko¹, Maulidya Octaviani Bustamin¹, Gilang Nova Ardiansyah¹

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya

Jl. Semolowaru 84, Surabaya, 60118

Email: gilangnovaardiansyah@gmail.com

Abstrak

Meningkatnya perkembangan penduduk dan perkembangan ekonomi di Kabupaten Gresik yang signifikan meningkatkan kebutuhan rumah yang baik dan nyaman. Membangun perumahan adalah cara untuk memenuhi kebutuhan primer penduduk akan rumah tinggal. Seiring perkembangan jaman rumah tidak hanya menjadi tempat tinggal tetapi juga menjadi barang investasi. Salah satu perumahan yang sedang dibangun di daerah Gresik adalah Perumahan La Diva Green Hill yang dibangun oleh PT. Dua Daya Sakti. Untuk mengetahui kelayakan investasi dari perumahan La Diva Green Hill, maka analisa investasi dilakukan dengan beberapa metode penilaian investasi, selain itu analisa investasi digunakan untuk mengetahui waktu pengembalian investasi proyek perumahan tersebut. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengumpulan, pengolahan, dan analisa data serta analisa investasi dengan metode Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Profitability Index (PI), serta menghitung waktu pengembalian investasi dengan metode Payback Period (PP). Dari hasil analisa investasi dengan metode NPV, IRR, PI, dan PP menggunakan diskon faktor 15%. Maka diperoleh hasil analisa investasi sebagai berikut, Penilaian investasi menggunakan metode Net Present Value (NPV) dari hasil perhitungan diketahui nilai NPV = +Rp.45.633.543.816.03, artinya nilai penerimaan kas bersih sekarang dimasa yang akan datang akan lebih besar daripada nilai investasi sekarang dan dikatakan menguntungkan. Hasil perhitungan Internal Rate of Return (IRR) didapatkan hasil bunga sebesar 32.617 %. Hasil tersebut diperoleh dari $PI(32\%) = P2(33\%)$ ($P1$ mendekati $P2$), yang artinya pada kondisi ini nilai NPV=0 atau mendekati 0 dengan nilai $NPV1 = Rp1.158.790.178$ dan $NPV2 = -Rp.718.417.196$, karena IRR lebih besar dari yang disyaratkan = 15% maka proyek tersebut menguntungkan. Hasil perhitungan Profitability Index (PI) didapatkan nilai $PI=1,47$. Karena nilai $PI=1,47 > 1$ maka proyek perumahan tersebut dikatakan menguntungkan. Hasil perhitungan Payback Period (PP) diketahui investasi akan kembali dalam 3 tahun 4 bulan pada tahun 2025 bulan ke-4, karena waktu pengembalian investasi kurang dari yang direncanakan yaitu 5 tahun (2023-2027), sehingga proyek dikatakan menguntungkan.

Kata Kunci: Investasi; NPV; IRR, PI; PP

Abstract

Significant increase in population development and economic development in Gresik Regency increase the need for a good and comfortable home. Building housing is a way to meet the primary need of the population for a dwelling house. Along with the development of the times the house is not only a place stayed but also became an investment item. One of the housing under construction in the Gresik area is La Diva Green Hill Housing built by PT. Dua Daya Sakti. To find out the investment feasibility of the la Diva Green Hill housing, then investment analysis is carried out with several methods of investment appraisal, in addition to The investment analysis is

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p51-59>

used to determine the timing of the return on investment of the housing project. The methodology used in this study is the collection, processing, and analysis of data as well as analysis investment with the Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Profitability Index (PI) methods, as well as calculates the time of return on investment by the Payback Period (PP) method. From the results of investment analysis with NPV, IRR, PI, and PP methods use a 15% factor discount. So the results of the investment analysis are obtained as follows, Investment appraisal using the Net Present Value (NPV) method from the calculation results is known to the NPV value = +Rp.45.633.543.816.03, meaning that the current net cash receipt value in the future will be greater than the value of the investment now and is said to be profitable. The result of the Calculation of Internal Rate of Return (IRR) an interest yield of 32,617% was obtained. The result is obtained from $PI(32\%)=P2(33\%)$ ($P1$ is close to $P2$), which this means that in this condition the value of $NPV = 0$ or close to 0 with the value of $NPV1 = Rp1,158,790,178$ and $NPV2 = -Rp.718.417.196$, because the IRR is greater than required = 15% then the project is profitable. Result Profitability Index (PI) calculation is obtained pi value = 1.47. Because the value of $PI = 1.47 > 1$ then the housing project it is said to be profitable. The result of the Payback Period (PP) calculation is known that the investment will return in 3 years in 2025 the 4th month, because the return on investment time is less than planned 5 years (2023-2027), so the project is said to be profitable.

Keywords: Investment; NPV; IRR; PI; Pp

PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk yang semakin tinggi serta meningkatnya perkembangan ekonomi Kabupaten Gresik mengarah pada peningkatan kebutuhan akan hunian yang berkualitas dan nyaman. Dengan perkembangan di zaman yang semakin modern ini, rumah bukan hanya sekedar tempat tinggal, melainkan juga meningkatkan standar hidup seseorang, tidak dapat disangkal bahwa beberapa orang sekarang melihat rumah sebagai proyek investasi. Hal tersebut juga harus didukung oleh sarana yang memadai, desain dan tempat yang cocok sehingga menjadikan nilai investasi melambung tinggi.

Perkembangan perumahan di daerah Gresik, terkhusus di kecamatan Menganti tumbuh dengan signifikan. Para developer dan investor bersaing untuk mendirikan perumahan di daerah ini dikarenakan lokasi yang strategis dan dekat dengan Kota Surabaya tidak hanya itu harga tanah untuk lahan perumahan di menaganti masih lebih murah dibandingkan di daerah Surabaya. Hal tersebut akan memberikan kesempatan bisnis proyek investasi perumahan yang menguntungkan.

Semakin meningkatnya penduduk sebuah kota/kabupaten merupakan peluang besar bagi pengembang untuk mengembangkan usahanya di bidang perumahan. Namun sebelum menanamkan modalnya untuk berinvestasi apalagi dalam jumlah besar seharusnya pengembang melakukan studi kelayakan apakah investasi tersebut menguntungkan atau tidak (Mangintung, 2014).

Saat ini PT. Dua Daya Sakti sebagai developer yang sedang mengembangkan proyek perumahan La Diva Green Hill yang mengusung konsep kenyamanan dan kesegaran menjadi suatu harmoni,

merupakan konsep hunian yang asri dan nyaman untuk dijadikan tempat tinggal. Biaya yang diperlukan untuk pengembangan proyek perumahan ini sangat tinggi perusahaan harus memperhatikan beberapa hal, yaitu besarnya dana yang dibutuhkan untuk modal membeli lahan, biaya konstruksi perumahan, dan biaya pemeliharaan dan pengembangan. Untuk mendapat keuntungan yang maksimal dan menurunkan resiko investasi, maka analisa investasi harus dilakukan untuk mengetahui baik atau tidak perumahan tersebut menjadi tempat investasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Perumahan

Dalam Undang-Undang Nomor 4 tahun 1992 tentang perumahan dan permukiman, perumahan adalah kelompok rumah yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian yang dilengkapi dengan sarana dan prasarana. Secara fisik, perumahan adalah lingkungan yang terdiri dari kumpulan unit-unit hunian yang memungkinkan terjadinya interaksi sosial antar penghuni, serta dilengkapi dengan sarana dan prasarana sosial, ekonomi, budaya dan jasa. Lingkungan perumahan sering kali memiliki aturan, adat istiadat, dan sistem nilai yang berlaku bagi warganya.

Berdasarkan Pasal 1 ayat 2 Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman, Perumahan adalah kumpulan rumah sebagai bagian dari permukiman, baik perkotaan maupun pedesaan, yang dilengkapi dengan prasarana, sarana, dan utilitas umum sebagai hasil upaya pemenuhan rumah yang layak huni.

Pengertian Investasi

Investasi adalah komitmen atas sejumlah dana atau sumber daya lainnya yang dilakukan pada saat ini dengan tujuan memperoleh sejumlah keuntungan di masa datang. Istilah investasi bisa berkaitan dengan berbagai macam aktivitas. Untuk menentukan usulan proyek investasi mana yang akan diterima atau ditolak, maka usulan proyek investasi tersebut harus dinilai (Halim, 2005).

Arti investasi menurut Martono dan D. Agus Marjito (2002) adalah penanaman dana yang dilakukan oleh suatu perusahaan kedalam suatu asset (aktiva) dengan harapan memperoleh pendapatan dimasa yang akan datang.

Giatman (2006) menyatakan kegiatan investasi adalah kegiatan penting yang memerlukan biaya besar dan berdampak pada jangka waktu terhadap kelanjutan usaha. Maka dari itu, analisis yang sistematis dan rasional sangat dibutuhkan sebelum kegiatan direalisasikan.

Investasi dinilai berdasarkan manfaat yang didapat harus lebih besar dari biaya yang dikeluarkan dan diselesaikan dalam rentang waktu tertentu, yang tentunya sedapat mungkin mendapatkan keuntungan maksimal dalam waktu yang minimal (Mangintung, 2014).

Berinvestasi dalam bidang properti memiliki tujuan yang berbeda untuk setiap investor. Tujuan pertama adalah untuk berinvestasi dalam jangka pendek atau menjual kembali investasi tersebut kepada pihak lain. Tujuan kedua adalah investasi jangka panjang, bertujuan untuk memiliki kemudian menyewakan investasi tersebut kepada orang lain dan mendapatkan keuntungan dari hasil penyewaan investasi itu. Perlu diketahui juga bahwa ada pengeluaran lain yang perlu disiapkan secara rutin setelah investasi. Pengeluaran tersebut meliputi biaya operasional, biaya pemeliharaan dan biaya lain yang tidak dapat dihindari.

Giatman (2006) menyatakan bahwa tujuan utama investasi adalah mendapatkan berbagai manfaat yang cukup layak dikemudian hari. Manfaat tersebut dapat berupa imbalan keuangan dan nonkeuangan atau kombinasi dari keduanya. Manfaat keuangan misalnya laba atau keuntungan dari hasil penjualan produk maupun penyewaan fasilitas. Manfaat non-keuangan atau kombinasi dari keduanya, misalnya penciptaan lapangan kerja baru, peningkatan ekspor, subsidi impor, ataupun pendayagunaan bahan baku dalam negeri yang berlimpah.

Metode Net Present Value (NPV)

Net present value (NPV) adalah metode yang biasa digunakan untuk menganalisa apakah proyek layak dilakukan atau tidak. Perhitungan net present

value merupakan net benefit yang telah didiskon dengan menggunakan social opportunity cost of capital (SOCC) sebagai discount faktor. Metode ini menghitung perbandingan antara nilai investasi sekarang (present value) dengan penerimaan kas bersih dimasa depan.

Menurut Sudiarmika (2015) dalam metode ini menggunakan faktor diskon. Semua pengeluaran dan penerimaan (dimana saat pengeluaran serta penerimaannya adalah dalam waktu yang tidak bersamaan) harus diperbandingkan dengan nilai yang sebanding dalam arti waktu. Dalam hal ini berarti harus mendiskonkan nilai-nilai pengeluaran dan penerimaan tersebut ke dalam penilaian yang sebanding (sama). Pengeluaran dilakukan pada saat mula-mula (sekarang), sedangkan penerimaan baru akan diperoleh di masa-masa yang akan datang, padahal nilai uang sekarang adalah tidak sama (lebih tinggi) dari nilai uang dikemudian hari. Oleh karena itu, jumlah estimasi penerimaan itu harus diberi diskon, sehingga dijadikan jumlah-jumlah nilai sekarang (penilaian yang sebanding dengan pengeluarannya).

Giatman (2006) dalam bukunya menuliskan bahwa NPV adalah cara untuk menghitung netto atau nilai bersih pada waktu sekarang (present). Apabila $NPV > 0$ maka investasi yang dilakukan layak atau menguntungkan sebaliknya apabila $NPV < 0$ maka investasi yang dilakukan dinyatakan tidak layak atau tidak menguntungkan.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(C)t}{(1+i)^t} - \frac{(Co)t}{(1+i)^t} \quad [1]$$

Keretangan:

- a. NPV adalah nilai sekarang neto
- b. (C)t adalah aliran kas masuk tahun ke-t
- c. (Co)t adalah aliran kas keluar tahun ke-t
- d. n adalah umur unit usaha hasil investasi
- e. I adalah arus pengembalian
- f. T adalah waktu

Metode Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return adalah tingkat diskon (discount rate) yang menjadikan sama antara present value dari penerimaan cash dan present value dari nilai atau investasi discount rate/tingkat diskon yang menunjukkan Net Present Value atau sama besarnya dengan nol (Sudiarmika, 2015).

Untuk mendapatkan IRR dilakukan dengan mencari besarnya NPV dengan memberikan nilai diskon faktor (i) variabel (berubah-ubah) sedemikian rupa sehingga diperoleh suatu nilai (i) saat NPV mendekati nol yaitu NPV (+) dan nilai NPV (-), dengan cara coba-coba (trial and error). Jika telah diperoleh nilai NPV (+), NPV(-) tersebut diasumsikan nilai di antaranya sebagai garis lurus,

selanjutnya diakukan interpolasi untuk mendapatkan IRR (Giatman 2006).

$$IRR = i_1 + \frac{NPV1}{(NPV1-NPV2)} \times (i_2 - i_1) \quad [2]$$

Keterangan:

i_1 = tingkat discount rate yang menghasilkan NPV1
 i_2 = tingkat discount rate yang menghasilkan NPV2
 NPV1= nilai NPV positif yang mendekati nol
 NPV2 = nilai NPV negatif yang mendekati nol

Metode Profitability Index (PI)

Metode ini menghitung perbandingan antara nilai sekarang penerimaan kas bersih (netto) dimasa mendatang dengan nilai sekarang investasi. Jika hasil perhitungan Nilai $PI > 1$, maka proyek dikatakan menguntungkan dan layak dilaksanakan, tetapi apabila nilai $PI < 1$ maka proyek dikatakan tidak menguntungkan dan sebaiknya tidak dilaksanakan.

$$PI = \frac{\text{Kas bersih (netto)}}{\text{Investasi awal}} \quad [3]$$

Metode Payback Period (PP)

Metode ini mengukur bagaimana cepat investasi dapat kembali dalam satuan waktu. Apabila hasil perhitungan Payback Period ini lebih cepat atau pendek dari yang disyaratkan maka proyek menguntungkan dan layak untuk dilaksanakan, tetapi apabila hasil perhitungan Payback Period lebih lama dari yang disyaratkan maka proyek tersebut tidak layak dilaksanakan.

Menurut Giatman (2006) Payback Period pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui seberapa lama (periode) investasi akan dapat dikembalikan saat terjadinya kondisi pulang pokok (break even-point).

$$PP = \frac{\text{Nilai investasi awal}}{\text{Total kas bersih (netto)}} \times 12 \text{ bulan} \quad [4]$$

Bila aliran kas tiap tahun berubah-ubah, dalam hal ini digunakan rumus sebagai berikut:

$$PP = n + \frac{a-b}{b-c} \times 1 \text{ tahun} \quad [5]$$

Keterangan:

n = tahun dimana jumlah arus kas kumulatif mendekati nilai investasi awal
 a = Jumlah Investasi Awal
 b = Jumlah Aliran kas kumulatif yang mendekati nilai investasi awal
 c = Jumlah aliran kas kumulatif pada tahun ke- $n+1$

METODE

Gambaran Umum Proyek

Perumahan La Diva Green Hill merupakan perumahan yang dikembangkan oleh PT. Dua Daya Sakti dimana perumahan ini terletak di Jl. Raya Desa Hulaan, RT.017, RW.008, Hulaan, Menganti, Gresik. Perumahan ini memiliki total 7 cluster dan salah satu cluster yang sedang dalam proses

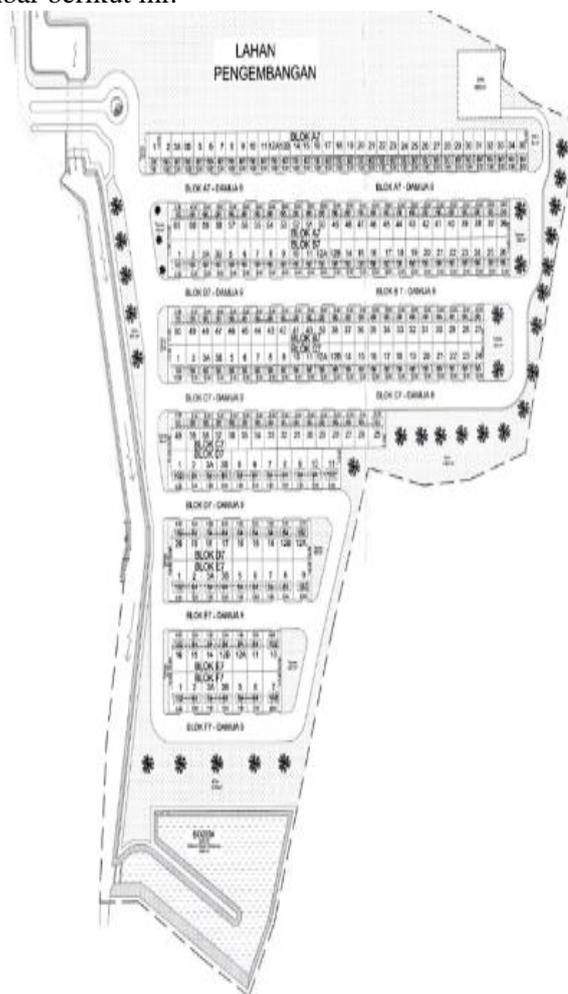
konstruksi adalah cluster 7, cluster 7 dibangun diatas tanah seluas ± 35.000 m². Perumahan ini terbagi menjadi beberapa tipe rumah yaitu:

Tabel 1. Tipe Rumah Cluster 7 La Diva Green Hill

No	Tipe Rumah	Jumlah Kavling	Luas Bangunan (m ²)	Luas Tanah (m ²)	Total Luas Kavling (m ²)
1	36	10	36	102	1,020
2	36	33	36	84	2,772
3	36	5	36	93	465
4	36	85	36	66	5,610
5	46	1	46	84	84
6	46	34	46	60	2,040
7	52	1	52	93	93
8	52	25	52	66	1,650
Total		194			13,734

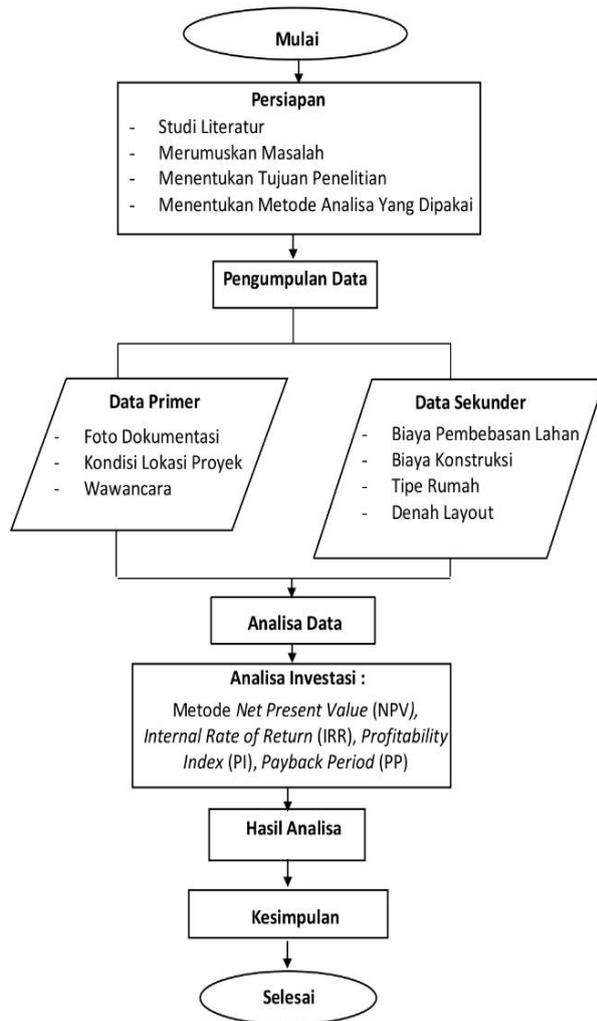
Sumber: PT. Dua Daya Sakti (2022)

Berikut adalah gambar pembagian lahan berdasarkan blok plan yang dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 1. Blok Plan Cluster 7 La Diva Green Hill
 Sumber: PT. Dua Daya Sakti (2022)

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian Investasi
Sumber: Hasil Pengolahan Data (2022)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk biaya total bersih Pengadaan Tanah adalah sebesar Rp.50.121.534.198.00 (Lima Puluh Milyar Seratus Dua Puluh Satu Juta Lima Ratus Tiga Puluh Empat Ribu Seratus Sembilan Puluh Delapan Rupiah). Untuk menghitung harga dasar tanah per m² = Total biaya: Total Luas kavling = Rp.50.121.534.198,00 : 13.734 m² = Rp. 3.649.449.

Anggaran Biaya Konstruksi

Total biaya yang dibutuhkan untuk pelaksanaan Konstruksi adalah sebesar Rp.47.649.323.000,00 (Empat Puluh Tujuh Milyar Enam Ratus Empat Puluh Sembilan Juta Tiga Ratus Dua Puluh Tiga Ribu Rupiah) Untuk menentukan harga dasar bangunan per m² adalah Total biaya: Luas Total Bangunan = Rp.47.649.323.000,00 : 7.750 m² = Rp.6.148.299.

Perhitungan Estimasi Harga Jual

Harga jual = (Harga dasar rumah x tipe rumah) + (harga dasar tanah x luas tanah) + Keuntungan (%).

Untuk keuntungan sendiri dari perusahaan sebesar 50% dari harga jual.

$$\text{Tipe 36 / 66} = (\text{Rp.6.149.000} \times 36) + (\text{Rp.3.650.000} \times 66) + ((\text{Rp. 6.149.000} \times 36) + (\text{Rp.3.650.000} \times 66)) \times 50\% = \text{Rp.686.214.000.00}$$

$$\text{Tipe 36 / 84} = (\text{Rp. 6.149.000} \times 36) + (\text{Rp.3.650.000} \times 84) + ((\text{Rp. 6.149.000} \times 36) + (\text{Rp.3.650.000} \times 84)) \times 50\% = \text{Rp.784.764.000.00}$$

$$\text{Tipe 36 / 93} = (\text{Rp.6.149.000} \times 36) + (\text{Rp.3.650.000} \times 93) + ((\text{Rp. 6.149.000} \times 36) + (\text{Rp.3.650.000} \times 93)) \times 50\% = \text{Rp.834.039.000.00}$$

$$\text{Tipe 36 / 102} = (\text{Rp.6.149.000} \times 36) + (\text{Rp.3.650.000} \times 102) + ((\text{Rp.6.149.000} \times 36) + (\text{Rp.3.650.000} \times 102)) \times 50\% = \text{Rp.883.314.000.00}$$

$$\text{Tipe 46 / 60} = (\text{Rp.6.149.000} \times 46) + (\text{Rp.3.650.000} \times 60) + ((\text{Rp.6.149.000} \times 46) + (\text{Rp.3.650.000} \times 60)) \times 50\% = \text{Rp.743.604.000.00}$$

$$\text{Tipe 46 / 84} = (\text{Rp.6.149.000} \times 46) + (\text{Rp.3.650.000} \times 84) + ((\text{Rp.6.149.000} \times 46) + (\text{Rp.3.650.000} \times 84)) \times 50\% = \text{Rp.875.004.000.00}$$

$$\text{Tipe 52 / 66} = (\text{Rp. 6.149.000} \times 52) + (\text{Rp.3.650.000} \times 66) + ((\text{Rp. 6.149.000} \times 52) + (\text{Rp.3.650.000} \times 66)) \times 50\% = \text{Rp.830.598.000.00}$$

$$\text{Tipe 52 / 93} = (\text{Rp. 6.149.000} \times 52) + (\text{Rp.3.650.000} \times 93) + ((\text{Rp. 6.149.000} \times 52) + (\text{Rp.3.650.000} \times 93)) \times 50\% = \text{Rp.978.423.000.00}$$

Rencana pemasaran dan penjualan Cluster 7 perumahan La Diva Green Hill merupakan perhitungan pribadi dan data dari PT. Dua Daya Sakti. Penjualan dan pemasaran rumah dilakukan selama waktu investasi yaitu selama 5 tahun (2023-2027).

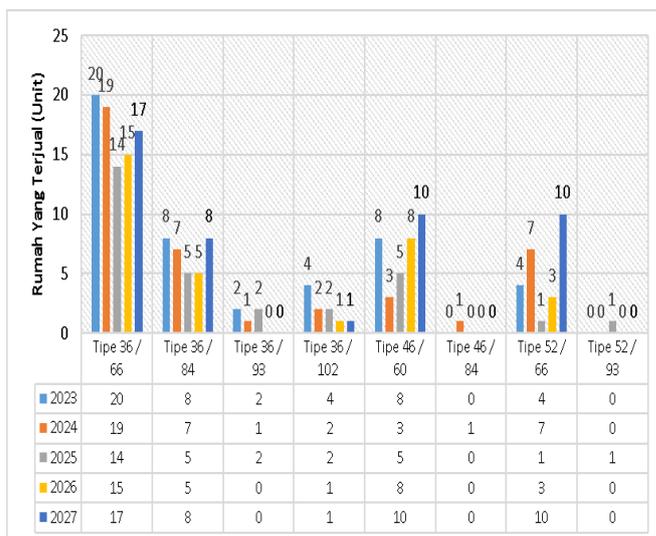
Rencana Penjualan Perumahan

Perencanaan penjualan perumahan Cluster 7 Ladiva Green Hill dimulai tahun ke-1 investasi yaitu tahun 2023. Sedangkan waktu investasi adalah 5 tahun 2023-2027. Perhitungan harga jual tiap tahun mengalami kenaikan sebesar 5% tiap tahun. Besar kenaikan merupakan ketentuan dari developer PT. Dua Daya Sakti. Rincian kenaikan harga jual rumah tiap tahun dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Untuk mengetahui dinamika rencana penjualan setiap unit rumah dalam kurun waktu 5 tahun dapat dilihat dalam grafik berikut:

Tabel 2. Kenaikan Harga Jual Per Tahun

No	Uraian	Tahun Ke - 1 (Kenaikan 0%)	Tahun Ke - 2 (Kenaikan 5%)	Tahun Ke - 3 (Kenaikan 5%)	Tahun Ke - 4 (Kenaikan 5%)	Tahun Ke - 5 (Kenaikan 5%)
1	Tipe 36 / 66	Rp693,396,000	Rp728,065,800	Rp764,469,090	Rp802,692,544	Rp842,827,171
2	Tipe 36 / 84	Rp791,946,000	Rp831,543,300	Rp873,120,465	Rp916,776,488	Rp962,615,312
3	Tipe 36 / 93	Rp841,221,000	Rp883,282,050	Rp927,446,152	Rp973,818,460	Rp1,022,509,383
4	Tipe 36 / 102	Rp890,496,000	Rp935,020,800	Rp981,771,840	Rp1,030,860,432	Rp1,082,403,453
5	Tipe 46 / 60	Rp752,781,000	Rp790,420,050	Rp829,941,052	Rp871,438,105	Rp915,010,010
6	Tipe 46 / 84	Rp834,181,000	Rp878,390,050	Rp924,809,552	Rp973,530,030	Rp1,024,727,531
7	Tipe 52 / 66	Rp840,972,000	Rp883,020,600	Rp927,171,630	Rp973,530,211	Rp1,022,206,722
8	Tipe 52 / 93	Rp988,797,000	Rp1,038,236,850	Rp1,090,148,692	Rp1,144,656,127	Rp1,201,888,933



Tabel 3. Estimasi Penjualan dan Pemasaran

Tahun	Tipe Rumah	Rumah Yang Terjual (Unit)	Harga Jual Rumah (Rp)	Hasil Penjualan (Rp)
2023	Tipe 36 / 66	20	Rp693,396,000.00	Rp13,867,920,000.00
	Tipe 36 / 84	8	Rp791,946,000.00	Rp6,335,568,000.00
	Tipe 36 / 93	2	Rp841,221,000.00	Rp1,682,442,000.00
	Tipe 36 / 102	4	Rp890,496,000.00	Rp3,561,984,000.00
	Tipe 46 / 60	8	Rp752,781,000.00	Rp6,022,248,000.00
	Tipe 46 / 84	0	Rp834,181,000.00	Rp-
	Tipe 52 / 66	4	Rp840,972,000.00	Rp3,363,888,000.00
	Tipe 52 / 93	0	Rp988,797,000.00	Rp-
Total	46		Rp34,834,050,000.00	
2024	Tipe 36 / 66	19	Rp728,065,800.00	Rp13,833,250,200.00
	Tipe 36 / 84	7	Rp831,543,300.00	Rp5,820,803,100.00
	Tipe 36 / 93	1	Rp883,282,050.00	Rp883,282,050.00
	Tipe 36 / 102	2	Rp935,020,800.00	Rp1,870,041,600.00
	Tipe 46 / 60	3	Rp790,420,050.00	Rp2,371,260,150.00
	Tipe 46 / 84	1	Rp828,390,050.00	Rp828,390,050.00
	Tipe 52 / 66	7	Rp883,020,600.00	Rp6,181,144,200.00
	Tipe 52 / 93	0	Rp1,038,236,850.00	Rp-
Total	40		Rp31,888,171,350.00	
2025	Tipe 36 / 66	14	Rp764,469,090.00	Rp10,702,567,260.00
	Tipe 36 / 84	5	Rp873,120,465.00	Rp4,365,602,325.00
	Tipe 36 / 93	2	Rp927,446,152.50	Rp1,854,892,305.00
	Tipe 36 / 102	2	Rp981,771,840.00	Rp1,963,543,680.00
	Tipe 46 / 60	5	Rp829,941,052.50	Rp4,149,705,262.50
	Tipe 46 / 84	0	Rp974,809,552.50	Rp-
	Tipe 52 / 66	1	Rp927,171,630.00	Rp927,171,630.00
	Tipe 52 / 93	1	Rp1,090,148,692.50	Rp1,090,148,692.50
Total	30		Rp25,053,631,155.00	
2026	Tipe 36 / 66	15	Rp802,692,544.50	Rp12,040,388,167.50
	Tipe 36 / 84	5	Rp916,776,488.25	Rp4,583,882,441.25
	Tipe 36 / 93	0	Rp973,818,460.13	Rp-
	Tipe 36 / 102	1	Rp1,030,860,432.00	Rp1,030,860,432.00
	Tipe 46 / 60	8	Rp871,438,105.13	Rp6,971,504,841.00
	Tipe 46 / 84	0	Rp1,023,550,030.13	Rp-
	Tipe 52 / 66	3	Rp973,530,211.50	Rp2,920,590,634.50
	Tipe 52 / 93	0	Rp1,144,656,127.13	Rp-
Total	32		Rp27,547,226,516.25	
2027	Tipe 36 / 66	17	Rp842,827,171.73	Rp14,328,061,919.33
	Tipe 36 / 84	8	Rp962,615,312.66	Rp7,700,922,301.30
	Tipe 36 / 93	0	Rp1,022,509,383.13	Rp-
	Tipe 36 / 102	1	Rp1,082,403,453.60	Rp1,082,403,453.60
	Tipe 46 / 60	10	Rp915,010,010.38	Rp9,150,100,103.81
	Tipe 46 / 84	0	Rp1,074,727,531.63	Rp-
	Tipe 52 / 66	10	Rp1,022,206,722.08	Rp10,222,067,220.75
	Tipe 52 / 93	0	Rp1,201,888,933.48	Rp-
Total	46		Rp42,483,555,198.79	
Total	194		Rp161,806,634,220.04	

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2022)

Gambar 3. Grafik Rencana Penjualan Unit Rumah
Sumber: Hasil Pengolahan Data (2022)

Dalam grafik diatas dapat dilihat bahwa penjualan tiap unit rumah pada tahun pertama memiliki tingkat penjualan yang lumayan tinggi dan mengalami penurunan tingkat penjualan pada tahun ke-2 dan ke-3 dan mulai naik kembali pada tahun ke-4 dan ke-5. Dari hasil perhitungan estimasi penjualan pada tabel 3 didapat pendapatan penjualan seluruh unit ruman sebesar Rp.161.806.634.220,04 dengan total penjualan 194 unit rumah dalam kurun waktu selama 5 tahun (2023-2027)

Metode Net Present Value (NPV)

Tabel 4. Net Present Value Cluster 7 La Diva Green

TAHUN KE	NET CASH FLOW	DF = 15%	PRESENT VALUE OF CASH FLOW
0	2022	1	
1	2023	Rp 42,073,466,393.66	0.87
2	2024	Rp 41,264,536,288.82	0.756
3	2025	Rp 36,020,900,425.60	0.658
4	2026	Rp 39,160,031,679.11	0.572
5	2027	Rp 59,362,585,949.81	0.497
TOTAL (a)			Rp 143,404,401,014.39
INVESTASI AWAL (b)			Rp 97,770,857,198.36
NPV = (a-b)			Rp 45,633,543,816.03

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2022)

Dari hasil perhitungan tabel 4 menggunakan Microsoft Excel diketahui nilai investasi awal (modal pribadi 100%) adalah sebesar Rp.97,770,857,198.36, total kas masuk bersih (Net Cash Flow) sebesar Rp.143,404,401,014.39, dan nilai NPV yang diperoleh dari pengurangan total kas masuk bersih dikurangi investasi awal sebesar Rp.45,633,543,816.03.

Karena hasil perhitungan NPV menunjukkan nilai positif NPV>0 maka proyek Cluster 7 Perumahan La Diva Green Hill dikatakan menguntungkan karena nilai penerimaan kas masuk bersih lebih besar daripada nilai investasi awal saat ini dengan keuntungan mencapai 46,67 % dari investasi awal.

Metode Internal Rate of Return (IRR)

Untuk menentukan besarnya nilai IRR harus dihitung nilai NPV1 dan nilai NPV2 dengan cara coba-coba. Apabila nilai NPV1 telah menunjukkan hasil positif maka discount factor yang kedua harus lebih besar dari SOCC (Social Opportunity Cost of Capital). Secara sederhana perhitungan harus menentukan NPV1 dan NPV2 yang mendekati nilai 0 (nol). Untuk penelitian ini didapatkan nilai Internal Rate of Return (IRR) antara percobaan 17-18 dengan diskon faktor 32%-33%.

Tabel 5. Perhitungan Present Value untuk DF=32%

TAHUN KE	NET CASH FLOW	DF = 32%	PRESENT VALUE OF CASH FLOW
0	2022	1	
1	2023 Rp 42,073,466,393.66	0.758	Rp 31,873,838,177.02
2	2024 Rp 41,264,536,288.82	0.574	Rp 23,682,585,106.07
3	2025 Rp 36,020,900,425.60	0.435	Rp 15,661,478,953.45
4	2026 Rp 39,160,031,679.11	0.329	Rp 12,898,740,619.87
5	2027 Rp 59,362,585,949.81	0.250	Rp 14,813,004,520.39
TOTAL (a)			Rp 98,929,647,376.79
INVESTASI AWAL (b)			Rp 97,770,857,198.36
NPV = (a-b)			Rp 1,158,790,178.43

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2022)

Tabel 6. Perhitungan Present Value untuk DF=33%

TAHUN KE	NET CASH FLOW	DF = 33%	PRESENT VALUE OF CASH FLOW
0	2022	1	
1	2023 Rp 42,073,466,393.66	0.752	Rp 31,634,185,258.39
2	2024 Rp 41,264,536,288.82	0.565	Rp 23,327,794,837.93
3	2025 Rp 36,020,900,425.60	0.425	Rp 15,310,861,992.56
4	2026 Rp 39,160,031,679.11	0.320	Rp 12,515,161,855.16
5	2027 Rp 59,362,585,949.81	0.240	Rp 14,264,436,057.51
TOTAL (a)			Rp 97,052,440,001.56
INVESTASI AWAL (b)			Rp 97,770,857,198.36
NPV = (a-b)			-Rp 718,417,196.80

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2022)

Selanjutnya dilakukan interpolasi untuk menghitung nilai IRR dengan rumus:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_{17}}{(NPV_{17} - NPV_{18})} (i_2 - i_1)$$

$$= 32\% + \frac{Rp.1.158.790.178}{(Rp.1.158.790.178 + Rp.718.417.196)} (33\% - 32\%)$$

$$= 32.617 \%$$

Hasil perhitungan Internal Rate of Return (IRR) didapat antara percobaan ke-17 dan ke-18 dengan diskon faktor sebesar 32.617%. Yang artinya pada kondisi ini nilai NPV=0 atau mendekati 0. Karena diskon faktor IRR lebih besar dari diskon

faktor yang disyaratkan = 15% maka proyek tersebut menguntungkan.

Metode Profitability Index (PI)

Metode ini menghitung perbandingan nilai sekarang penerimaan dengan nilai penerimaan kas bersih dimasa datang.

Tabel 7. Perhitungan Profitability Index (PI)

TAHUN KE	NET CASH FLOW	DF = 15%	PRESENT VALUE OF CASH FLOW
0	2022	1	
1	2023 Rp 42,073,466,393.66	0.87	Rp 36,603,915,762.49
2	2024 Rp 41,264,536,288.82	0.756	Rp 31,195,989,434.35
3	2025 Rp 36,020,900,425.60	0.658	Rp 23,701,752,480.05
4	2026 Rp 39,160,031,679.11	0.572	Rp 22,399,538,120.45
5	2027 Rp 59,362,585,949.81	0.497	Rp 29,503,205,217.06
TOTAL (a)			Rp 143,404,401,014.39
INVESTASI AWAL (b)			Rp 97,770,857,198.36
PI = (a/b)			1.47

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2022)

Dari hasil perhitungan tabel 7 menggunakan Microsoft Excell diketahui bahwa Nilai investasi awal = Rp.97,770,857,198.36 , Total Kas Bersih dari perhitungan Present value of Cash Flow = Rp.143,404,401,014.39. dan nilai Profitability Index (PI) yang didapat dari pembagian antara total kas masuk bersih dengan investasi awal = 1.47.

Karena nilai PI = 1.47 > 1 maka proyek perumahan tersebut dikatakan menguntungkan.

Metode Payback Period (PP)

Metode ini mengukur seberapa cepat investasi bisa kembali dalam satuan waktu. Apabila hasil perhitungan Payback Period ini lebih cepat atau pendek dari yang disyaratkan maka proyek menguntungkan dan layak untuk dilaksanakan, tetapi apabila hasil perhitungan Payback Period lebih lama dari yang disyaratkan maka proyek tersebut tidak layak dilaksanakan. Berikut adalah perhitungan Payback Period (PP).

Tabel 9. Perhitungan Payback Period (PP)

TAHUN KE	NET CASH FLOW	DF = 15%	PRESENT VALUE OF CASH FLOW	PRESENT VALUE OF CASH FLOW KUMULATIF
0	2022	1		0
1	2023 Rp 42,073,466,393.66	0.87	Rp 36,603,915,762.49	Rp 36,603,915,762.49
2	2024 Rp 41,264,536,288.82	0.756	Rp 31,195,989,434.35	Rp 67,799,905,196.84
3	2025 Rp 36,020,900,425.60	0.658	Rp 23,701,752,480.05	Rp 91,501,657,676.88
4	2026 Rp 39,160,031,679.11	0.572	Rp 22,399,538,120.45	Rp 113,901,195,797.33
5	2027 Rp 59,362,585,949.81	0.497	Rp 29,503,205,217.06	Rp 143,404,401,014.39
TOTAL			Rp 143,404,401,014.39	
INVESTASI AWAL			Rp 97,770,857,198.36	

Sumber: Perhitungan Pribadi (2022)

$$\text{Rumus Payback Period} = n + \frac{a-b}{c-b} \times 1 \text{ tahun}$$

Investasi awal (a)= Rp.97.770.857.198

Berdasarkan tabel 9 yang mendekati investasi awal adalah pada tahun ke-3, dengan nilai Rp.91.501.657.676, sehingga $n = 3$ tahun.

$b = \text{Rp.}91.501.657.676$ (Present Value Kumulatif tahun ke - 3)

$c = \text{Rp.}113.901.195.797$ (Present Value Kumulatif tahun ke $n+1 =$ tahun ke 4)

Payback Period = $n + \frac{a-b}{c-b} \times 1$ tahun

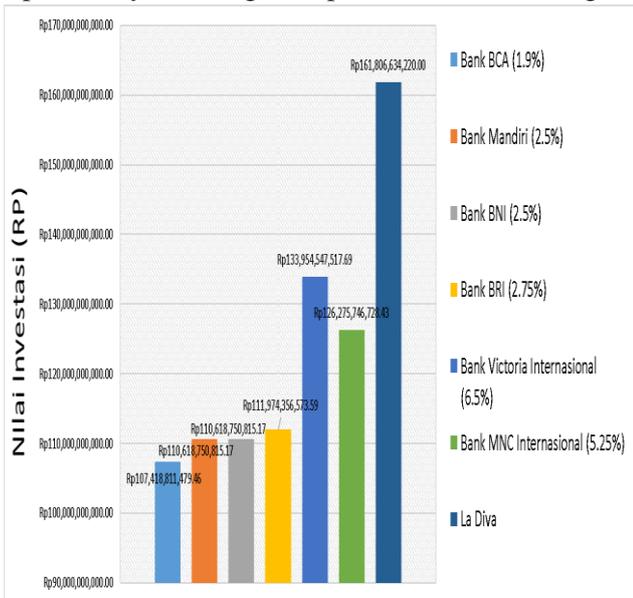
$$n = 3 + \frac{\text{Rp.}97.770.857.198 - \text{Rp.}91.501.657.676}{\text{Rp.}113.901.195.797 - \text{Rp.}91.501.657.676} \times 1$$

$$= 3,28 \text{ tahun} \Rightarrow 3,3 \text{ tahun atau } 3 \text{ tahun } 4 \text{ bulan}$$

Berdasarkan hasil perhitungan payback period didapatkan waktu yang diperlukan dalam pengembalian investasi dengan tingkat suku bunga 15% adalah selama 3 tahun 4 bulan yaitu pada tahun 2025 bulan ke - 4, karena waktu pengembalian investasi kurang dari umur investasi yang direncanakan yaitu 5 tahun (2023-2027), sehingga proyek cluster 7 perumahan La Diva Green Hill ini layak untuk dilaksanakan dan dikatakan menguntungkan untuk investasi.

Perbandingan Analisa Investasi

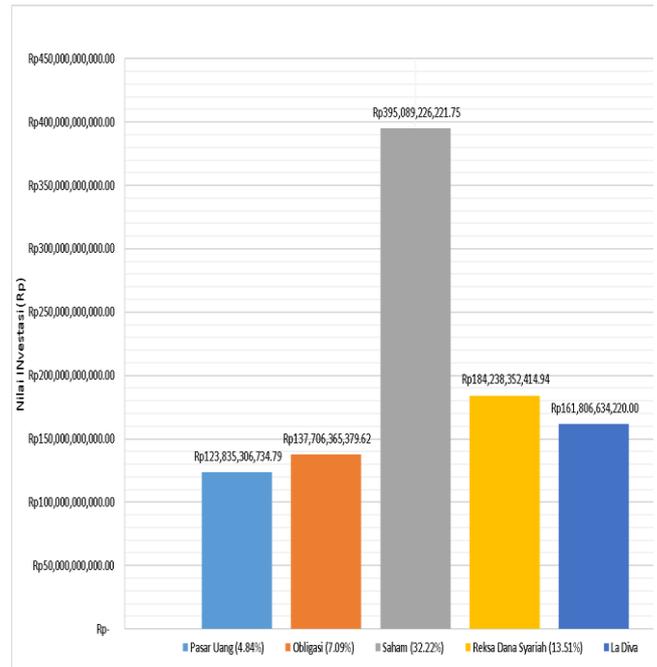
Perbandingan analisa investasi dilakukan untuk mengetahui apakah hasil analisa investasi yang dilakukan layak atau tidak untuk bersaing dengan instrumen investasi lainnya. Dalam hal ini analisa yang dibandingkan berupa nilai bruto dari rencana penjualan rumah selama 5 tahun dengan modal yang sama dan digunakan rumus yang sama pada setiap instrumen investasi. Perbandingan pertama yaitu dengan deposito bank milik negara,



Gambar 4. Perbandingan Dengan Deposito
Sumber: Badan Pusat Statistik (2022)

Perbandingan dengan suku bunga deposito bank menunjukkan bahwa nilai investasi pada cluster 7 perumahan La Diva Green Hill lebih unggul dari masing-masing bank baik milik negara, milik swasta dan internasional. Nilai investasi cluster 7 perumahan La Diva Green Hill unggul hingga 70%.

Perbandingan kedua dengan instrumen investasi berupa pasar uang, obligasi, saham, reksa dana syariah. Berikut adalah grafik hasil perbandingan dengan instrumen investasi:



Gambar 5. Perbandingan Dengan Instrumen Investasi

Sumber: Platform Investasi Bibit (2022)

Perbandingan dengan instrumen investasi menunjukkan nilai investasi cluster 7 perumahan La Diva Green Hill berada pada posisi ke-3 setelah saham dan reksadana syariah. Nilai investasi ini tergolong baik karena investasi dengan instrumen investasi berupa saham dan reksadana syariah memang dapat menghasilkan return yang tinggi tetapi juga memiliki resiko yang tinggi juga, sedangkan investasi properti seperti investasi cluster 7 perumahan La Diva Green Hill memiliki resiko yang lebih kecil dan untuk nilai investasinya akan terus bertambah seiring bertambahnya tahun.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan perhitungan Metode Analisa Kelayakan Investasi dapat disimpulkan sebagai berikut:

Metode Net Present Value (NPV)

Penilaian investasi menggunakan metode Net Present Value (NPV) didapatkan hasil perhitungan positif, dari hasil perhitungan diketahui nilai NPV = +Rp.45,633,543,816.03, artinya nilai penerimaan kas bersih sekarang dimasa yang akan datang akan lebih besar daripada nilai investasi sekarang. Maka proyek Cluster 7 perumahan La Diva Green Hill dikatakan menguntungkan untuk investasi.

Metode Internal Rate of Return (IRR)

Hasil perhitungan Internal Rate of Return (IRR), didapatkan hasil IRR pada percobaan 4 dengan diskon faktor sebesar 32.617 %. Hasil tersebut diperoleh dari $P1(32\%)=P2(33\%)$ ($P1$ mendekati $P2$), yang artinya pada kondisi ini nilai NPV=0 atau mendekati 0 dengan nilai NPV1 = Rp1.158.790.178 dan NPV2 = -Rp.718.417.196, karena bdiskon faktor IRR lebih besar dari diskon faktor yang disyaratkan = 15% maka proyek tersebut menguntungkan.

Metode Profitability Index (PI)

Hasil perhitungan Profitability Index (PI) didapatkan nilai PI=1,47. Karena nilai PI=1,47 > 1 maka proyek perumahan tersebut dikatakan menguntungkan.

Metode Payback Period (PP)

Didapatkan hasil bahwa investasi akan kembali dalam kurun waktu 3 tahun 4 bulan yaitu pada tahun 2025 bulan ke-4, karena waktu pengembalian investasi kurang dari umur investasi yang direncanakan yaitu 5 tahun (2023-2027), sehingga proyek dikatakan menguntungkan untuk investasi.

Dari penelilitian ini ada beberapa saran yang dapat disampaikan, yaitu: (1) Pembangunan Cluster 7 perumahan La Diva Green Hill merupakan proyek yang menguntungkan dan layak untuk investasi karena sesuai dengan syarat-syarat penilaian metode investasi. Namun perusahaan harus tetap memperhatikan pelaksanaan proyek agar proyek berjalan dengan baik dan sesuai rencana. Pihak perusahaan juga harus memperhatikan besarnya biaya yang masuk dan biaya keluar agar tidak mengalami kerugian. (2) Diharapkan penelitian beberapa perumahan sehingga dapat melakukan perbandingan hasil analisa investasi yang didapat.

REFERENSI

Ade Yusuf, Wibowo.2021. "Analisis Investasi Proyek Pembangunan Perumahan Bumantara

Land Pada Pt. Utama Karya (Persero) (Studi Kasus: Optimalisasi Bmn Plaju, Palembang, Sumatera Selatan)". *Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Darma Persada: Palembang.*

Armaeni, Ni Komang. I Wayan Jawat. I Kadek Merta Wijaya. 2019. "Analisis Risiko Kriteria Investasi Pada Model Aliran Kas Proyek Perumahan Di Daerah Perbatasan Kota Denpasar". *Jurnal Teknik Sipil. Universitas Warmadewa. Vol. 8, No. 2, Desember.2019.*

Asiyanto. 2005. *Construction Project Cost Management. Pradnya Paramita. Jakarta.*

Giتمان, M. 2006. *Ekonomi Teknik. Rajawali Press. Jakarta.*

Halim, A. 2005. *Analisis Investasi. Jakarta: Pt Salemba Emban Patria.*

Ilyas, Amin. 2020. "Evaluasi Kelayakan Investasi Proyek Pembangunan Perumahan Green Terrace Ditinjau Pada Aspek Keuangan". *Jurnal Ekonomi & Bisnis. Unisad huguna Business School. Vol.09, No.01. Januari-Juni.2020.*

Mada, Dikhi Muhammad. 2018. "Analisa Investasi Proyek Perumahan Bayleaf Natural Residence – Gresik". *Jurnal Teknik Sipil. Universitas Dr. Soetomo.2018.*

Mangintung, D. M. 2014. *Ekonomi Rekayasa Disertai Penyelesaian Perhitungan Dengan Spreadsheet. Jakarta.*

Michael Blackstaff, Springer. 1998. *Finance for IT Decision Makers.London*

Muhamadar, Bosanova. 2021. "Analisis Kelayakan Investasi Proyek Pembangunan Perumahan Ditinjau Dari Aspek Teknis Dan Finansial". *Skripsi. Fakultas Teknik Sipil. Universitas Islam Indonesia: Kuningan.*

Oktavian, Rendy. "Analisis Nilai Investasi Proyek Perumahan". *Jurnal Devise. Universitas Sains Al-Qur'an. Vol.10, NO.01,38-44.2020.*

Republik Indonesia. 2011. *Undang-Undang No. 1 Tahun 2011 Tentang Perumahan Dan Kawasan Pemukiman. Sekretariat Negara. Jakarta.*

Soeharto, Imam. 1997. *Manajemen Proyek, Dari Konstruksi Sampai Operasional. Erlangga. Jakarta.*

Sudiatmika, D. 2015. *Penelitian. Analisis Finansial dan Anuitas Investasi Pada Proyek Condominium Hotel D'Golfer Kuta. Bali: Universitas Udayana*

Dominasi Material yang Diangkat Tower Crane pada Proyek Pembangunan Air Traffic Control Tower Bandara Internasional Kediri

Raised Material Domination Tower Crane in Dhoho International Airport Kediri at Air Traffic Control Tower Development Project

Aldimas Nasruddin Sah¹, Puguh Novi Prasetyono¹

¹Program Studi D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang Surabaya. Telp (031) 8280009. Email: aldimasnasruddinsah@gmail.com

Abstrak

Indonesia telah mengalami banyak kemajuan pada bidang konstruksi dengan adanya dukungan kebijakan oleh pemerintah khususnya bidang konstruksi sebagai perwujudan transformasi ekonomi menuju Indonesia maju tahun 2045. Untuk menuju Indonesia maju pada bidang konstruksi salah satunya adalah pembangunan bandara Internasional Dhoho di Kabupaten Kediri. Salah satu pembangunan gedung di bandara Internasional Dhoho Kediri adalah air traffic control tower. Fungsi dari air traffic control tower adalah sebagai pengatur lalu lintas pesawat dengan batasan wilayah yang luas, oleh sebab itu pembangunan air traffic control tower membutuhkan peran alat berat berupa tower crane sebagai mobilisasi material. Metode yang dipergunakan pada penelitian ini adalah observasi di lapangan. Dari hasil observasi di lapangan selama 10 hari, material yang diangkat oleh tower crane antara lain adalah rangka baja, scaffolding, bata ringan, bucket concrete, besi wire mesh, keramik, besi ulir, besi holo, dan besi UNP. Material dominan yang diangkat oleh tower crane berdasarkan volume material adalah besi ulir 8D dengan jumlah total volume materialnya sebesar 30105,45 Kg. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui produktivitas tower crane dalam pengoperasiannya pada pembangunan air traffic control tower selama 10 hari di bandara internasional Dhoho Kediri bahwasannya tower crane dapat mengangkat berbagai jenis material dengan berat dan jenis yang berbeda-beda.

Kata Kunci: Dominasi material; spesifikasi material; volume material.

Abstract

Indonesia has experienced a lot of progress in the construction sector with policy support from the government, especially in the construction sector as an embodiment of economic transformation towards an advanced Indonesia in 2045. One way to progress Indonesia in the construction sector is the construction of the Dhoho International Airport in Kediri Regency. One of the building constructions at Dhoho Kediri International Airport is an air traffic control tower. The function of the air traffic control tower is to regulate aircraft traffic with wide area boundaries, therefore the construction of an air traffic control tower requires the role of heavy equipment in the form of a tower crane as material mobilization. The method used in this research is field observation. From the results of field observations for 10 days, the materials lifted by the tower crane included steel frames, scaffolding, lightweight bricks, concrete buckets, wire mesh iron, ceramics, screw iron, holo iron, and UNP iron. The dominant material lifted by the tower crane based on material volume is 8D screw iron with a total material volume of 30105.45 Kg. Based on these results, it can be seen that the productivity of the tower crane in its operation in the construction of an air traffic control tower for 10 days at the Dhoho Kediri international airport is that the tower crane can lift various types of material with different weights and types.

Keywords: Material domination; material specification; material volume.

PENDAHULUAN

Indonesia telah mengalami banyak kemajuan pada bidang konstruksi dengan didukungnya sektor pembangunan oleh pemerintah. Pemerintah menerbitkan kebijakan khususnya sektor konstruksi sebagai perwujudan peningkatan produktivitas untuk transformasi ekonomi menuju Indonesia maju tahun 2045 (Kementerian Keuangan Republik Indonesia, 2023).

Kegiatan proyek konstruksi merupakan pekerjaan yang bersifat sementara dengan batas waktu tertentu serta sumber daya terbatas yang ditujukan untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan. Proses pelaksanaan proyek konstruksi wajib menentukan batasannya, antara lain adalah biaya, jadwal, dan mutu yang disebut dengan *triple constrain* (Sudipta, 2013). Proyek konstruksi terdiri dari beberapa macam, salah satunya adalah proyek konstruksi bangunan gedung. Bangunan gedung memiliki berbagai macam jenis, salah satu bangunan gedung yang mementingkan aspek keindahan serta fungsinya adalah bandar udara.

Bandar udara merupakan kawasan yang berada pada perairan maupun daratan yang dipergunakan untuk lepas landas pesawat udara, naik turun penumpang, dan perpindahan antar moda transportasi yang dilengkapi dengan fasilitas pokok maupun penunjang (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tentang Penerbangan, 2009).

Air traffic control tower merupakan salah satu gedung yang berada pada bandar udara. Fungsi dari *air traffic control tower* antara lain adalah pengatur lalu lintas pesawat udara saat di bandar udara agar pesawat terhindar dari tabrakan (Ahmad & Wiwi, 2019). *Air traffic control tower* memiliki batas kendali wilayahnya yang mencakup keseluruhan pergerakan dalam *airside airport, arrivals*, transisi kontrol antar *audrone, take off, landing, instrument approach*, dan *visual approach*. Batasan kendali yang luas dari *air traffic control tower* mempengaruhi kondisi bangunannya yang tergolong menjulang tinggi, oleh sebab itu pembangunannya membutuhkan peran alat berat sebagai mobilisasi materialnya. Salah satu peran alat berat yang penting pada pembangunan *air traffic control tower* adalah *tower crane*.

Tower crane merupakan alat berat yang dipergunakan untuk pengangkat atau pemindah material dari elevasi yang berbeda. Pengoperasian *tower crane* memiliki ruang gerak yang terbatas baik secara vertikal maupun horizontal (Mahardhika & Nursin, 2022).

Salah satu proyek konstruksi yang sedang berjalan hingga saat ini adalah pembangunan *air traffic control tower* pada Bandara Internasional Doho Kediri dengan total luasan 625,775 m². Proyek pembangunan tersebut membutuhkan alat berat berupa *tower crane* yang dipergunakan sebagai mobilitas berbagai jenis material yang dibutuhkan pada proses konstruksi. Material yang diangkat oleh *tower crane* harus dikontrol untuk mengetahui material apa saja yang diangkat selama masa pembangunan dan dominansi materialnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Jenis-Jenis *Tower Crane*

Terdapat berbagai macam jenis *tower crane*, antara lain adalah:

a) *Static Tower Crane*

Static Tower Crane diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu *free standing tower crane* dan *tied in tower crane*. *Free standing tower crane* lebih cocok untuk bangunan dengan tinggi kurang dari 100 meter (Fadhevi, 2016).

b) *Climbing Tower Crane*

Climbing tower crane adalah *crane* yang ditempatkan pada struktur bangunan, yaitu pada inti bangunan (Fadhevi, 2016).

c) *Mobile Crane*

Mobile crane terbagi menjadi dua jenis, yakni *truck crane* dan *crawler crane truck*. *Truck crane* merupakan jenis *crane* yang jadi satu dengan sebuah truk sehingga memudahkan dalam akomodasi perjalanan karena bisa langsung ke lokasi pekerjaan tanpa menggunakan perantara kendaraan lain (Fadhevi, 2016). Sedangkan *crawler truck crane* adalah *crane* pengangkat material dengan jangkauan yang tidak terlalu panjang dan memiliki roda-roda rantai untuk bisa bergerak (Fadhevi, 2016).

d) *Rail Mounted Crane*

Rail mounted crane adalah jenis *crane* yang jalur pergerakannya *hoist* dipasang dengan rel sehingga penggunaannya sangat terbatas tergantung pada panjangnya rel (Fadhevi, 2016).

Bagian-Bagian Tower Crane

Menurut Hartono, Noviyanti, dan Ratna (Hartono et al., 2013) *tower crane* memiliki banyak bagian yang memiliki fungsi masing-masing, antara lain:

a) *Tie ropes*

Merupakan kawat yang berfungsi sebagai penahan jib agar tetap dalam kondisi lurus 90 derajat terhadap tiang utama.

b) *Counter weight*

Penyeimbang beban.

c) *Counter jib*

Tiang penyeimbang.

d) *Kabin Operator*

Ruang operator untuk pengoprasionalan *tower crane*.

e) *Slewing Ring*

Pemutar *jib*.

f) *Jib*

Merupakan tiang horisontal yang panjangnya berdasarkan pada jangkauan yang diinginkan.

g) *Trolley*

Alat yang bergerak sepanjang *jib* yang digunakan sebagai pemindah material secara horisontal dan biasanya dipasangkan pada *hook* atau kait.

h) *Hook*

Pengaman pada *hook crane* yang memiliki fungsi sebagai pengunci beban yang dikaitkan pada *hook* agar tidak terlepas dari *hook* itu sendiri.

i) *Climbing*

Alat penambah ketinggian *crane*.

j) *Mast*

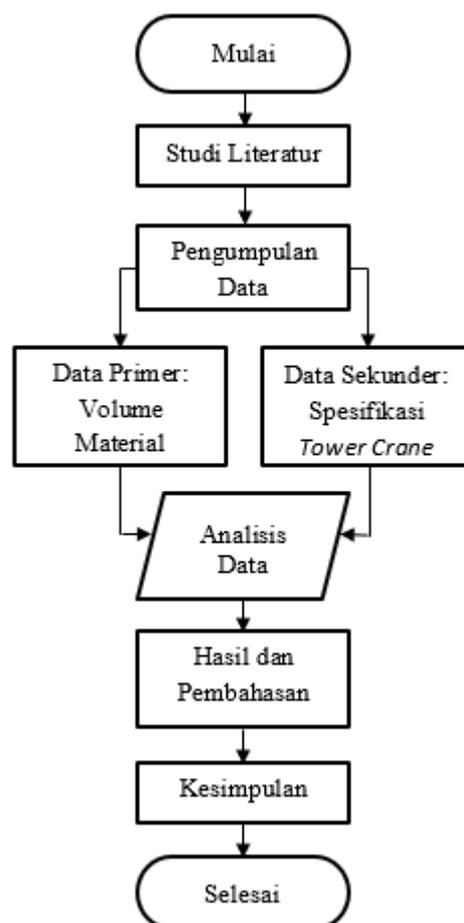
Tiang vertikal yang berdiri di atas *base* atau dasar.

k) *Footing*

Tempat pijakan *tower crane*.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data dengan data primer dan sekunder. Data primer terdiri dari observasi dan dokumentasi. Observasi pada penelitian ini dilakukan selama 10 hari kerja dengan jam kerja optimal selama 8 jam per hari. Sedangkan data sekunder adalah metode pengumpulan sumber data secara tidak langsung kepada pengumpul data, seperti dari dokumen-dokumen. Data sekunder berupa studi literatur dan dokumen-dokumen penunjang seperti dokumen proyek, yakni spesifikasi material dan spesifikasi *tower crane*. Berikut ditampilkan pada diagram alir.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Material

Terdapat berbagai macam material yang diangkat oleh *tower crane*, antara lain adalah sebagai berikut:

1. Rangka Baja
Rangka baja yang diangkat oleh *tower crane* dipergunakan untuk rangka atap *air traffic control tower*. Rangka baja tersebut memiliki 6 jenis dengan ukuran dan spesifikasi yang berbeda-beda. Detail spesifikasinya adalah sebagai berikut:
 - a) WF 500x200x10x16
 - b) WF 450x200x9x14
 - c) WF 250x125x6x9
 - d) WF 300x150x6.5x9
 - e) WF 200x100x5.5x8
 - f) WF 150x75x5x7
2. Scaffolding
Scaffolding yang diangkat oleh *tower crane* terdiri dari 6 bagian yang diangkat secara terpisah sesuai dengan item. Detail spesifikasinya adalah sebagai berikut:
 - a) Main frame
 - b) Cross brace
 - c) Join pin
 - d) Cat walk
 - e) Tangga
 - f) Jack base
3. Bata ringan
Bata ringan yang diangkat oleh *tower crane* adalah satu paket, yakni total 120 pcs pada sekali pengangkatan. Detail spesifikasi ukuran bata ringan per buahnya adalah panjang 600 mm, lebar 200 mm, tebal 100 mm, dan berat 9 Kg.
4. Bucket Concrete
Spesifikasi *bucket concrete* yang diangkat oleh *tower crane* adalah volume 0,8 liter, tinggi 1,7 meter, dan diameter 1,4 meter. Untuk berat *bucket concrete* dibagi menjadi 2, yakni berat tanpa isi sebesar 300 Kg dan berat dengan isi sebesar 1200 Kg.
5. Besi wire mesh
Spesifikasi besi *wire mesh* yang diangkat oleh *tower crane* adalah dengan panjang 5,8 meter, lebar 1,65 meter, spasi 0,15 x 0,15 m, juntaian

0,05 meter, berbentuk persegi, berjenis sirip, dan berat 61,79 Kg.

6. Keramik
Keramik yang diangkat oleh *tower crane* adalah per dus, setiap sekali pengangkatan bisa menampung 16 dus keramik. Setiap dus isinya 4 pcs keramik dengan detail ukuran keramik per buahnya adalah panjang 60 cm, lebar 60 cm, tebal 1 cm, dan berat 6 Kg/pcs.
7. Besi holo
Spesifikasi besi holo yang diangkat oleh *tower crane* adalah panjang 6 meter, lebar 50 mm, tinggi 50 mm, tebal 3 mm, dan berat 27,1 kg.
8. Besi UNP
Spesifikasi besi UNP yang diangkat oleh *tower crane* adalah panjang 6 meter, lebar 50 mm, tinggi 35 mm, tebal 2,2 mm, dan berat 12,5 kg
9. Besi ulir
Pada besi ulir 8D terdapat 2 jenis dengan panjang berbeda yang diangkat oleh *tower crane*, yakni 12 meter dan 3 meter. Untuk spesifikasi lainnya masih sama yakni dengan diameter 8 mm, dan berat per m³ 0,37 kg.

Volume Material

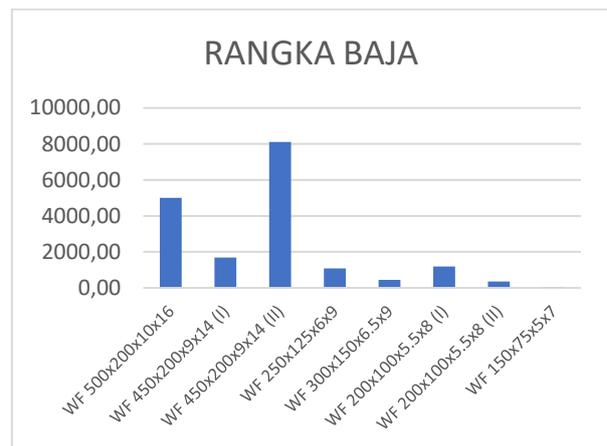
Volume material merupakan volume total material yang diangkat oleh *tower crane* pada saat pengoprasian. Perhitungan volume material dihitung secara rinci terkait besarnya volume atau kubikasi pekerjaan dengan satuan m³ (Jonathan & Anondho, 2021). Terdapat volume material yang berbeda-beda pada setiap itemnya, volume material total per item adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Volume Material Total

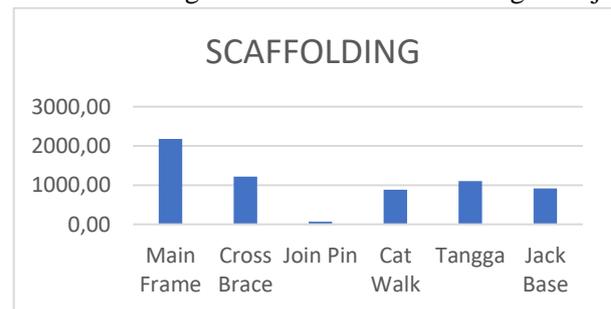
VOLUME MATERIAL TOTAL			
NO	KETERANGAN	BERAT (KG)	TOTAL BEBAN (KG)
		JUMLAH (PCS)	
RANGKA BAJA			
1	WF 500x200x10x16	416,55	12,00
			4998,56
2	WF 450x200x9x14 (I)	847,40	2,00
			1694,80
3	WF 450x200x9x14 (II)	405,08	20,00
			8101,60
4	WF 250x125x6x9	90,22	12,00
			1082,63
5	WF 300x150x6.5x9	36,90	12,00
			442,76
6	WF 200x100x5.5x8 (I)	59,30	20,00
			1185,95
7	WF 200x100x5.5x8 (II)	29,65	12,00
			355,78
8	WF 150x75x5x7	29,40	2,00
			58,80
Scaffolding			
9	Main Frame	13,79	158,00
			2179,45
10	Cross Brace	7,60	160,00
			1216,00
11	Join Pin	0,35	191,00
			66,85
12	Cat Walk	14,00	63,00
			882,00
13	Tangga	20,00	55,00
			1100,00
14	Jack Base	4,50	203,00
			913,50
Bata Ringan			
15	BATA RINGAN 600x200x100 mm	9,00	960,00
			8640,00
Bucket Concrete			
16	BUCKET CONCRETE DENGAN ISI	1200,00	20,00
			24000,00
	BUCKET CONCRETE TANPA ISI	300,00	24,00
			7200,00
Besi Wire Mesh			
17	BESI WIRE MESH 5,8 m x 1,65 m	61,79	300,00
			18537,00
Keramik 60x60			
18	KERAMIK 1 dus	24,00	25,00
			600,00
Besi Ulir			
19	BESI ULIR Diameter 8 mm (I)	4,47	6735,00
			30105,45
20	BESI ULIR Diameter 8 mm (II)	1,12	1546,00
			1727,66
Besi Holo			
21	BESI HOLO 50 mm x 50 mm (I)	27,10	344,00
			9322,40
22	BESI HOLO 50 mm x 50 mm (II)	13,55	50,00
			677,50
Besi UNP			
23	BESI UNP 50 mm x 35 mm	12,50	225,00
			2812,50

VOLUME MATERIAL TOTAL			
NO	KETERANGAN	BERAT (KG)	TOTAL BEBAN (KG)
		JUMLAH (PCS)	
VOLUME MATERIAL TOTAL			127901,19

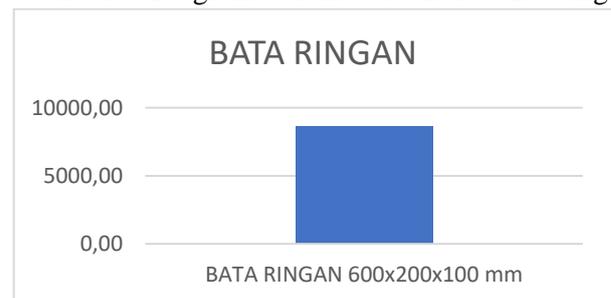
Untuk perbandingan secara visual pada volume material adalah sebagai berikut:



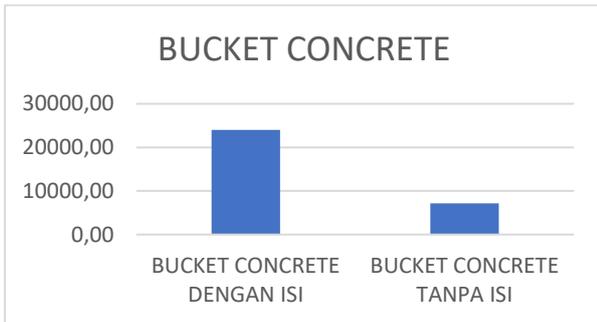
Gambar 2. Diagram Volume Material Rangka Baja



Gambar 3. Diagram Volume Material Scaffolding



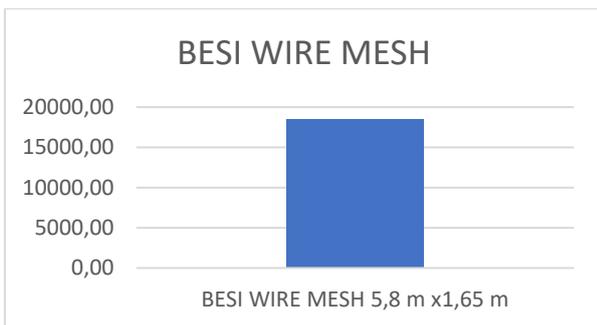
Gambar 4. Diagram Volume Material Bata Ringan



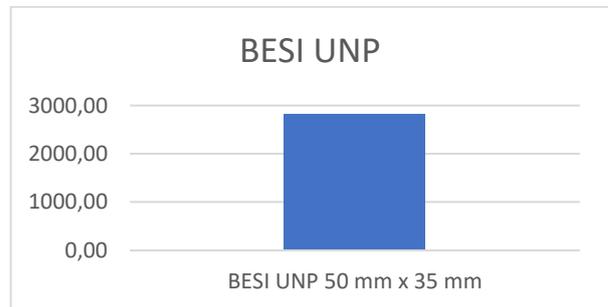
Gambar 5. Diagram Volume Material Bucket Concrete



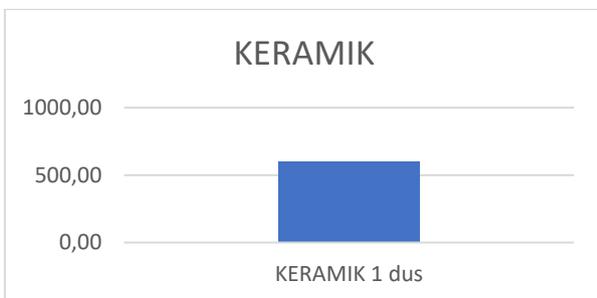
Gambar 9. Diagram Volume Material Besi Holo



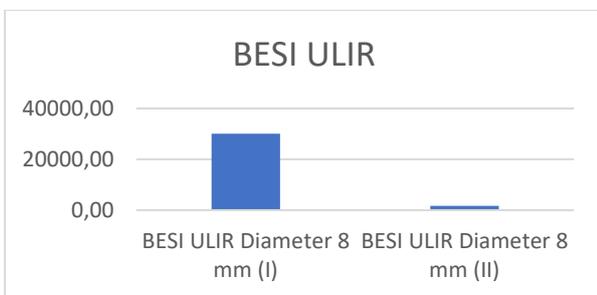
Gambar 6. Diagram Volume Material Besi Wire Mesh



Gambar 10. Diagram Volume Material Besi UNP



Gambar 7. Diagram Volume Material Keramik



Gambar 8. Diagram Volume Material Besi Ulir

Dominasi Material

Berdasarkan uraian pada tabel volume material, dominansi material yang diangkat oleh *tower crane* berdasarkan volume materialnya adalah besi ulir 8D dengan total volume material sebesar 30105,45 Kg.

KESIMPULAN

Terdapat berbagai macam material yang diangkat oleh *tower crane* pada pembangunan *air traffic control tower* bandara internasional Doho Kediri, antara lain adalah:

- a) Rangka baja
 - 1) WF 500x200x10x16
 - 2) WF 450x200x9x14
 - 3) WF 250x125x6x9
 - 4) WF 300x150x6.5x9
 - 5) WF 200x100x5.5x8
 - 6) WF 150x75x5x7
- b) Scaffolding
 - 1) Main Frame
 - 2) Cross Brace
 - 3) Cat Walk
 - 4) Join Pin
 - 5) Jack Base

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p60-66>

- 6) Tangga
- c) Bata ringan 600 x 200 x 100 mm
- d) Bucket Concrete 0,8 m³
- e) Besi Wire Mesh 5,8 x 1,65 m
- f) Keramik 60 x 60 cm
- g) Besi Ulir 8D
- h) Besi Holo 50 x 50 mm
- i) Besi UNP 50 x 35 mm

Volume material total dari keseluruhan item yang diangkat oleh tower crane selama 10 hari observasi dengan durasi jam kerja produktif selama 8 jam per hari adalah 127901,19 kg atau 127,90 ton.

Material paling dominan yang diangkat oleh *tower crane* selama 10 hari pada pekerjaan pembangunan *air traffic control tower* adalah besi ulir 8D dengan total volume material sebesar 30105,45 Kg atau 30,10 ton.

Saran

Saran bagi peneliti selanjutnya adalah menambahkan total hari pengamatan agar dapat menjadi pembanding apakah dominansi materialnya tetap sama atautkah berbeda.

REFERENSI

- Ahmad, P. D., & Wiwi, B. 2019. Studi Stres Kerja Operator Air Traffic Control (ATC) Pada Bandara Ahmad Yani Semarang. *Industrial Engineering Online*
- Fadhevi, R. G. 2016. Studi Kasus Perubahan Letak Dan Pondasi Tower Crane Static Menjadi Tower Crane Climbing Pada Proyek At District 8 Senopati Jakarta Selatan. *Jurnal Forum Mekanika*, 5(1), 53–60.
- Hartono, E., Noviyanti, & Ratna. 2013. Program Perhitungan Efektivitas Waktu Dan Biaya Pemakaian Tower Crane. *Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 2, 1–9. [perhitungan-efektivitas-waktu-da.pdf](#)
- Jonathan, R., & Anondho, B. 2021. Perbandingan Perhitungan Volume Pekerjaan Dak Beton Bertulang Antara Metode Bim Dengan Konvensional. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 4(1), 271.
- Kementerian Keuangan Republik Indonesia. 2023. *Berita Utama*. 2–5.
- Mahardhika, S., & Nursin, A. 2022. Optimalisasi Letak Tower Crane Terhadap Waktu Siklus Pada Proyek X. *Construction and Material Journal*, 4(2), 137–148.
- Prasetyono, P. N., & Dani, H. 2022. Identifikasi Risiko pada Pekerjaan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung sebagai Tempat Tinggal. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(1), 42-47.
- Prasetyono, P. N., & Dani, H. 2022. Identifikasi Risiko Pembangunan Ruko dari Aspek Ekonomi, Finansial, dan Pemasaran. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 102-107.
- Sudipta, I. 2013. Studi Manajemen Proyek Terhadap Sumber Daya Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi (Studi Kasus : Pembangunan Villa Bali Air). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 17(1), 73–83.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tentang Penerbangan. 2009. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tentang Penerbangan. *Undang-Undang Republik Indonesia No 1*, 6(1), 1–22.

