



JOURNAL OF APPLIED CIVIL ENGINEERING & INFRASTRUCTURE TECHNOLOGY

Published by :



Indonesian Society of
Applied Science (ISAS)



**JOURNAL OF APPLIED CIVIL ENGINEERING AND
INFRASTRUCTURE TECHNOLOGY (JACEIT)**

Indonesian Society of Applied Science (ISAS)

<https://journal.isas.or.id/index.php/JACEIT>

Vol. 6 No. 2 (2025) : Desember 2025

e-ISSN. 2723-5378

**JOURNAL OF APPLIED CIVIL ENGINEERING AND
INFRASTRUCTURE TECHNOLOGY
(JACEIT)**

<https://journal.isas.or.id/index.php/JACEIT>

VOLUME 6, NOMOR 2, DESEMBER 2025

E-ISSN. 2723-5378

DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.52158/](https://doi.org/10.52158/)



Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology (JACEIT) adalah sebuah jurnal *blind peer review* yang didedikasikan untuk publikasi hasil penelitian yang berkualitas dalam bidang ilmu Teknik Sipil dan Rekayasa Infrastruktur namun tak terbatas secara implisit. Semua publikasi di junal JACEIT bersifat akses terbuka yang memungkinkan artikel tersedia secara bebas online tanpa berlangganan apapun.

Penerbit

Indonesian Society of Applied Science (ISAS)

Alamat Redaksi

Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111

Email: jaceit@isas.or.id; jaceit.isas@gmail.com



Indonesian Society of Applied Science

Office: Kampus Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111.

Phone: +6281234302724, +6287859160488

ISAS

The Biggest Applied Science Society in Indonesia

<https://isas.or.id>

humas@isas.or.id



SAMBUTAN EDITOR

Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology (JACEIT) merupakan jurnal ilmiah yang dikelola dan dipublikasikan oleh **Indonesian Society of Applied Science (ISAS)**, yang merupakan suatu perkumpulan dari konsorsium Pusat/Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Negeri se-Indonesia yang berbadan hukum dari Keputusan Menteri dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia **Nomor AHU-0011316.AH.01.07 Tahun 2019** pada tanggal 8 November 2019.

JACEIT terbit sejak Agustus 2020 dengan ISSN Online 2723-5378, SK LIPI Nomor. 0005.27235378/JI.3.1/SK.ISSN/2020.08 Tanggal 6 Agustus 2020. **JACEIT** diterbitkan dua kali dalam setahun yaitu Bulan Agustus dan Desember. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology (JACEIT)* merupakan jurnal ilmiah dengan ruang lingkup bidang teknik sipil antara lain bidang struktur, manajemen konstruksi, geoteknik, hidroteknik, material maju, pemetaan/geomatika/ sistem informasi geografis, teknik lingkungan, transportasi dan rekayasa teknologi infrastruktur. **JACEIT** juga sudah terindeks **Google Scholar, ROAD, Crossref, WorldCat, One Search, Dimensions, GARUDA dan SINTA**. **JACEIT** memiliki DOI: <https://doi.org/10.52158/> dan sudah terakreditasi **SINTA 4**. Kami akan terus berupaya dalam meningkatkan lembaga pengindeks agar dapat meningkatkan *impact factor* OJS **JACEIT**.

Pada Volume 6 No. 2 Desember 2025 ini terdiri atas 10 artikel dengan 30 penulis yang berasal dari 6 perguruan tinggi di Indonesia, yaitu Politeknik Negeri Banyuwangi, Institut Teknologi Kalimantan, Universitas Ibn Khaldun Bogor, Universitas Airlangga, Universitas Balikpapan, Politeknik Negeri Fakfak, serta 2 Instansi yaitu Formologix Lab, dan PT. PLN (Persero) Unit Induk Distribusi Jawa Timur.

Penerbitan Jurnal ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, terutama ucapan terima kasih kami sampaikan kepada para editor dan reviewer yang sudah rela bekerja keras dalam *me-review* manuskrip hingga layak publish di jurnal ini. Kami juga mengapresiasi para peneliti, mahasiswa dan praktisi yang sudah menjadikan **JACEIT** sebagai media untuk publikasi hasil penelitiannya. Membutuhkan usaha lebih keras untuk mendapatkan *submission paper* dan menjalin *networking* dari kalangan akademisi dari berbagai Perguruan Tinggi Negeri ataupun Swasta DN/LN serta dari instansi/ lembaga.

Semoga manuskrip di **JACEIT** dapat menambah khazanah keilmuan dan wawasan ilmiah, khususnya dalam bidang Teknik Sipil. Kritik dan saran membangun tetap kami harapkan untuk perbaikan jurnal ini.

Banyuwangi, 4 Agustus 2025

Ketua Dewan Redaksi,

Cand. Dr. Zulis Erwanto, S.T., M.T.





DAFTAR ISI TERBITAN

No.	Judul – Penulis	Halaman
1	Nilai CBR Tanah Ekspansif Setelah di Stabilisasi Kapur Terhadap Sifat Filtrasi Tanah <i>Dora Melati Nurita Sandi, Zulis Erwanto</i>	81 - 88
2	Penilaian Green Building pada Gedung Laboratorium Terpadu II Institut Teknologi Kalimantan <i>Yulia Choirunisa, Oryza Lhara Sari, Imma Sofi Anindyta</i>	89 - 93
3	Analisis Parkir Perumda Pasar Pakuan Jaya <i>Reza Rifaldi, Rulhendri, Nurul Chayati</i>	94 - 98
4	Evaluasi dan Re-Mapping APAR di Lingkungan Gedung Perkantoran PLN UID Jawa Timur <i>Deny Nurcahyo Hari Prastya, Tri Martiana, Parlan</i>	99 - 105
5	Analisis Kebisingan dengan Menggunakan Peta Kebisingan serta Rekomendasi Program NIHL (Noise Induced Hearing Loss) di PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan <i>Nia Vita Shalina, Abdul Rohim Tualeka</i>	106 - 117
6	Analisis Daya Serap Air Paving Block Dengan Polyethylene Terephthlate Sebagai Pengganti Semen <i>Fauzi Al Hidayat, Andi Marini Indriani, Gunaedy Utomo, Fachruddin Harami</i>	118 - 123
7	Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Nilai Koefisien Permeabilitas Tanah Lempung Organik <i>Muhammad Muis Fauzi, Andi Marini Indriani, Gunaedy Utomo</i>	124 - 128
8	Analisis Building Information Modelling (BIM) 5D Pada Pekerjaan Struktur Beton Bertulang Bangunan Kantor Kebun Muara Lawa <i>Ikkal Setiawan, Irna Hendriyani, Reno Pratiwi</i>	129 - 136
9	Pengaruh Komposisi Limbah Botol Plastik Sebagai Material Paving Block Bermutu Tinggi <i>James WTP, Budiman</i>	137 - 141
10	Pengaruh Penggunaan Abu Terbang Dan (Bestmittel) Terhadap Kuat Tekan Mortar Mutu Tinggi <i>Ratna Qolbilla, Dadang Dwi Pranowo, Moh. Galuh Khomari, Catur Bejo Santoso, Ahmad Utanaka</i>	142 - 148





Nilai CBR Tanah Ekspansif Setelah di Stabilisasi Kapur Terhadap Sifat Filtrasi Tanah

Dora Melati Nurita Sandi¹, Zulis Erwanto²

^{1,2}Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

¹doranurita@poliwangi.ac.id, ²zulis.erwanto@poliwangi.ac.id

Abstract

This study utilized the soil filtration properties to stabilize only certain soil areas, and observations were made of the effects on the surrounding area. The stabilization is achieved using lime stabilizer material. The percentage of lime used was 8% of the soil weight. Observations of the influence of the soil around the stabilization area were carried out in horizontal and vertical directions. The research method involved modeling the soil on a laboratory scale, namely by making a plywood box measuring 1m long, 50 cm wide, and 100 cm high. The soil in the middle area was stabilized using 8% lime, and then it was tested for its CBR value. CBR testing in the horizontal direction experienced an increase in CBR value compared to the original soil, with a value of 18.559% to 29.610% from an average distance of 20 cm on day 1, with a percentage increase of 59.2% while at a distance of 40cm, it got a value of an average of 30.29%. CBR testing in the vertical direction experienced an increase in CBR value from the original soil. The original soil CBR value of 18,559% increased to 29.610% in the stabilized area. In the area 20cm from the stabilization area, with a curing period of 1 day, the average CBR value was 59.2% while at a distance of 40cm with a curing period of 1 day, the average CBR value obtained was 62.86%. From the test results, it can be concluded that the soil around the stabilized soil experienced an increase in CBR value, and the longer the curing period, the higher the CBR value.

Keywords: CBR, Expansive Soil, Filtration, Lime, Stabilization.

Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan sifat filtrasi tanah, sehingga stabilisasi dilakukan hanya pada area tanah tertentu dan dilakukan pengamatan pengaruhnya terhadap area sekitar tanah yang distabilisasi. Stabilisasi menggunakan bahan stabilisator kapur. Prosentase kapur yang digunakan sebesar 8% dari berat tanah. Pengamatan pengaruh tanah di sekitar area stabilisasi dilakukan pada arah horizontal dan arah vertikal. Metode penelitian dengan memodelkan tanah dalam skala laboratorium, yaitu dengan membuat kotak triplek yang berukuran, panjang 1m, lebar 50 cm, tinggi 100 cm. Tanah yang distabilisasi pada area tengah dengan menggunakan kapur 8%, kemudian tanah diuji CBR. Pengujian CBR pada arah horizontal, mengalami peningkatan nilai CBR dibandingkan tanah asli dengan nilai 18,559% menjadi 29,610% dari rata-rata jarak 20 cm hari ke 1 dengan presentase kenaikan 59,2% sedangkan pada jarak 40cm mendapatkan nilai dari rata-rata 30,29%. Pengujian CBR arah vertikal, mengalami peningkatan nilai CBR dari tanah asli. Nilai CBR tanah asli sebesar 18.559%, mengalami kenaikan menjadi 29,610% pada area yang distabilisasi. Pada area jarak 20cm dari area stabilisasi, dengan masa peram hari ke 1 nilai CBR rata-rata sebesar 59,2% sedangkan pada jarak 40cm dengan masa peram hari ke 1 nilai rata-rata CBR yang diperoleh adalah 62,86%. Dari hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa tanah yang berada di sekitar tanah stabilisasi mengalami kenaikan nilai CBR dan semakin lama masa peram semakin meningkatkan nilai CBR.

Kata kunci: CBR, Filtrasi, Kapur, Stabilisasi, Tanah Ekspansif.

Diterima Redaksi : 2023-11-02 | Selesai Revisi : 2024-09-09 | Diterbitkan Online : 2025-08-04

1. Pendahuluan

Lempung atau tanah liat adalah partikel mineral berkerangka dasar silika yang berdiameter kurang dari 4 mikrometer. Lempung terbentuk dari proses pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi.

Mendenifisikan tanah liat sebagai campuran partikel-partikel pasir dan debu dengan bagian-bagian tanah liat yang mempunyai sifat-sifat karakteristik yang berlainan dalam ukuran yang kira-kira sama. Salah satu ciri partikel-partikel tanah yaitu mempunyai muatan ion positif yang dapat dipertukarkan. Material tanah liat mempunyai daya serap yang baik terhadap perubahan



kadar kelembapan karena tanah liat mempunyai luas permukaan yang sangat besar.

Mendenifisikan tanah liat atau lempung sebagai deposit yang mempunyai ukuran partikel yang lebih kecil atau sama dengan 0,002 mm, tanah liat dengan ukuran mikrokonis sampai dengan submikrokonis ini terbentuk dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan [1].

Tanah liat atau lempung akan menjadi sangat keras dalam keadaan kering, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Tanah liat atau lempung mempunyai sifat permeabilitas sangat rendah dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Lempung atau tanah liat adalah suatu silika hidra aluminium yang kompleks dengan rumus kimia $Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot kH_2O$ dimana n dan k merupakan nilai numerik molekul yang terikat dan bervariasi untuk masa yang sama. Mineral lempung mempunyai daya tarik menarik individual yang mampu menyerap 100 kali volume partikelnya, ada atau tidaknya air (selama pengeringan) dapat menghasilkan perubahan volume dan kekuatan yang besar. Partikel-partikel lempung juga mempunyai tenaga tarik antar partikel yang sangat kuat yang untuk sebagian menyebabkan kekuatan yang sangat tinggi pada suatu bongkahan kering. Sifat-sifat yang dimiliki tanah liat atau lempung adalah sebagai berikut [2]
Ukuran butir halus kurang dari 0,002 mm

- a. Permeabilitas rendah
- b. Bersifat sangat kohesif
- c. Kadar kembang susut yang tinggi
- d. Proses konsolidasi lambat

Menurut [3], Stabilisasi tanah adalah usaha untuk meningkatkan stabilitas dan kapasitas daya dukung tanah. Apabila tanah terdapat di lapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasikan.

Metode-metode stabilisasi yang biasa digunakan, yaitu stabilisasi mekanik, stabilisasi fisik, stabilisasi kimia. Berikut ini merupakan pemaparan pada setiap stabilisasi sebagai berikut :

Stabilisasi Mekanik

Stabilisasi mekanik adalah penambahan kekuatan atau daya dukung tanah dengan mengatur gradasi tanah yang dimaksud. Usaha ini biasanya menggunakan sistem pemadatan. Pemadatan merupakan stabilisasi tanah secara mekanis, pemadatan dapat dilakukan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (roller), benda berat yang dijatuhkan, ledakan, tekanan statis, dan sebagainya [3].

Stabilisasi Fisik

Stabilisasi fisik adalah perubahan sifat-sifat tanah dengan cara pemanasan (heating), pendinginan (cooling) dan menggunakan arus listrik (electricity). Salah satu jenis stabilisasi fisik yang sering digunakan adalah pemanasan. Pada pemanasan dengan temperatur yang cukup (diatas

900° C), lempung yang sudah mengeras tidak dapat dirubah lagi dan selanjutnya jika direndam air tidak akan mengurangi kekuatannya.

Stabilisasi Kimia

Stabilisasi tanah secara kimiawi adalah penambahan bahan stabilisasi yang dapat mengubah sifat-sifat kurang menguntungkan dari tanah. Biasanya digunakan pada tanah yang berbutir halus. Bahan yang digunakan untuk stabilisasi tanah disebut *stabilizing agent*.

Metode stabilisasi yang banyak digunakan adalah stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi mekanis yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan cara perbaikan struktur dan perbaikan sifat-sifat mekanis tanah, sedangkan stabilisasi kimiawi yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat teknis tanah yang kurang menguntungkan dengan cara mencampur tanah dengan bahan kimia seperti semen, kapur atau pozzolan [3]. Menurut [4] bahan-bahan yang sering digunakan untuk stabilisasi tanah sebagai berikut :

1. Abu sekam merupakan material yang banyak mengandung silika dan material pozzolan karena mengandung unsur kapur bebas yang dapat mengeras dengan sendirinya, disamping mengandung unsur aluminium dioksides yang keduanya merupakan unsur-unsur yang mudah bereaksi dengan kapur.
2. Kapur merupakan material yang mengandung ion-ion Ca, Mg dan sebagian kecil Na. Adanya tambahan kation Ca, Mg dan Na menyebabkan bertambahnya ikatan antara partikel-partikel mineral lempung sehingga mengurangi kecenderungan sifat mengembang dari lempung. Disamping itu kapur dapat menimbulkan sementasi antara kapur dengan lempung sehingga daya dukung dan kekuatan geser tanah menjadi lebih besar serta mengurangi plastisitas tanah.

Pada penelitian ini menggunakan bahan stabilisasi dengan kapur yang sering ditemui di toko bangunan. Kapur merupakan material yang mengandung ion-ion Ca, Mg dan sebagian kecil Na. Adanya tambahan kation Ca, Mg dan Na menyebabkan bertambahnya ikatan antara partikel-partikel mineral lempung sehingga mengurangi kecenderungan sifat mengembang dari lempung. Disamping itu kapur dapat menimbulkan sementasi antara kapur dengan lempung sehingga daya dukung dan kekuatan geser tanah menjadi lebih besar serta mengurangi plastisitas tanah [5], [6].

Beberapa penelitian terkait stabilitas tanah antara lain [7], [8], [9], [10], [11], [12], dan [13].

2. Metode Penelitian

Tanah lempung sebagai sampel bahan utama yang akan diperbaiki sifatnya didapat dari material lempung di Desa Glagah Agung Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi. pengambilan sampel tanah lempung dapat dilihat pada **Gambar 1**.



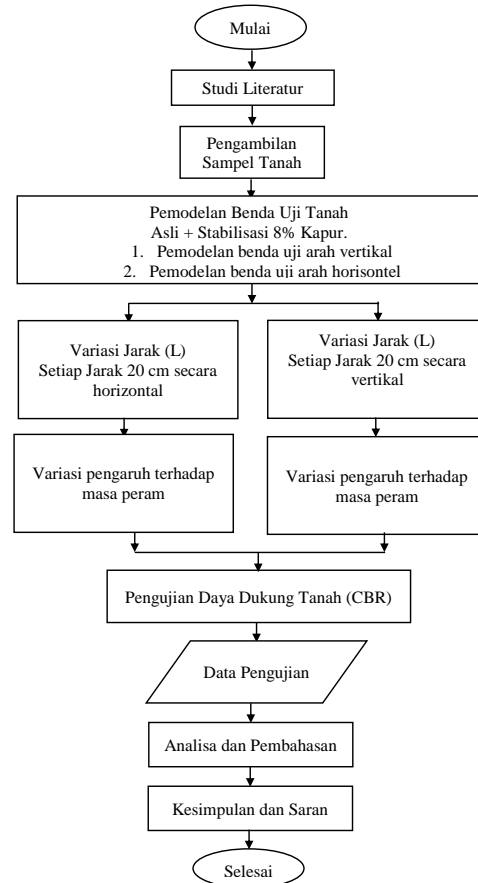
Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel tanah yang diambil menggunakan metode test pit, dimana sampel tanah berupa tanah *disturbed*. Kedalaman pengambilan sampel tanah adalah 0-1m.



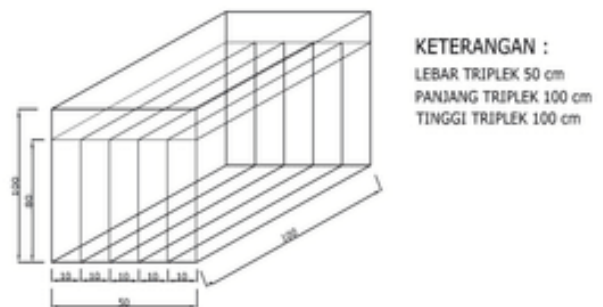
Gambar 2. Proses Pengambilan Sampel

Gambar 2 merupakan proses pengambilan sampel tanah. Sampel tanah diambil di satu titik lokasi. Lokasi tersebut merupakan lokasi yang digunakan penelitian terdahulu terkait dengan identifikasi tanah lempung ekspansif. Secara keseluruhan alur penelitian disajikan pada **Gambar 3**.

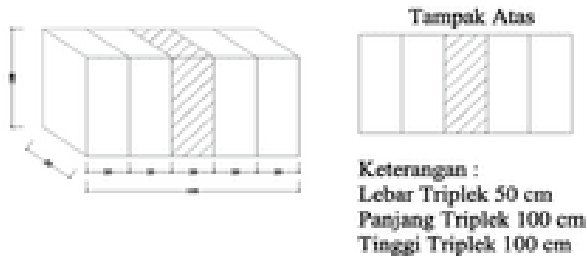


Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

Pemodelan sampel tanah yang akan dilakukan di dalam kotak triplek yang berukuran, panjang 1 m, lebar 50 cm dan tinggi 1 m seperti pada **Gambar 4**. Sampel tanah yang dimasukan kedalam kotak triplek pada setiap jarak 10 cm. Untuk tanah dicampur 8% kapur sebagai bahan stabilisasi. Pada tahap pencampuran kapur dilakukan pada posisi tengah – tengah sampel tanah, setelah itu dilakukan pengujian variasi waktu tunggu, 24 jam dan 48 jam pada tanah yang telah di stabilisasi kapur. Tahap selanjutnya yaitu dilakukan pula pengujian yang sama pada setiap sisi kanan dan kiri yaitu pada jarak ke 10 cm samping kanan dan jarak ke 10 cm samping kiri, juga dilakukan pengujian variasi waktu yang sama yaitu 24 jam dan 48 akan dilakukan pengujian yang sama pada jarak 20 cm samping kanan dan kiri dan samping jarak ke 20 cm.



Gambar 4. Pemodelan Sampel Tanah Pada Arah Vertikal



Gambar 5. Pemodelan Sampel Tanah Pada Arah Horizontal

Pengujian CBR dilakukan pada tanah asli, tanah di stabilisasi dengan masa tunggu 24 jam dan 48 jam, serta pada tanah disisi kanan dan kiri dari tanah yang distabilisasi dengan masa tunggu 24 jam dan 48 jam seperti pada **Gambar 5**.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian stabilisasi tanah pada arah vertikal dan horizontal dengan menggunakan kotak triplek dengan dimensi panjang 100 cm, lebar 50 cm dan tinggi 100 cm. Pengujian tanah dilakukan dengan arah horizontal, sehingga di dalam kotak triplek dimodelkan secara horizontal dengan jarak antar skat 20 cm. Untuk bagian kotak triplek yang akan diuji dapat dilihat pada **Gambar 6**.



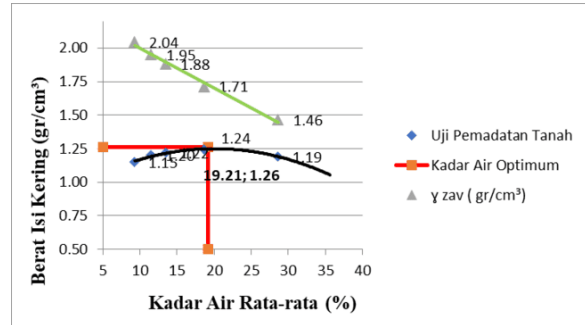
Gambar 6. Pemodelan tanah pada kotak triplek

3.1 Pengujian Tanah Asli

Pengujian tanah dilakukan pada tanah asli tanpa ada perlakuan apaun. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian proctor dan CBR kering. Pengujian proctor dilakukan untuk memperoleh kadar air optimum yang nantinya digunakan untuk pengujian CBR kering.

- Pengujian Proctor
Pengujian kepadatan ringan dilakukan sebelum distabilisasi tanah dalam kotak triplek. Pengujian ini dilakukan sebelum pengujian CBR laboratorium karena sebagai acuan kadar air pada pengujian CBR laboratorium. Pengujian pemadatan ringan (proctor)

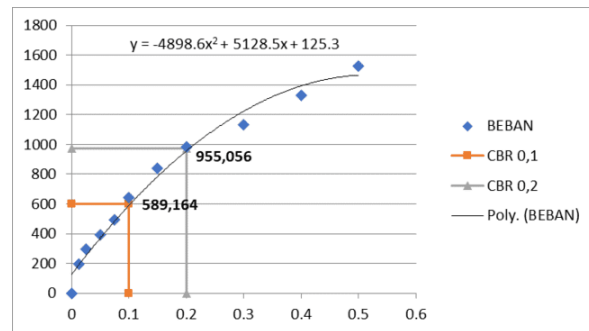
dengan menggunakan SNI 03-3637-1994 [14] dan SNI-1742-2008 [15]. Pengujian ini menggunakan 5 sampel setiap masa tunggu sebesar 3000 gram, 3 lapis masing-masing 25 kali tumbukan dengan perbedaan 100 ml air setiap sampelnya yaitu 100 ml, 200 ml, 300 ml, 400 ml, 500 ml. Grafik hasil pengujian proctor ditampilkan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Grafik Proctor Tanah Asli

Pengujian proctor tanah mendapatkan nilai berat isi maksimum 1,24 gr/cm³ dengan kadar air optimum 19,21 % pada grafik di atas menunjukkan bahwa nilai berat isi kering tanah memiliki angka di bawah nilai γ_{zav} dengan demikian berarti bahwa kepadatan tanah sudah pada kondisi pemadatan yang maksimum.

- Pengujian CBR
Pengujian CBR laboratorium adalah pengujian untuk mengetahui nilai atau kekuatan daya dukung suatu kondisi tanah pada Desa Glagahagung Kecamatan Purwoharjo. Pengujian CBR ini dilakukan untuk mengetahui nilai daya dukung tanah pada tanah asli sebelum distabilisasi, pengujian CBR ini mengacu pada SNI 03-1744-2012 [16].



Gambar 8. Grafik CBR Tanah Asli

Tabel 1. Hasil uji CBR pada penetrasi 0.1 dan 0.2

CBR		
0,1"	$((589.164)/(3 \times 1000)) \times 100\%$	18,052
0,2"	$((955.056)/(3 \times 1500)) \times 100\%$	18,599

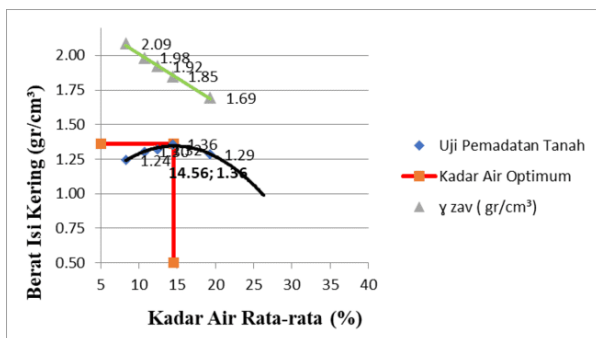
Tabel 1, menunjukkan pembacaan Penetrasi 0,1 inci menunjukkan nilai CBR lebih kecil dari Penetrasi 0,2 inci, maka yang digunakan adalah nilai pembacaan yang terbesar yaitu pada pembacaan 0,2 inci sebesar 18,599 %. Pada kurva hubungan antara tegangan dan

penetrasi diatas pada **Gambar 8** menunjukkan keadaan kurva berbentuk lengkung ke atas, dan tidak diperlukan koreksi karena titik inisial tidak bergeser dari titik 0 (SNI-1738-2011 Cara Uji CBR Lapangan) [17].

3.2 Pengujian Tanah Stabilisasi

Sampel tanah dilakukan stabilisasi dengan campuran kapur 8%, dari berat sampel. Pengujian yang dilakukan terhadap sampel adalah pengujian proctor dan pengujian CBR.

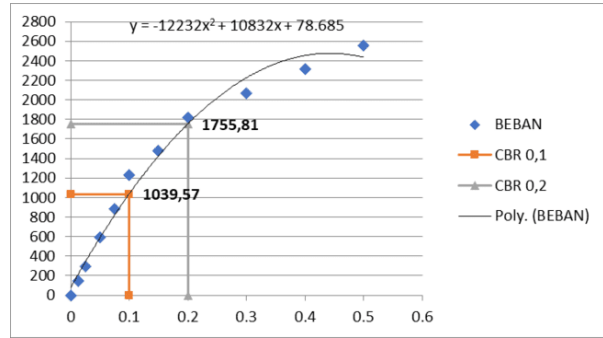
- Pengujian Proctor
 Pengujian kepadatan ringan dilakukan setelah pencampuran tanah dalam kotak triplek. Pengujian ini dilakukan sebagai acuan kadar air pada pengujian CBR laboratorium. Pengujian pemadatan ringan (proctor) dengan menggunakan (SNI-1742-2008) [15]. Pengujian ini menggunakan 5 sampel setiap masa tunggu sebesar 3000 gram, 3 lapis masing-masing 25 kali tumbukan dengan perbedaan 100 ml air setiap sampelnya yaitu 100 ml, 200 ml, 300 ml, 400 ml, 500 ml.



Gambar 9. Grafik Proctor pada tanah stabilisasi kapur 8%

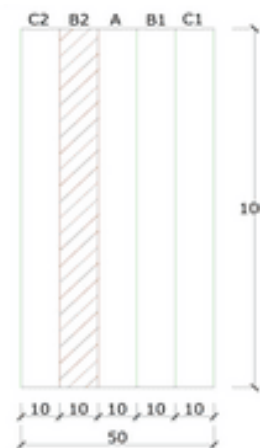
Pengujian proctor tanah dicampur kapur 8% pada arah horizontal kotak tengah mendapatkan nilai berat isi maksimum 1,36 gr/cm³ dengan kadar air optimum 14,56 % pada grafik **Gambar 9** menunjukkan bahwa nilai berat isi kering tanah memiliki angka di bawah nilai γ_{zav} dengan demikian berarti bahwa kepadatan tanah sudah pada kondisi pemadatan yang maksimum.

- Pengujian CBR
 Pengujian CBR ini dilakukan untuk mengetahui nilai daya dukung tanah pada tanah campuran kapur 8% seperti pada **Gambar 10** distabilisasi pada waktu 1 hari, pengujian CBR ini mengacu pada SNI 03-1744-2012 [16].



Gambar 10. Grafik CBR pada tanah stabilisasi kapur 8%

3.3 Pengujian Tanah Pada Tanah disekitar Tanah Stabilisasi Arah Vertikal



Gambar 11. Lokasi Area yang di uji Pada B2

Pada area B2 dilakukan pengujian proctor dan CBR kering setelah masa tunggu 24 jam dan 48 jam seperti terlihat pada **Gambar 11**. **Tabel 2** merupakan hasil pengujian proctor dan CBR pada masa tunggu 24 jam dan 48 jam.

Tabel 2. Hasil Pengujian Proctor dan CBR Area B2

Masa Tunggu	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
24 Jam	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.29 gr/cm ³
	CBR	30.889 %
48 Jam	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.28 gr/cm ³
	CBR	31.111%

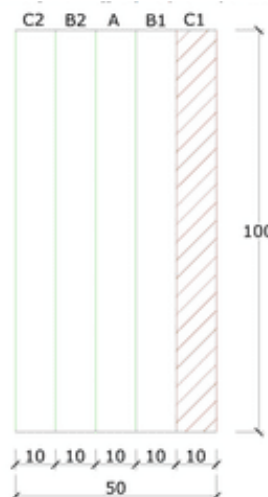


Gambar 11. Lokasi Area yang di uji Pada B1

Pada area B1 dilakukan pengujian proctor dan CBR kering setelah masa tunggu 24 jam dan 48 jam seperti pada **Gambar 11. Tabel 3** merupakan hasil pengujian proctor dan CBR pada masa tunggu 24 jam dan 48 jam.

Tabel 3. Hasil Pengujian Proctor dan CBR Area B1

Masa Tunggu	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
24 Jam	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.24 gr/cm ³
	CBR	28.44 %
48 Jam	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.18 gr/cm ³
	CBR	31.111%



Gambar 12. Lokasi Area yang di uji Pada C1

Pada area C1 dilakukan pengujian proctor dan CBR kering setelah masa tunggu 24 jam dan 48 jam seperti pada **Gambar 12. Tabel 4** merupakan hasil pengujian proctor dan CBR pada masa tunggu 24 jam dan 48 jam.

Tabel 4. Hasil Pengujian Proctor dan CBR Area C1

Masa Tunggu	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
24 Jam	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.25 gr/cm ³
	CBR	28.44 %
48 Jam	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.28 gr/cm ³
	CBR	29.778%



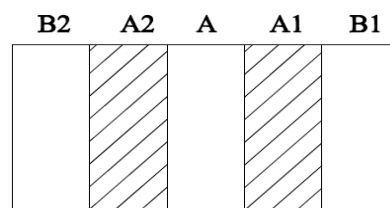
Gambar 13. Lokasi Area yang di uji Pada C2

Pada area C2 dilakukan pengujian proctor dan CBR kering setelah masa tunggu 24 jam dan 48 jam seperti pada **Gambar 13. Tabel 5** merupakan hasil pengujian proctor dan CBR pada masa tunggu 24 jam dan 48 jam.

Tabel 5. Hasil Pengujian Proctor dan CBR Area C2

Masa Tunggu	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
24 Jam	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.9 gr/cm ³
	CBR	28%
48 Jam	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.17 gr/cm ³
	CBR	28.44%

3.4 Pengujian Tanah Pada Tanah disekitar Tanah Stabilisasi Arah Horizontal



Gambar 14. Lokasi Area yang di uji Pada A1 dan A2

Tabel 6. Hasil Pengujian Proctor dan CBR Area A1 dan A2

Masa Tunggu	Lokasi	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
24 Jam	A1	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.21 gr/cm ³
		CBR	28.446%
	A2	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.2gr/cm ³
		CBR	29.54%
48 Jam	A1	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.24 gr/cm ³
		CBR	28.446%
	A2	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.22 gr/cm ³
		CBR	29.540%



Gambar 15. Lokasi Area yang di uji Pada B1 dan B2

Tabel 7. Hasil Pengujian Proctor dan CBR Area B1 dan B2

Masa Tunggu	Lokasi	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
24 Jam	B1	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.22 gr/cm ³
		CBR	28.446%
	B2	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.2gr/cm ³
		CBR	29.54%
48 Jam	B1	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.23 gr/cm ³
		CBR	30.634%
	B2	Proctor	Berat isi kering Maksimum: 1.23 gr/cm ³
		CBR	29.540%

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian CBR Laboratorium, tampak bahwa terjadi pengaruh penambahan daya dukung seiring dimana lamanya waktu tunggu stabilisasi dan terjadi pengaruh terhadap area disekitar lokasi yang distabilisasi. Pada area arah horizontal nilai CBR pada pemeraman 24 jam area C1 diperoleh nilai CBR 17,4% meningkat sebesar 3,5% pada dari tanah asli, masa pemeraman 48 jam nilai CBR sebesar 17,6 meningkat sebesar 3,7% dari tanah asli, nilai CBR pada area C2 sebesar 17,3% meningkat sebesar 3,4%, untuk nilai CBR pada pemeraman 48jam didapatkan 17,3% meningkat sebesar 3,4% dari tanah asli. Pada area arah vertikal nilai CBR pada pemeraman 24 jam pada area A1 dan A2 nilai CBR sebesar 28.993% meningkat 10.394% disbanding tanah asli. Pada pemeraman 48 jam area A1 dan A2 nilai CBR 28.993%, meningkat 10.434% dibanding tanah asli. Area yang berjarak 20 cm dari area stabilisasi mengalami peningkatan CBR sebesar 10.434% disbanding tanah asli. Area yang berjarak 40 cm dari area stabilisasi mengalami peningkatan CBR sebesar 11.488%.

Daftar Rujukan

- [1] Craig, R. F. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga. 1991
- [2] Hardiyatmo, C. H. *Mekanika Tanah I*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Umum. 2002.
- [3] Bowles, J. E. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Mekanika Tanah Edisi Kedua, Jakarta: Erlangga. 1984.
- [4] Casagrande. *Sistem Classification Unified Soil Classification System*. 1942.
- [5] Das, B. M. *Mekanika Tanah. Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis*. Jakarta: Erlangga. 1991.
- [6] Terzaghi, K., dan Peck, R. B. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Jakarta: Erlangga. 1987.
- [7] DMN Sandi, LW Natasha, Y Ulfiyati, E Suryani. Pemanfaatan Bubuk Arang Kayu Terhadap Stabilisasi Tanah Lempung di Dusun Jatiluhur Banyuwangi. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure*, 1(3), PP-12. 2022.
- [8] Fathonah, W., Intari, D. E., Mina, E., dan Sulaiman, M. Pemanfaatan Limbah Plastik Pet (Polyethylene Terephthalate) Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif (Studi Kasus: Jalan Kampung Cibayone, Sumur-Pandeglang). *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 7(2). 2018.
- [9] Herdiana, I. K. T. Stabilisasi Tanah Lempung Yang Dicampur Zat Additive Kapur Dan Matos Ditinjau Dari Waktu Perendaman. Fakultas Teknik. Universitas Lampung. 2018.
- [10] Rangaesa, R. A., Zaika, Y., dan Suroso. Pengaruh Penambahan Kapur terhadap Kekuatan dan Pengembangan (Swelling) pada Tanah Lempung Ekspansif Bojonegoro. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(1), PP-189. 2017.
- [11] Rokhman, A., dan Artiani, G. P. Perbaikan Sifat Fisik Tanah Bekas Timbunan Sampah dengan Bahan Stabilisasi Kapur. *Prosiding Semnastek*. 2015.
- [12] Saputri, S., Zaika, Y., dan Suroso. Perbaikan Tanah Ekspansif (Daya Dukung dan Pengembangan) Metode Deep Soil Mixing Pola Single Square Diameter 4, 8 cm dengan Penambahan Kapur pada Variasi Kedalaman dan Jarak. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(2), pp-1059. 2017.
- [13] Tejokusumo, R. A., Suryo, E. A., dan Zaika, Y. Stabilisasi Tanah Ekspansif Dengan Metode Deep Soil Mixing (DSM) Berpola Panels Dan Kapur Dengan Variasi Jarak Dan Panjang Kolom Diameter 3,2 Cm Terhadap Perubahan Daya Dukung Dan Pengembangan [Tesis]. Malang: Universitas Brawijaya. 2017.
- [14] SNI 03-3637-1994. *Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus Dengan Cetakan Benda Uji*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. 1994.

- [15] SNI-1742-2008. *Cara Uji Kepadatan Ringan Tanah*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. 2008.
- [16] SNI 03-1744-2012. *Cara Uji CBR laboratorium*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. 2012.
- [17] SNI 1738-2011. *Cara Uji CBR Lapangan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. 2011.



Penilaian *Green Building* pada Gedung Laboratorium Terpadu II Institut Teknologi Kalimantan

Yulia Choirunisa¹, Oryza Lhara Sari², Imma Sofi Anindyta³

^{1,2}Teknik Sipil, Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Kalimantan

³Formologix Lab

¹07201091@student.itk.ac.id*, ²oryza@lecturer.itk.ac.id, ³immaanindyta@formologix.com

Abstract

Efforts are essential to reduce emissions and environmental damage from construction activities, such as applying green concepts throughout the construction process. Institut Teknologi Kalimantan (ITK) is a sustainable development initiative in East Borneo that adopts these green concepts. Specifically, the Gedung Laboratorium Terpadu II at ITK was planned as a green building but hadn't undergone an assessment. This study assessed the building using the *GreenShip New Building Version 1.2* tool, revealing that it scored 25 points (24.75%), falling short of green building status. Recommendations for improvement included increasing vegetation, implementing energy and water efficiency measures, sourcing alternative water supplies, enhancing lighting systems, and improving waste treatment. These changes could elevate the building's green status to gold, with a 59.41% score.

Keywords: *Green Building, GreenShip, Labter II ITK*

Abstrak

Diperlukan upaya untuk mengurangi emisi dan kerusakan lingkungan dari kegiatan konstruksi, salah satunya menerapkan konsep *green building* di seluruh tahap konstruksi. Institut Teknologi Kalimantan adalah inisiasi pembangunan berkelanjutan di Kalimantan Timur yang mengadopsi konsep *green*. Secara spesifik, direncanakan penerapan konsep *green building* pada Gedung Laboratorium Terpadu II ITK, tetapi belum dilakukan penilaian terhadap penerapan tersebut. Pada penelitian ini, dilakukan penilaian dengan menggunakan *GreenShip New Building Versi 1.2* dan diperoleh nilai yang tercapai adalah 25 poin (24,75%), sehingga bangunan ini tidak mendapatkan predikat *green building*. Rekomendasi perbaikan yang diberikan meliputi memperluas area vegetasi, mengimplementasikan efisiensi energi dan air, memanfaatkan sumber air alternatif, meningkatkan sistem pencahayaan, dan meningkatkan pengolahan limbah. Perubahan-perubahan ini dapat meningkatkan predikat *green building* menjadi *gold*, dengan persentase nilai 59,41%.

Kata kunci: *Green Building, GreenShip, Labter II ITK*

Diterima Redaksi : 2024-06-13 | Selesai Revisi : 2024-08-26 | Diterbitkan Online : 2025-08-04

1. Pendahuluan

Bangunan hijau adalah bangunan gedung yang memenuhi standar teknis bangunan gedung dan memiliki kinerja yang terukur dalam penghematan energi, air, dan sumber daya lainnya melalui penerapan prinsip bangunan gedung hijau sesuai dengan fungsi dan klasifikasi pada setiap tahapan penyelenggaraannya [1]. Pemerintah mendorong upaya penerapan bangunan hijau, termasuk untuk bangunan-bangunan di perguruan tinggi. Kementerian PUPR mendorong agar perguruan tinggi dapat menciptakan kawasan *green campus*, salah satunya dengan penerapan konsep *green building* [2]. Salah satu penerapan *green building* di perguruan tinggi yang telah dilakukan penilaiannya adalah penilaian di Gedung Fakultas Kesehatan UMSIDA, dengan hasil

gedung tersebut memperoleh predikat *bronze* [3]. Penelitian lain berupa penilaian penerapan konsep *green* di perguruan tinggi dilakukan dengan meninjau penerapan konsep *green architecture* di Gedung Perpustakaan Universitas Indonesia menggunakan kriteria *greenShip* dari GBCI dan diperoleh kriteria-kriteria yang telah diterapkan maupun yang belum diterapkan [4]. Institut Teknologi Kalimantan merupakan salah satu institusi yang diharapkan dapat turut membangun wilayah Kalimantan, namun pengembangan di wilayah ini harus selaras dengan upaya mempertahankan kondisi lingkungan di sekitarnya mengingat Pulau Kalimantan berperan sebagai paru-paru dunia. Sebagai upaya dalam melakukan pembangunan yang selaras dengan kondisi



lingkungan di Kalimantan, mengantisipasi perubahan iklim, dan mengurangi pemanasan global, Institut Teknologi Kalimantan menerapkan konsep *green* dalam pembangunan kampus [5]. Pembangunan berkelanjutan dengan konsep *green* di Institut Teknologi Kalimantan merupakan salah satu yang terbesar di wilayah Kalimantan Timur, sehingga akan memberikan dampak bagi kondisi lingkungan akibat perubahan fungsi lahan [6]. Tetapi, sampai saat ini masih belum terdapat bangunan di Institut Teknologi Kalimantan yang mendapatkan predikat *green building* [7]. Salah satu bangunan yang berada di Institut Teknologi Kalimantan adalah Gedung Laboratorium Terpadu II. Berdasarkan wawancara dengan *Team Leader* konsultan manajemen konstruksi yang terlibat pada proyek pembangunan Gedung Laboratorium Terpadu II ITK, dinyatakan bahwa gedung ini menerapkan konsep *green building*. Menurut Ahli MEP pada proyek pembangunan Gedung Laboratorium Terpadu II ITK, terdapat beberapa kondisi yang kurang sesuai dengan kriteria *green building*, seperti tidak dilakukan perhitungan terhadap energi selubung bangunan, sumber listrik untuk mengakomodasi kebutuhan gedung yang masih memanfaatkan sumber PLN dan genset, serta adanya penggunaan energi yang besar akibat peralatan laboratorium maupun sistem tata udara gedung. Sehingga, hal tersebut akan mempengaruhi tingkat efisiensi energi pada Gedung Laboratorium Terpadu II ITK. Padahal, bangunan hijau seharusnya lebih ramah lingkungan, efisien dalam penggunaan sumber daya energi dan air [8], serta dapat mengakomodasi ruang *indoor* yang lebih nyaman, sehat, serta produktif bagi penggunaannya [9]. Dengan demikian, diperlukan adanya penilaian terhadap parameter *green building* yang diterapkan di Gedung Laboratorium Terpadu II ITK untuk mengukur implementasi *green building* yang diterapkan pada gedung ini. Parameter pengukuran yang digunakan adalah sistem *greenship*, yaitu sistem sertifikasi yang dikembangkan oleh *Green Building Council* Indonesia (GBCI) [10]. Melalui penelitian ini diharapkan dapat diketahui capaian nilai *green building* dan predikat *green building* Gedung Laboratorium Terpadu II ITK, serta merumuskan rekomendasi perbaikan untuk peningkatan penerapan *green building*.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Januari 2024 dan selesai pada bulan Mei 2024. Lokasi penelitian berada di Kampus Institut Teknologi Kalimantan, Jalan Soekarno-Hatta KM. 15, Kelurahan Karang Joang, Kecamatan Balikpapan Utara, Kota Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur, Indonesia (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif. Dilakukan pengumpulan data-data primer melalui wawancara dan observasi secara langsung di lokasi penelitian. Sementara pengumpulan data sekunder dilakukan dengan tinjauan pada dokumen-dokumen proyek, meliputi gambar DED arsitektur dan MEP, dokumen RKS, dokumen RAB, dan dokumen spesifikasi teknis. Data primer dan sekunder yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis berdasarkan parameter pada *Greenship New Building* Versi 1.2 yang terdiri dari kriteria tepat guna lahan (ASD), efisiensi dan konservasi energi (EEC), konservasi air (WAC), sumber dan siklus material (MRC), kesehatan dan kenyamanan dalam ruangan (IHC), serta manajemen lingkungan bangunan (BEM). Setelah dilakukan penilaian pada setiap kriteria, kemudian hasil penilaian peneliti divalidasi kepada tenaga ahli *green building* dan dilakukan wawancara untuk merumuskan rekomendasi perbaikan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Tinjauan Umum

Gedung Laboratorium Terpadu II ITK direncanakan sebagai gedung untuk memfasilitasi kegiatan-kegiatan praktikum hingga penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa/i maupun dosen-dosen yang ada di Institut Teknologi Kalimantan. Gedung Laboratorium Terpadu II terdiri dari dua gedung, yaitu Gedung A yang merupakan bangunan dengan tiga lantai dan Gedung B berupa bangunan satu lantai. Berdasarkan pengukuran melalui gambar *site plan*, luas lahan Gedung Laboratorium Terpadu II ITK adalah sebesar 10.054,74 m². Gedung Laboratorium Terpadu II berada dalam wilayah Institut Teknologi Kalimantan, yang mana dalam area ini terdapat beberapa fasilitas seperti masjid, warung makan, lapangan olahraga, kolam retensi, taman, ATM dan Bank.

3.2. Penilaian *Green Building*

Kriteria penilaian *green building* yang digunakan adalah *Greenship New Building* Versi 1.2 yang ditetapkan oleh GBC Indonesia. Pada standar penilaian *greenship*, kriteria terbagi menjadi aspek tepat guna lahan (ASD), efisiensi dan konservasi energi (EEC), konservasi air (WAC), sumber dan siklus material (MRC), kesehatan

dan kenyamanan dalam ruang (IHC), serta manajemen lingkungan bangunan (BEM). Adapun poin penilaian yang ditentukan dalam *GreenShip New Building* Versi 1.2 adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Poin Penilaian Berdasarkan *GreenShip New Building* 1.2

Kode	Kriteria	Poin Maksimum <i>GreenShip</i>
ASD 1	Pemilihan Tapak	2
ASD 2	Aksesibilitas Komunitas	2
ASD 3	Transportasi Umum	2
ASD 4	Fasilitas Pengguna Sepeda	2
ASD 5	Lansekap pada Lahan	3
ASD 6	Iklim Mikro	3
ASD 7	Manajemen Limpasan Hujan	3
EEC 1	Langkah Penghematan Energi	20
EEC 2	Pencahayaan Alami	4
EEC 3	Ventilasi	1
EEC 4	Pengaruh Perubahan Iklim	1
EEC 5	Energi Terbarukan dalam Tapak	5
WAC 1	Pengurangan Penggunaan Air	8
WAC 2	Fitur Air	3
WAC 3	Daur Ulang Air	3
WAC 4	Sumber Air Alternatif	2
WAC 5	Penampungan Air Hujan	3
WAC 6	Efisiensi Penggunaan Air Lansekap	2
MRC 1	Penggunaan Gedung dan Material Bekas	2
MRC 2	Material Ramah Lingkungan	3
MRC 3	Penggunaan Refrigeran tanpas ODP	2
MRC 4	Kayu Bersertifikat	2
MRC 5	Material Prefabrikasi	3
MRC 6	Material Regional	2
IHC 1	Pemantauan Kadar CO ₂	1
IHC 2	Kendali Asap Rokok di Lingkungan	2
IHC 3	Polutan Kimia	3
IHC 4	Pemandangan ke Luar Gedung	1
IHC 5	Kenyamanan Visual	1
IHC 6	Kenyamanan Termal	1
IHC 7	Tingkat Kebisingan	1
BEM 1	GP sebagai Anggota Tim Proyek	1

Kode	Kriteria	Poin Maksimum <i>GreenShip</i>
BEM 2	Polusi dari Aktivitas Konstruksi	2
BEM 3	Pengelolaan Sampah Tingkat Lanjut	2
BEM 4	Sistem Komisioning yang Baik dan Benar	3
BEM 5	Penyerahan Data <i>Green Building</i>	2
BEM 6	Kesepakatan dalam Melakukan <i>Fit Out</i>	1
BEM 7	Survei Pengguna Gedung	1
TOTAL		101

Berdasarkan data yang dikumpulkan dan telah dianalisis pada setiap kriteria penilaian, didapatkan hasil penilaian sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Penilaian *Green Building*

Kode	Kriteria	Nilai
ASD 1	Pemilihan Tapak	1
ASD 2	Aksesibilitas Komunitas	2
ASD 3	Transportasi Umum	0
ASD 4	Fasilitas Pengguna Sepeda	0
ASD 5	Lansekap pada Lahan	0
ASD 6	Iklim Mikro	2
ASD 7	Manajemen Limpasan Hujan	1
EEC 1	Langkah Penghematan Energi	7
EEC 2	Pencahayaan Alami	0
EEC 3	Ventilasi	1
EEC 4	Pengaruh Perubahan Iklim	0
EEC 5	Energi Terbarukan dalam Tapak	0
WAC 1	Pengurangan Penggunaan Air	0
WAC 2	Fitur Air	1
WAC 3	Daur Ulang Air	2
WAC 4	Sumber Air Alternatif	1
WAC 5	Penampungan Air Hujan	1
WAC 6	Efisiensi Penggunaan Air Lansekap	0
MRC 1	Penggunaan Gedung dan Material Bekas	0
MRC 2	Material Ramah Lingkungan	0
MRC 3	Penggunaan Refrigeran tanpas ODP	2
MRC 4	Kayu Bersertifikat	0

Kode	Kriteria	Nilai
MRC 5	Material Prefabrikasi	0
MRC 6	Material Regional	2
IHC 1	Pemantauan Kadar CO ₂	0
IHC 2	Kendali Asap Rokok di Lingkungan	0
IHC 3	Polutan Kimia	0
IHC 4	Pemandangan ke Luar Gedung	0
IHC 5	Kenyamanan Visual	0
IHC 6	Kenyamanan Termal	2
IHC 7	Tingkat Kebisingan	0
BEM 1	GP sebagai Anggota Tim Proyek	0
BEM 2	Polusi dari Aktivitas Konstruksi	0
BEM 3	Pengelolaan Sampah Tingkat Lanjut	0
BEM 4	Sistem Komisioning yang Baik dan Benar	0
BEM 5	Penyerahan Data <i>Green Building</i>	0
BEM 6	Kesepakatan dalam Melakukan <i>Fit Out</i>	0
BEM 7	Survei Pengguna Gedung	0
TOTAL		25

Setelah dilakukan penilaian, setiap kriteria divalidasi dengan tenaga ahli *green building* dari GBC Indonesia. Dari hasil penilaian yang telah divalidasi, diperoleh hasil pada kriteria tepat guna lahan (ASD) diperoleh 6 poin, kriteria efisiensi dan konservasi energi (EEC) diperoleh 8 poin, kriteria konservasi air (WAC) diperoleh 5 poin, kriteria sumber dan siklus material (MRC) diperoleh 4 poin, kesehatan dan kenyamanan dalam ruang (IHC) diperoleh 2 poin, dan kriteria manajemen lingkungan bangunan (BEM) tidak mendapatkan poin. Total poin yang didapatkan Gedung Laboratorium Terpadu II ITK adalah 25 dari 101 poin maksimum.

3.2. Peringkat *Green Building*

Dalam penelitian ini, digunakan *GreenShip New Building 1.2*. Adapun ketentuan poin untuk menentukan peringkat yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Peringkat dari *GreenShip Rating Tools*

Peringkat	Persentase	Nilai
Platinum	73%	74
Gold	57%	58
Silver	46%	46
Bronze	35%	35

Dari hasil penilaian yang dilakukan, poin perolehan Gedung Laboratorium Terpadu II ITK adalah 25 poin dengan persentase 24,75%. Mengacu pada *greenShip rating tools*, maka gedung ini belum mendapatkan peringkat *green building*.

3.3. Rekomendasi

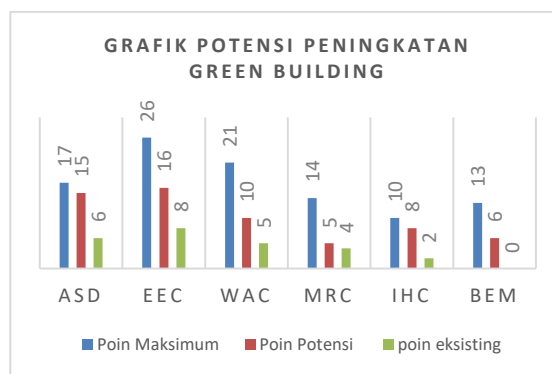
Gedung Laboratorium Terpadu II ITK belum mendapatkan peringkat *green building*, sehingga dirumuskan rekomendasi perbaikan oleh tenaga ahli *green building* yang melakukan validasi pada hasil penilaian. Rekomendasi perbaikan yang diberikan berpotensi meningkatkan perolehan nilai *green building* agar gedung ini mendapatkan peringkat.

Tabel 4. Rekomendasi Perbaikan oleh Tenaga Ahli *Green Building*

Kriteria	Rekomendasi	Potensi Peningkatan Poin
ASD 3	Melakukan pembangunan halte bus yang mudah dijangkau dari jalur pedestrian di area gedung atau berada dalam jangkauan pejalan kaki (300 m).	2
ASD 4	Meningkatkan kapasitas parkir sepeda dan menyediakan fasilitas <i>shower</i> untuk pengguna sepeda.	2
ASD 5	Meningkatkan area yang ditanami vegetasi dengan memanfaatkan <i>green roof</i> , <i>garden roof</i> , dan menanam lansekap dengan pohon yang memiliki tajuk lebar.	2
ASD 6	Melengkapi jalur pedestrian dengan atap vegetasi (<i>green roof</i>) sebagai pelindung dari radiasi matahari.	1
ASD 7	Membuat sumur resapan, lubang biopori, dan meningkatkan kapasitas penampungan air hujan.	2
EEC 1	Melakukan instalasi sensor gerak dan melakukan <i>traffic analysis</i> lift.	2
EEC 2	Melakukan instalasi lux sensor untuk otomatisasi pencahayaan dan membuat simulasi atau melakukan pengukuran intensitas cahaya alami.	4
EEC 4	Meakukan perhitungan emsii CO ₂ sesuai dengan <i>grid emission factor</i> pada Keputusan DNA pada B/277/Dep.III/LH/01/2009	1
EEC 5	memanfaatkan teknologi <i>photovoltaics</i> (PV) untuk mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik	1
WAC 1	Melakukan perhitungan penggunaan air bersih.	1
WAC 4	Memanfaatkan air bekas wudhu sebagai air daur ulang.	2
WAC 6	Menggunakan <i>grey water</i> untuk irigasi lansekap dan menggunakan sistem pengairan lansekap yang efisien.	1

Kriteria	Rekomendasi	Potensi Peningkatan Poin
MRC 2	Melakukan pengecekan dokumen sertifikat ISO 14001 untuk material yang digunakan.	1
IHC 1	Melakukan instalasi sensor gas karbon dioksida pada ruang kelas yang memiliki kepadatan tinggi.	1
IHC 2	Melakukan pemasangan tanda larangan merokok/ tanda kawasan bebas asap rokok di seluruh area gedung.	2
IHC 3	Melakukan <i>crosscheck</i> kandungan merkuri pada material lampu dan mengganti material lampu yang tidak sesuai standar GBCI.	1
IHC 5	Melakukan penyesuaian kembali tingkat iluminasi pencahayaan pada ruangan yang belum memenuhi standar SNI.	1
IHC 7	Melakukan pengukuran tingkat kebisingan pada jangka waktu 1-3 bulan pertama penggunaan gedung.	1
BEM 3	Membuat SOP pengelolaan limbah organik dan anorganik, baik pengolahan mandiri maupun kerjasama dengan pihak lain.	1
BEM 5	Melengkapi dan menyerahkan data implementasi <i>green building</i> untuk sertifikasi.	1
BEM 7	Melakukan survei kenyamanan pengguna gedung terhadap suhu dan kelembaban dalam waktu 12 bulan pertama penggunaan gedung.	2

Apabila hasil rekomendasi yang diberikan diterapkan seluruhnya pada Gedung Laboratorium Terpadu II ITK, maka terdapat potensi peningkatan poin dari 25 menjadi 60 poin. Begitu pun dengan persentase yang diperoleh akan meningkat menjadi 59,41%. Sehingga, Gedung Laboratorium Terpadu II ITK berpotensi mendapatkan predikat *gold*. Potensi peningkatan nilai *green building* Gedung Laboratorium Terpadu II ITK ini disajikan dalam grafik potensi peningkatan *green building* pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Grafik Potensi Peningkatan *Green Building*

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka didapatkan kesimpulan bahwa Gedung Laboratorium Terpadu II ITK mendapatkan 25 poin untuk nilai *green building* berdasarkan *GreenShip New Building* versi 1.2. Dengan jumlah poin tersebut, maka Gedung Labter II ITK ini belum mendapatkan predikat *green building*. Sehingga, diperlukan perbaikan seperti memperluas area vegetasi, menambahkan fasilitas untuk transportasi umum dan pengguna sepeda, meningkatkan sistem sub-meter air dan listrik, menggunakan sumber air alternatif, manajemen pengolahan limbah, dan survei kenyamanan pengguna gedung.

Daftar Rujukan

- [1] Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021 Tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau, Jakarta. 2021.
- [2] PUPR, (2015, Mei 4), Kementerian PUPR Dorong Perguruan Tinggi Ciptakan Kawasan Green Campus, 2015. <https://pu.go.id/berita/kementerian-pupr-dorong-perguruan-tinggi-ciptakan-kawasan-green-campus>
- [3] Rizki, M.A., Hermawan, H. dan Wahyuni, A., Evaluasi Green Campus Berbasis BIM, 2023. Tersedia pada: <http://u.lipi.go.id/1320332466>.
- [4] Cahyani, O.I., "Penerapan Konsep Green Architecture Pada Bangunan Perpustakaan Universitas Indonesia," Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi, 17(2), Hal. 76–85. 2018. Tersedia Pada: <https://doi.org/10.35760/Dk.2018.V17i2.1946>.
- [5] Purba, R. A. G. *Pengukuran Kualitas Penerapan Green Campus Berdasarkan Kategori Tata Letak Dan Infrastruktur Pada Kawasan Kampus Institut Teknologi Kalimantan*. 2023.
- [6] Sari, O.L., Saputra, A.A.I. dan Aprilla, N.A.D., "Penilaian Konsep Green Building Pada Gedung Laboratorium Terpadu Institut Teknologi Kalimantan Sesuai Standar," Jurnal RAB Construction Research, 8(2), hal. 253–259. 2023.
- [7] Situmorang, R., Sari, O.L. dan Sherlia., "Identifikasi Penerapan Green Building Pada Bangunan Yang Sudah Terbangun Di Kawasan Institut Teknologi Kalimantan," Jurnal RAB Construction Research, 8(2), hal. 331–343. 2023.
- [8] Kubba, S., *Green Construction Project Management And Cost Oversight*, US: Elsevier Inc. 2010.
- [9] Pratama, M.N.R. dan Sugini, S., "Evaluasi Konsep Green Building Dan Rekomendasi Penerapan Teknologi Pada Bangunan (Studi Kasus: The Curve Nx, Malaysia)," Vitruvian Jurnal Arsitektur Bangunan Dan Lingkungan, 10(3), Hal. 201. 2021. Tersedia Pada: <https://doi.org/10.22441/Vitruvian.2021.V10i3.004>.
- [10] Green Building Council Indonesia, *GreenShip Untuk Bangunan Baru Versi 1.2*. 2013.



Analisis Parkir Perumda Pasar Pakuan Jaya

Reza Rifaldi¹, Rulhendri², Nurul Chayati³

^{1,2,3}Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

¹rezarifaldy55@gmail.com, ²rulhendri@uika-bogor.ac.id, ³nurulais12345@gmail.com

Abstract

The research aims to manage parking facilities so that there are no more vehicles parking in the area outside the Pakuan Jaya Market Perumda market; therefore, vehicles that park in the area outside the Pakuan Jaya Market Perumda market parking facility are placed in the Pakuan Jaya Market Perumda parking facility area so as not to reduce the road capacity. In this study, using the SRP method of characteristics (Volume, Accumulation, Duration, Turnover, Index), the performance management of paid parking is examined. Data collection was carried out by the survey method, with a time of 12 hours and running for sixteen days, with the data taken being the data of vehicle entry and exit hours to determine the characteristics of parking. The results of this study comprise the calculation of characteristics, including the maximum parking cumulation of 199 vehicles, which occurred on Friday, 12 April 2024 with a vehicle volume of 176 vehicles, and the maximum parking duration for At noon on the peak day, Thursday 4 April 2024, for sixteen days, the highest turnover of motorcycle parking at Perumda Pasar Pakuan Jaya Bogor City was observed at 30.03%. The maximum parking index reached 33.96%, indicating that the parking performance was relatively poor. However, the motorcycle parking capacity at Perumda Pasar Pakuan Jaya Kota Bogor was sufficient to meet the existing parking demand due to the capacity of the existing parking spaces. This was indicated by the parking index, which is less than 100%.

Keywords: Parking, Parking Capacity, Parking Spaces (SRP)

Abstrak

Penelitian bertujuan untuk penanganan terhadap fasilitas parkir supaya tidak ada lagi kendaraan yang parkir di area luar pasar Perumda Pasar Pakuan Jaya, maka dari itu kendaraan yang parkir di area luar fasilitas parkir Perumda Pasar Pakuan Jaya di tempatkan di area fasilitas parkir pasar Perumda Pasar Pakuan Jaya agar tidak mengurangi kapasitas jalan yang seharusnya. Dalam penelitian ini menggunakan metode SRP karakteristik (Volume, Akumulasi, Durasi, Pergantian *Turn Over*, Indeks), dalam penelitian ini adalah pengelolaan kinerja parkir berbayar. Pengumpulan data dilakukan dengan metode survei dengan waktu selama 12 jam dan berjalan enam belas hari, dengan data yang diambil adalah data jam keluar masuk kendaraan untuk mengetahui karakteristik parkir tersebut. Hasil penelitian ini yaitu perhitungan karakteristik meliputi akumulasi kumulasi parkir maksimum sebesar 199 kendaraan yang terjadi pada hari jumat 12 April 2024 dengan volume kendaraan 176 kendaraan, durasi maksimum parkir selama 12:00 jam pada hari puncak yaitu hari kamis 4 april 2024, selama enam belas hari survei *turn over* parkir sepeda motor di Perumda Pasar Pakuan Jaya Kota Bogor tertinggi mencapai 30.03%. Indeks parkir maksimum mencapai 33.96% ini menunjukkan bahwa kinerja parkir cukup rendah. Kapasitas ruang parkir sepeda motor di Perumda Pasar Pakuan Jaya Kota Bogor dapat memenuhi kebutuhan parkir yang ada karena kapasitas ruang parkir yang ada, hal tersebut ditunjukkan indeks parkir kurang dari angka 100%.

Kata kunci: Kapasitas Parkir, Parkir, Satuan Ruang Parkir (SRP)

Diterima Redaksi : 2024-08-28 | Selesai Revisi : 2024-10-24 | Diterbitkan Online : 2025-08-04

1. Pendahuluan

Pasar menurut Peraturan Menteri Dalam Negeri adalah tempat bertemunya penjual dan pembeli untuk melaksanakan transaksi, sarana interaksi sosial budaya masyarakat, dan pengembangan ekonomi masyarakat. Parkir merupakan tempat pemberhentian kendaraan sementara dalam jangka waktu lama maupun sebentar

tergantung kebutuhan, dilihat dari segi kebutuhan, semakin lama parkir membutuhkan ruang parkir cukup luas yang dipergunakan bagi jasa pengguna jasa parkir, maka dari itu diharapkan semakin besar pula pengunjungnya dan berdampak pula semakin besarnya jumlah ruang parkir yang dibutuhkan [1].



Lisensi
Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

Perkembangan perekonomian di Kota Bogor terus meningkat pesat. Perumda Pasar Pakuan Jaya merupakan salah satu pasar yang berada di Provinsi Jawa Barat dengan tingkat pertumbuhan konsumen yang semakin bertambah tiap tahun [2]. Sejalan dengan tingkat pertumbuhan konsumen, penggunaan kendaraan pribadi ataupun umum yang masuk wilayah pasar semakin bertambah [3]. Maka dalam penelitian ini perlu adanya penanganan terhadap fasilitas parkir supaya tidak ada lagi kendaraan yang parkir di area luar pasar Perumda Pasar Pakuan Jaya, maka dari itu kendaraan yang parkir di area luar fasilitas parkir pasar Perumda Pasar Pakuan Jaya di tempatkan di area fasilitas parkir pasar Perumda Pasar Pakuan Jaya agar tidak mengurangi kapasitas jalan yang seharusnya [4].

2. Metode Penelitian

Penerapan metode penelitian ini berupa metode Satuan Ruang Parkir (SRP). Pada penelitian ini melakukan analisis data-data numerik (angka) kemudian dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan. Pengumpulan data secara primer (data jumlah sepeda motor, data jumlah keluar dan masuk sepeda motor, akumulasi sepeda motor, jumlah SRP berdasarkan kapasitas) dan sekunder (luas area parkir). Dalam penelitian ini metode Satuan Ruang Parkir (SRP) digunakan untuk mengetahui kapasitas eksisting ruang parkir, akumulasi parkir, durasi parkir, pergantian parkir *Turn Over*, indeks parkir dan kebutuhan kapasitas ruang parkir.

Berikut diagram alir tahapan penelitian (Gambar 1) :



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

2.1. Studi Kasus

Studi kasus dalam bahasa Inggris A Case Study atau Case Studies Kata Kasus diambil dari kata Case artinya kasus, kajian, peristiwa. Sedangkan arti dari case sangatlah kompleks dan luas. Studi kasus adalah sebuah eksplorasi dari suatu sistem yang terikat atau suatu kasus/beragam kasus yang dari waktu ke waktu melalui pengumpulan data yang mendalam serta melibatkan berbagai sumber informasi yang kaya [5].

2.2. Survei Lapangan

Peneliti melakukan survei lapangan terhadap permasalahan yang terjadi di kawasan penelitian, sehingga peneliti mendapatkan gambaran umum untuk memulai penelitian guna merencanakan model kendaraan roda dua (motor) terhadap kapasitas ruang parkir.

2.3. Pengumpulan Data

Data yang digunakan berupa data sekunder dan primer. Data sekunder berupa data jumlah sepeda motor, data jumlah keluar dan masuk sepeda motor, akumulasi sepeda motor, jumlah SRP berdasarkan kapasitas sedangkan data primer luas area parkir.

2.4. Pengolahan Dan Analisa Data

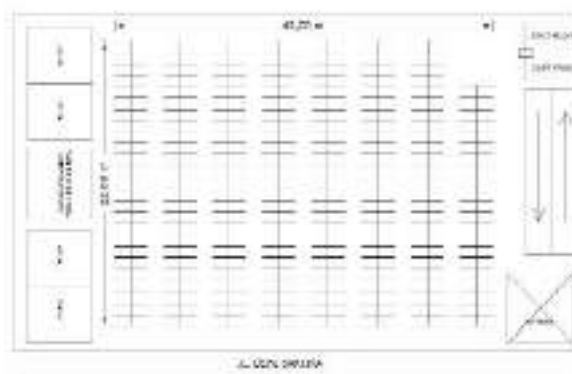
Setelah ditemukan sistem parkir yang akan diterapkan selanjutnya akan dilakukan penataan terhadap sistem parkir yang ditetapkan.

Selesai : Seluruh kegiatan penelitian mengenai Analisa Parkir Terhadap Kebutuhan Ruang Parkir Di Perumda Pasar Pakuan.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengamatan di lokasi studi, selanjutnya diolah dan dianalisa sesuai rumusan masalah dalam penelitian, Analisa Parkir Perumda Pasar Pakuan Jaya.

3.1 Kondisi Eksisting Parkir (Gambar 2) :



Gambar 2. Kondisi Eksisting Parkir

3.2 Volume Parkir

Volume parkir merupakan jumlah kendaraan yang parkir pada lokasi studi selama periode waktu tertentu, dalam

hal ini perhitungan dikelompokkan pada setiap 15 menit. Dengan mengetahui volume kendaraan parkir dari suatu fasilitas parkir, maka dapat ditentukan besarnya ruang parkir yang dibutuhkan agar dapat menampung volume kendaraan parkir yang terjadi tersebut. Semakin besar volume kendaraan maka kebutuhan ruang parkirnya akan semakin meningkat pula. Selanjutnya dilakukan analisis data hasil survei untuk mendapatkan volume parkir di lokasi studi selama 12 jam pengamatan seperti yang terlihat pada Tabel 1 [6].

Tabel 1. Volume Parkir

No	Hari/Tanggal	Waktu	Jumlah Kendaraan
1	Kamis, 4 April 2024	06:00 - 18:00	176
2	Jumat, 5 April 2024	06:00 - 18:00	169
3	Sabtu, 6 April 2024	06:00 - 18:00	153
4	Minggu, 7 April 2024	06:00 - 18:00	170
5	Kamis, 11 April 2024	06:00 - 18:00	161
6	Jumat, 12 April 2024	06:00 - 18:00	169
7	Sabtu, 13 April 2024	06:00 - 18:00	166
8	Minggu, 14 April 2024	06:00 - 18:00	161
9	Kamis, 18 April 2024	06:00 - 18:00	169
10	Jumat, 19 April 2024	06:00 - 18:00	158
11	Sabtu, 20 April 2024	06:00 - 18:00	174
12	Minggu, 21 April 2024	06:00 - 18:00	169
13	Kamis, 25 April 2024	06:00 - 18:00	169
14	Jumat, 26 April 2024	06:00 - 18:00	171
15	Sabtu, 27 April 2024	06:00 - 18:00	170
16	Minggu, 28 April 2024	06:00 - 18:00	169

3.3 Akumulasi Parkir

Akumulasi parkir, merupakan jumlah kendaraan yang parkir di suatu area pada waktu tertentu. Waktu puncak parkir dan jumlah kendaraan parkir dapat diperoleh dari hasil akumulasi parkir. Data yang diperoleh selama lima belas hari dilakukan pencatatan jumlah kendaraan yang masuk dan keluar kemudian dikelompokkan dalam interval waktu 15 menit-an, sehingga didapatkan persentase distribusi kendaraan keluar masuk dan angka akumulasi parkir. Berdasarkan Tabel 2 akumulasi parkir dan jumlah keluar masuk sepeda motor penumpang di Perumda Pasar Pakuan Jaya Kota Bogor dapat dilihat besarnya distribusi jumlah kendaraan yang ada untuk setiap interval 15 menit survei yang terlihat pada Tabel 2 [7].

Tabel 2. Akumulasi Parkir

No	Hari /Tanggal	Akumulasi Maksimum (Kendaraan)	Jam Puncak (WIB)
1	Kamis, 4 April 2024	196	15:00 - 15:15
2	Jumat, 5 April 2024	134	15:00 - 15:15
3	Sabtu, 6 April 2024	180	16:00 - 16:15
4	Minggu, 7 April 2024	168	14:45 - 15:00

No	Hari /Tanggal	Akumulasi Maksimum (Kendaraan)	Jam Puncak (WIB)
5	Kamis, 11 April 2024	161	15:45 - 16:00
6	Jumat, 12 April 2024	199	11:30 - 11:45
7	Sabtu, 13 April 2024	163	16:00 - 16:15
8	Minggu, 14 April 2024	164	15:00 - 15:15
9	Kamis, 18 April 2024	190	11:45 - 12:00
10	Jumat, 19 April 2024	186	12:00 - 12:15
11	Sabtu, 20 April 2024	173	15:45 - 16:00
12	Minggu, 21 April 2024	168	15:00 - 15:15
13	Kamis, 25 April 2024	169	14:45 - 15:00
14	Jumat, 26 April 2024	169	15:00 - 15:15
15	Sabtu, 27 April 2024	164	15:45 - 16:00
16	Minggu, 28 April 2024	168	15:00 - 15:15

3.4 Durasi Parkir

Durasi parkir merupakan rentang waktu sebuah kendaraan parkir disuatu tempat (dalam satuan jam). Berdasarkan hasil penelitian diatas diperoleh bahwa durasi parkir rata-rata dengan interval waktu 0.15 jam, dapat dilihat pada Tabel 3 [8].

Tabel 3. Durasi Parkir

No	Hari/Tanggal	Waktu Pengamatan (WIB)	Durasi Maksimum (Jam)	Durasi Minimum (Jam)	Durasi Rata-Rata (Jam)
1	Kamis, 4 April 2024	06:00 - 18:00	11:43	1:56	7:36
2	Jumat, 5 April 2024	06:00 - 18:00	11:27	1:56	7:35
3	Sabtu, 6 April 2024	06:00 - 18:00	11:50	3:08	7:59
4	Minggu, 7 April 2024	06:00 - 18:00	11:39	2:25	7:48
5	Kamis, 11 April 2024	06:00 - 18:00	11:43	2:45	7:55
6	Jumat, 12 April 2024	06:00 - 18:00	11:27	1:56	7:35
7	Sabtu, 13 April 2024	06:00 - 18:00	11:50	3:08	7:42
8	Minggu, 14 April 2024	06:00 - 18:00	11:39	2:25	7:58
9	Kamis, 18 April 2024	06:00 - 18:00	11:43	2:45	7:47
10	Jumat, 19 April 2024	06:00 - 18:00	11:40	3:08	7:46
11	Sabtu, 20 April 2024	06:00 - 18:00	10:47	1:16	7:19
12	Minggu, 21 April 2024	06:00 - 18:00	11:39	3:04	7:48
13	Kamis, 25 April 2024	06:00 - 18:00	10:53	2:45	7:38
14	Jumat, 26 April 2024	06:00 - 18:00	11:40	2:23	7:27
15	Sabtu, 27 April 2024	06:00 - 18:00	11:27	1:56	7:38
16	Minggu, 28 April 2024	06:00 - 18:00	10:46	2:25	7:36

No	Hari/Tanggal	Waktu Pengamatan (WIB)	Durasi Maksimum (Jam)	Durasi Minimum (Jam)	Durasi Rata-Rata (Jam)
			Max	11:50	
			Average	7:42	
			Min	1:16	

3.5 Pergantian Turn Over

Pergantian parkir (*parking turn over*) menunjukkan besarnya tingkat penggunaan satu ruang parkir yang diperoleh dari perbandingan antara jumlah kendaraan yang diparkir dengan jumlah ruang kapasitas parkir yang tersedia. Dengan mengetahui nilai pergantian parkir maka dapat diketahui tingkat penggunaan ruang parkir seperti terlihat pada Tabel 4 [9].

Tabel 4. Pergantian Turn Over

No	Hari/Tanggal	Kapasitas Parkir (SRP)	Volume Parkir (Kendaraan)	Turn Over Parkir
1	Kamis, 4 April 2024	586	176	30.03
2	Jumat, 5 April 2024	586	169	28.84
3	Sabtu, 6 April 2024	586	153	26.11
4	Minggu, 7 April 2024	586	170	29.01
5	Kamis, 11 April 2024	586	161	27.47
6	Jumat, 12 April 2024	586	169	28.84
7	Sabtu, 13 April 2024	586	166	28.33
8	Minggu, 14 April 2024	586	161	27.47
9	Kamis, 18 April 2024	586	169	28.84
10	Jumat, 19 April 2024	586	158	26.96
11	Sabtu, 20 April 2024	586	174	29.69
12	Minggu, 21 April 2024	586	169	28.84
13	Kamis, 25 April 2024	586	169	28.84
14	Jumat, 26 April 2024	586	171	29.18
15	Sabtu, 27 April 2024	586	170	29.01
16	Minggu, 28 April 2024	586	169	28.84
			Max	30.03
			Average	28.61
			Min	26.11

3.6 Indeks Parkir

Kinerja parkir juga dapat dilihat berdasarkan angka indeks parkir. Indeks parkir adalah persentase jumlah kendaraan parkir yang menempati area parkir dengan jumlah ruang parkir yang tersedia pada area parkir tersebut. Nilai indeks parkir sepeda motor di Perumda

Pasar Pakuan Jaya Kota Bogor yang didasarkan pada akumulasi parkir maksimum diperoleh dengan menggunakan rumus. Indeks parkir setelah melalui tahap perhitungan adalah pada Tabel 5 [10].

Tabel 5. Indeks Parkir

No	Hari/Tanggal	Kapasitas Parkir (SRP)	Akumulasi Parkir (Maksimum)	Indeks Parkir (%)
1	Kamis, 4 April 2024	586	196	33.45
2	Jumat, 5 April 2024	586	134	22.87
3	Sabtu, 6 April 2024	586	180	30.72
4	Minggu, 7 April 2024	586	168	28.67
5	Kamis, 11 April 2024	586	161	27.47
6	Jumat, 12 April 2024	586	199	33.96
7	Sabtu, 13 April 2024	586	163	27.82
8	Minggu, 14 April 2024	586	164	27.99
9	Kamis, 18 April 2024	586	190	32.42
10	Jumat, 19 April 2024	586	186	31.74
11	Sabtu, 20 April 2024	586	173	29.52
12	Minggu, 21 April 2024	586	168	28.67
13	Kamis, 25 April 2024	586	169	28.84
14	Jumat, 26 April 2024	586	169	28.84
15	Sabtu, 27 April 2024	586	164	27.99
16	Minggu, 28 April 2024	586	168	28.67
			Max	33.96
			Rata-rata	29.35
			Min	22.87

3.7 Kebutuhan Ruang Parkir

Dari hasil perhitungan dengan rumus tersebut maka diperoleh rekapitulasi kebutuhan ruang parkir (Z) di Perumda Pasar Pakuan Jaya Kota Bogor seperti terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kebutuhan Ruang Parkir

No	Hari/Tanggal	Lama Survei (Jam)	Volume Parkir (Kendaraan)	Durasi Rata-Rata (Jam)	Kebutuhan Ruang Parkir
1	Kamis, 4 April 2024	12	176	7:36	133.47
2	Jumat, 5 April 2024	12	169	7:35	107.03
3	Sabtu, 6 April 2024	12	153	7:59	94.35
4	Minggu, 7 April 2024	12	170	7:48	106.96
5	Kamis, 11 April 2024	12	161	7:55	99.95
6	Jumat, 12 April 2024	12	169	7:35	99.76
7	Sabtu, 13 April 2024	12	166	7:42	107.21
8	Minggu, 14 April 2024	12	161	7:58	100.40

No	Hari/Tanggal	Lama Survei	Volume Parkir	Durasi Rata-Rata	Kebutuhan Ruang Parkir
		(Jam)	(Kendaraan)	(Jam)	
9	Kamis, 18 April 2024	12	169	7:47	98.82
10	Jumat, 19 April 2024	12	158	7:46	103.36
11	Sabtu, 20 April 2024	12	174	7:19	105.85
12	Minggu, 21 April 2024	12	169	7:48	104.45
13	Kamis, 25 April 2024	12	169	7:38	103.98
14	Jumat, 26 April 2024	12	171	7:27	101.18
15	Sabtu, 27 April 2024	12	170	7:38	108.14
16	Minggu, 28 April 2024	12	169	7:36	99.76
Max					133.47
Average					104.67
Min					94.35

3.8 Kebutuhan Kapasitas Ruang Parkir.

Dari hasil perhitungan dengan rumus tersebut maka diperoleh rekapitulasi kebutuhan kapasitas ruang parkir (Z) di Perumda Pasar Pakuan Jaya Kota Bogor seperti terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kebutuhan Kapasitas Ruang Parkir

No	Hari/Tanggal	Kebutuhan Ruang Parkir	Kapasitas Ruang Parkir	Kebutuhan Ruang Parkir Selisih (+/-)
1	Kamis, 4 April 2024	133	587	428.00
2	Jumat, 5 April 2024	107	587	455.00
3	Sabtu, 6 April 2024	94	587	455.00
4	Minggu, 7 April 2024	106	587	456.00
5	Kamis, 11 April 2024	99	587	457.00
6	Jumat, 12 April 2024	99	587	463.00
7	Sabtu, 13 April 2024	107	587	449.00
8	Minggu, 14 April 2024	100	587	456.00
9	Kamis, 18 April 2024	98	587	467.00
10	Jumat, 19 April 2024	103	587	449.00
11	Sabtu, 20 April 2024	105	587	455.00
12	Minggu, 21 April 2024	104	587	460.00
13	Kamis, 25 April 2024	103	587	457.00
14	Jumat, 26 April 2024	101	587	462.00
15	Sabtu, 27 April 2024	108	587	457.00
16	Minggu, 28 April 2024	99	587	458.00

4. Kesimpulan

Kondisi eksisting parkir sepeda motor di Perumda Pasar Pakuan Jaya Kota Bogor adalah sebesar 587 SRP dengan luas area parkir 872 m². Perhitungan karakteristik meliputi akumulasi kumulasi parkir maksimum sebesar 199 kendaraan yang terjadi pada hari jumat 12 April 2024 dengan volume kendaraan 176 kendaraan, durasi

maksimum parkir selama 12:00 jam pada hari puncak yaitu hari kamis 4 april 2024, selama enam belas hari survei Turn over parkir sepeda motor di Perumda Pasar Pakuan Jaya Kota Bogor tertinggi mencapai 30.03%. Indeks parkir maksimum mencapai 33.96% ini menunjukkan bahwa kinerja parkir cukup rendah. Kapasitas ruang parkir sepeda motor di Perumda Pasar Pakuan Jaya Kota Bogor dapat memenuhi kebutuhan parkir yang ada karena kapasitas ruang parkir yang ada, hal tersebut ditunjukkan indeks parkir kurang dari angka 100%. Kapasitas eksisting ruang parkir saat ini masih cukup untuk menampung kendaraan yang parkir di area luar fasilitas parkir Perumda Pasar Pakuan Jaya untuk di tempatkan di area fasilitas parkir pasar Perumda Pasar Pakuan Jaya agar tidak mengurangi kapasitas jalan yang seharusnya.

Ucapan Terimakasih

Kepada Endang Supriatna Dan Eli Nurliah Orang Tua Saya.

Daftar Rujukan

- [1] Numberi, A., Bahtiar, P., & Numberi, J. J. Analisis karakteristik parkir terhadap kebutuhan ruang parkir di Pasar Central Hamadi Kota Jayapura. *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 57-70. 2021.
- [2] Alkam, R. B., Muin, S. A., & Wahyudi, I. Analisis karakteristik dan ketersediaan ruang parkir pada Rumah Sakit Islam Faisal Makassar. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 22(2), 129-138. 2020.
- [3] Saputra, J., Sahriyal, S., & Trisnawati, L. Analisis Ruang Parkir Pada Objek Wisata Inhu Park Kecamatan Rengat Barat Kabupaten Indragiri Hulu Provinsi Riau. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(1), 9933-9945. 2024.
- [4] Novier, A., Simanjuntak, G., Wicaksono, Y. I., & Indriastuti, A. K. Analisis Kebutuhan Ruang Parkir Paragon Mall Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 4(4), 141-154. 2015. [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- [5] Wiguna, D. Analisis Kebutuhan Penyediaan Ruang Parkir Sepeda Motor Di KFC Kabupaten Tabanan. *Vastuwidya*. 2022.
- [6] Angestiwi, T., & Nurdin, H. E. N. Analisis Karakteristik Dan Ketersediaan Ruang Parkir Di Gedung Inspektorat Daerah Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Kajian Ruang*, 3(1), 54-71. 2023 [Online]. Available: <http://jurnal.unissula.ac.id/index.php/kr>
- [7] Hilmawan, N. ANALISA KEBUTUHAN PARKIR PADA PASAR FLAMBOYAN SEKADAU. *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, 6(3). 2018.
- [8] Putri, D. A. P. A. G., & Budiarnaya, P. Analisis Karakteristik Dan Kebutuhan Parkir Di Universitas Pendidikan Nasional. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 11(1), 33-39. 2022., doi: 10.22225/pd.11.1.4102.33-39.
- [9] Pranatha, I. N. B., Suryadarmawan, I. G. A. G., Giri, I. K. S., & Yoga, I. W. G. D. Analisis Desain Ruang Parkir Pada Kawasan Dinas Perhubungan Kabupaten Tabanan. *Jurnal Ilmiah Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar (JITUMAS)*, 3(2), 105-109. 2023.
- [10] AS, M. P. H., Lalan, H., & Thressia, M. Analisis dan Desain Kebutuhan Ruang Parkir di RSUD Solok Selatan. *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang*, 10(1), 26-32. 2023. doi: 10.21063/JTS.2023.V1001.026-32.



Evaluasi dan *Re-Mapping* APAR di Lingkungan Gedung Perkantoran PLN UID Jawa Timur

Deny Nurcahyo Hari Prastya¹, Tri Martiana², Parlan³

^{1,2} Program Studi S2 Kesehatan Dan Keselamatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga

³ Biro K3 Lingkungan Dan Keamanan, PLN Unit Induk Distribusi Jawa Timur, Surabaya

¹deny.prastya@yahoo.com *, ²tri.martiana@fkm.unair.ac.id, ³parlantgk@pln.co.id

Abstract

This research aims to evaluate and re-map the Portable Fire Extinguishers (PFE) in the office buildings of PLN UID East Java. The method employed is a descriptive observational approach, gathering primary data through direct observation and structured interviews, supplemented by secondary data from document reviews. The findings reveal a gap between fire safety standards and actual conditions, such as improper PFE placement, unclear expiration dates, and an uneven distribution of PFE across buildings. Risk analysis identifies hazards from these issues, including delayed fire response and potential failure of PFE during emergencies. Calculating PFE needs based on Permenakertrans Regulation No. 04/MEN/1980 and NFPA-10 edition 2022 generates recommendations for redistributing PFE. Based on these calculations, three buildings (C, F, I) are found to have an excess of 13 PFE, while four buildings (A, B, D, E) are short by 9 PFE. The recommendation suggests transferring 11 PFE from Building F: 4 PFE to Building A, 3 PFE to Building B, and 2 PFE each to Buildings D and E. This redistribution ensures the correct number of PFE in each building, enhancing fire safety management in PLN UID Jawa Timur office buildings. This action aims to align the PFE distribution with safety requirements.

Keywords: PFE, Portable, Fire, Extinguisher, Mapping

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan memetakan ulang Alat Pemadam Api Ringan (APAR) di gedung perkantoran PLN UID Jawa Timur. Metode yang digunakan adalah pendekatan deskriptif observasional, mengumpulkan data primer melalui observasi langsung dan wawancara terstruktur, yang dilengkapi dengan data sekunder dari tinjauan dokumen. Temuan tersebut mengungkapkan adanya kesenjangan antara standar keselamatan kebakaran dan kondisi sebenarnya, seperti penempatan APAR yang tidak tepat, tanggal kadaluwarsa yang tidak jelas, dan distribusi APAR yang tidak merata di setiap gedung. Analisis risiko mengidentifikasi bahaya dari masalah ini, termasuk keterlambatan respons kebakaran dan potensi kegagalan APAR selama keadaan darurat. Menghitung kebutuhan APAR berdasarkan Peraturan Permenakertrans No. 04/MEN/1980 dan NFPA-10 edisi 2022 menghasilkan rekomendasi untuk redistribusi APAR. Berdasarkan perhitungan ini, tiga gedung (C, F, I) ditemukan memiliki kelebihan 13 APAR, sementara empat gedung (A, B, D, E) kekurangan 9 APAR. Rekomendasi tersebut menyarankan untuk memindahkan 11 APAR dari Gedung F: 4 APAR ke Gedung A, 3 APAR ke Gedung B, dan 2 APAR masing-masing ke Gedung D dan E. Redistribusi ini memastikan jumlah APAR yang tepat di setiap gedung, meningkatkan manajemen keselamatan kebakaran di gedung-gedung kantor PLN UID Jawa Timur. Tindakan ini bertujuan untuk menyalurkan distribusi APAR dengan persyaratan keselamatan.

Kata kunci: APAR, Portabel, Kebakaran, Pemadam, Pemetaan

Diterima Redaksi : 2024-09-17 | Selesai Revisi : 2024-10-09 | Diterbitkan Online : 2025-08-04

1. Pendahuluan

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan aspek penting dalam pengelolaan lingkungan kerja, terutama pada fasilitas-fasilitas vital seperti gedung perkantoran Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai satu-satunya perusahaan penyedia tenaga listrik. Salah satu elemen penting dalam sistem K3 adalah ketersediaan dan efektivitas Alat Pemadam Api Ringan (APAR) [1]. APAR berperan sebagai salah satu sistem tindakan

preventif yang menjadi proteksi awal dalam upaya pencegahan dan penanggulangan kebakaran skala kecil, yang bilamana tidak segera ditangani dengan tepat dan cepat dapat bereskalasi menjadi bencana yang lebih besar [2].

Di Indonesia, regulasi terkait APAR diatur dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. PER.04/MEN/1980 tentang Syarat-syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan. Namun



Lisensi

Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

pada praktiknya, implementasi dan pemeliharaan APAR di lapangan seringkali tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan pada peraturan tersebut. Studi yang dilakukan oleh Ashari *et al.* mengungkapkan adanya perbedaan antara regulasi dan praktik penempatan APAR di berbagai jenis gedung [3].

PLN Unit Induk Distribusi (UID) Jawa Timur, sebagai salah satu unit vital dalam penyediaan listrik di wilayah Jawa Timur pada khususnya, memiliki tanggung jawab dalam menjamin keselamatan karyawan dan aset perusahaan. Evaluasi dan *re-mapping* APAR di gedung PLN UID Jawa Timur menjadi langkah strategis untuk memastikan kesiapsiagaan dalam menghadapi potensi kebakaran. Hal ini sejalan dengan temuan Bagheri *et al.* yang menekankan urgensi evaluasi berkala dan pemetaan ulang APAR untuk meningkatkan efektivitas sistem proteksi kebakaran di gedung-gedung perkantoran [4].

Sumber daya manusia juga menjadi salah satu faktor yang memiliki peran vital dalam efektivitas penggunaan APAR [5]. Studi yang dilakukan oleh Purwanto menggarisbawahi pentingnya pelatihan dan sosialisasi penggunaan APAR kepada seluruh karyawan untuk memastikan kesiapan dalam menghadapi situasi darurat [6]. Sementara itu, Nasution *et al.* menekankan pentingnya pendekatan menyeluruh dalam manajemen APAR, yang mencakup aspek teknis, administratif, dan faktor manusia [7].

Evaluasi kelayakan APAR secara berkala juga menjadi aspek penting dalam memastikan efektivitas sistem proteksi kebakaran [8]. Penelitian Kuswandi *et al.* menunjukkan bahwa evaluasi rutin dapat mengidentifikasi potensi masalah sebelum terjadi kegagalan fungsi APAR saat dibutuhkan [9]. Hal ini memperkuat urgensi dilakukannya evaluasi dan *re-mapping* APAR di gedung PLN UID Jawa Timur.

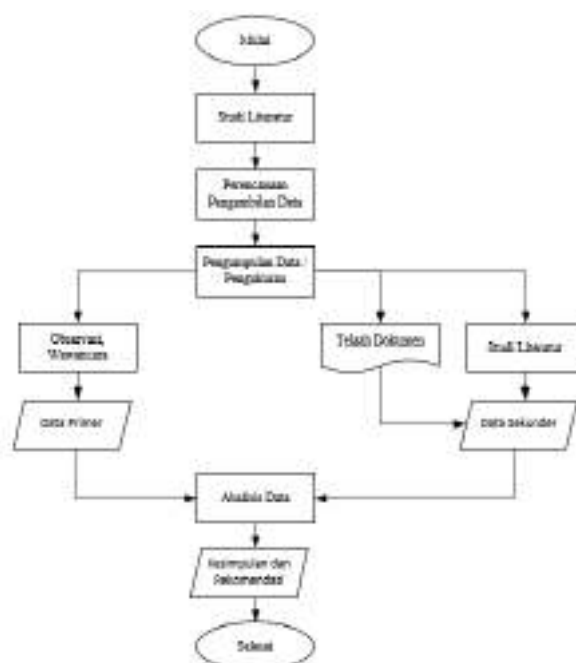
Maka dengan itu penelitian dengan judul “Evaluasi dan *Re-Mapping* APAR di Lingkungan Gedung Perkantoran PLN UID Jawa Timur” menjadi suatu kebutuhan yang mendesak. Penelitian ini bukan hanya bertujuan untuk menganalisis administratif APAR serta kondisi eksisting, mengidentifikasi area-area yang memerlukan perbaikan, namun juga untuk mendapatkan rumusan rekomendasi untuk optimalisasi sistem proteksi kebakaran berbasis APAR di seluruh area gedung perkantoran UID Jawa Timur.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif observasional. Penelitian ini dilakukan di PLN UID Jawa Timur Surabaya, waktu penelitian dilakukan pada bulan Juli hingga Agustus 2024. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari hasil observasi langsung, wawancara terstruktur dan data sekunder

didapatkan dari telaah dokumen. Temuan data di lapangan kemudian dibandingkan dengan peraturan yang berlaku. Dalam penelitian ini menggunakan rujukan pada beberapa pedoman sebagai acuan, yang pertama Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor: PER.04/MEN/1980 tentang Syarat-Syarat Pemasangan Dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan, selanjutnya yang kedua adalah Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor Kep.186/MEN/1999 tentang Unit Penanggulangan Kebakaran, dan yang ketiga yaitu Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 26/PRT/M/2008 tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung Dan Lingkungan, serta NFPA-10-*Standard for Portable Fire Extinguishers* edisi 2022 [10][11][12][13].

Diagram alir penelitian berdasarkan metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

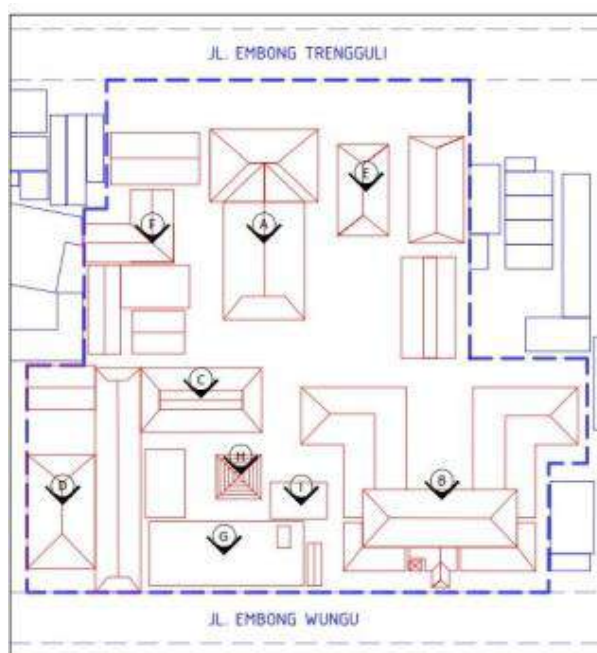
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Gambaran Umum Lokasi Gedung

Perkantoran PLN UID Jawa Timur menempati lahan seluas ±14.000 m² yang geografisnya terletak di Jl. Embong Trengguli No.19-21, Embong Kaliasin Kecamatan Genteng, Surabaya sebagai halaman depan sampai dengan Jl.Embong Wungu sebagai halaman belakang. Dimana gedung perkantoran PLN UID Jawa Timur terbagi dalam 9 bangunan gedung administrasi di dalam satu lingkungan kawasan. Masing-masing gedung memiliki tingkatan lantai berbeda dengan 3 gedung yang memiliki ketinggian 3 lantai, 2 gedung berlantai 2, serta terdapat 4 gedung yang memiliki 1 lantai.

3.2. Spesifikasi Gedung

PLN UID Jawa Timur memiliki 9 bangunan gedung administrasi dalam 1 kawasan seperti yang dapat dilihat pada denah Gambar 2.



Gambar 2. Denah Gedung PLN UID Jawa Timur

- Gedung A sebagai gedung administrasi General Manager, Bidang Komunikasi dan Umum, Ruang Rapat Majapahit, Ruang Rapat Airlangga, Lobi dan Ruang Tamu
- Gedung B sebagai gedung administrasi Bidang Perencanaan, Bidang Keuangan, Bidang Niaga, Bidang Distribusi, Satuan Pengawasan Intern, UP2K (Unit Pelaksana Proyek Ketenagalistrikan), Biro Pengadaan, Biro K3 Lingkungan dan Keamanan, Ruang Arsip
- Gedung C sebagai gedung administrasi Divisi HTD, Divisi Hukum Jawa Timur 1

- Gedung D sebagai gedung administrasi Eks Biro Pengadaan, Unit Risk, Ruang Rapat Blambangan, Kantin, *Co-Working Space*
- Gedung E sebagai gedung bangunan Masjid As-Salaam
- Gedung F sebagai gedung administrasi Divisi STI, IKPLN, Poliklinik, Ruang Rapat Gajahmada
- Gedung G sebagai gedung perkantoran administrasi Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D)
- Gedung H sebagai gedung Ruang Rapat Adhirajasa Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D)
- Gedung I sebagai gedung administrasi Bidang Yan HC

3.3. Data Ruang Pada Gedung

Gedung di lingkungan PLN UID Jawa Timur berfungsi sama yaitu sebagai gedung administratif perkantoran dengan jenis material/peralatan kelengkapan kerja antara lain seperti halnya: meja, kursi, peralatan listrik, *wall panel*, atk, dokumen kertas, plastik, pengharum ruangan, serta terdapat gas dan minyak yang berada pada area kantin kantor. Sehingga lingkungan PLN UID Jawa Timur memiliki potensi kebakaran kelas A, kelas B, dan kelas C.

3.4 Potensi Sumber Bahaya Kebakaran

Dalam lingkungan gedung administrasi PLN UID Jawa Timur, yang mencakup berbagai fasilitas seperti kantor administrasi, kantin, dan masjid, terdapat potensi sumber bahaya kebakaran yang dapat dikategorikan ke dalam kelas A, B, dan C. Potensi bahaya kebakaran kelas A melibatkan bahan-bahan padat non-logam yang mudah terbakar, seperti kertas, kayu, atau plastik yang umum ditemukan di area perkantoran. Bahaya kebakaran kelas B berasal dari bahan cair yang mudah terbakar, seperti minyak, pelumas, atau bahan kimia yang mungkin digunakan dalam operasional harian atau tersimpan di kantin. Sementara itu, potensi bahaya kebakaran kelas C terkait erat dengan instalasi listrik yang bertegangan atau peralatan elektronik, yang merupakan elemen umum di perkantoran modern. Selain itu, potensi bahaya kebakaran juga dapat dipicu oleh gas yang mudah terbakar, terutama jika terdapat kebocoran dari peralatan dapur di kantin atau dari sistem distribusi gas lainnya. Sambaran kilat atau petir merupakan risiko eksternal yang juga perlu diantisipasi, terutama jika sistem penangkal petir di gedung mengalami malfungsi. Faktor lain yang tidak kalah penting adalah risiko kebakaran yang disebabkan oleh tindakan sabotase atau kesengajaan oleh oknum tidak bertanggung jawab, yang dapat meningkatkan kerawanan terhadap kebakaran.

3.5 Temuan Di Lapangan

Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor PER.04/MEN/1980 tentang Syarat-Syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan, serta Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26/PRT/M/2008 tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada

Bangunan Gedung dan Lingkungan, ditemukan beberapa ketidaksesuaian dalam pendistribusian APAR berdasarkan observasi lapangan. Pertama, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa peletakan APAR di beberapa lokasi berada di lantai yang berpotensi menyebabkan penggumpalan media dalam tabung akibat kelembaban, serta risiko kerusakan akibat tabung tersenggol atau terhalang benda lain seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4. Selain itu, ditemukan satu unit APAR yang hilang seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5, yang berpotensi menyulitkan penanganan api jika dibutuhkan. Kedua, terdapat sepuluh APAR dengan tanggal kedaluwarsa yang tidak tercantum dengan jelas. Ketiga, terjadi penumpukan APAR di gedung F dengan lima titik penempatan yang berdekatan, sehingga mengurangi efektivitas distribusi proteksi kebakaran dan mengabaikan kebutuhan di area lain yang juga memerlukan ketersediaan APAR. Keempat, beberapa ruangan seperti Ruang *Co-Working Space* dan General Manager & Sekretaris tidak dilengkapi APAR. Dan yang terakhir, ditemukan ketidaksesuaian pada monitoring dan inspeksi APAR, ditunjukkan dengan kartu inspeksi yang tidak akurat serta berat APAR yang tidak sesuai dengan catatan yang tertera.



Gambar 3. Peletakan APAR di Lantai



Gambar 4. Peletakan APAR Tertutup Benda



Gambar 5. APAR Tidak Ada Di Lokasi

3.6 Perkiraan Analisa Risiko

Tabel 1. Tabel Perkiraan Analisa Risiko

Jenis APAR	Kesalahan	Tingkat Risiko	Upaya / Pengendalian
AF11E	Peletakan	Medium	Diletakkan menggantung di dinding
AF11E	Tertutup benda lain	Tinggi	Memindahkan benda yang menghalangi
AF11E	Hilang	Tinggi	Mengganti dengan APAR baru
AF11E	Tabung ganda di 1 lokasi	Rendah	Memindahkan ke area lain
AF11E	Area tanpa APAR	Tinggi	Pemindahan dari area APAR ganda

Seperti yang tercantum pada Tabel 1 dengan berdasarkan temuan di lapangan dan analisis risiko yang dilakukan sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku, penelitian ini menggunakan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor PER.04/MEN/1980 tentang Syarat-Syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan serta Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26/PRT/M/2008 tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung dan Lingkungan. Salah satu risiko yang diidentifikasi adalah kesalahan dalam peletakan APAR, di mana ditemukan bahwa beberapa unit APAR diletakkan di lantai, terhalang oleh benda lain, atau bahkan hilang dari lokasi yang seharusnya. Kondisi ini tidak hanya menghambat akses cepat saat terjadi kebakaran, tetapi juga meningkatkan risiko kegagalan dalam mengatasi

kebakaran sejak awal. Penempatan APAR yang tidak sesuai standar dapat menyebabkan waktu respons yang lebih lama saat mengambil alat tersebut, sehingga memperbesar kemungkinan api menjadi lebih besar dan sulit dikendalikan. Selain itu, risiko terkait dengan tanggal kedaluwarsa APAR juga menjadi perhatian. Seperti yang diatur pada pasal 22 ayat 7 Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor PER.04/MEN/1980, setiap alat pemadam api ringan harus mencantumkan tanggal, bulan, dan tahun pengisian ulang yang jelas pada badan APAR. Tidak adanya informasi yang jelas mengenai tanggal kedaluwarsa ini berpotensi menyebabkan alat tidak berfungsi optimal saat dibutuhkan, karena media pemadam berpotensi sudah tidak layak pakai atau melebihi masa berlaku tanpa adanya pengisian ulang yang tepat waktu.

Risiko berikutnya adalah penumpukan jumlah APAR di satu titik lokasi, seperti yang ditemukan di gedung F, di mana beberapa titik penempatan APAR sangat berdekatan. Meskipun secara kuantitas area tersebut tampak dilindungi dengan baik, penumpukan APAR di satu tempat justru dapat mengurangi efektivitas distribusi perlindungan kebakaran di area lain yang seharusnya juga menjadi perhatian. Prinsip distribusi APAR yang ideal memastikan cakupan proteksi yang merata di seluruh area, bukan hanya terpusat di satu lokasi. Oleh karena itu, penataan ulang distribusi APAR menjadi hal sangat penting untuk memaksimalkan perlindungan. Selanjutnya, terdapat temuan mengenai ruangan-ruangan tertentu yang tidak dilengkapi dengan APAR, seperti ruang *Co-Working Space* dan ruang General Manager & Sekretaris. Tidak adanya APAR di area-area tersebut berpotensi memperlambat respons pemadaman kebakaran, karena petugas kesulitan mencari APAR dari tempat lain, yang dalam situasi darurat dapat memperbesar risiko kebakaran meluas.

Terakhir, masalah terkait monitoring dan inspeksi APAR juga teridentifikasi, di mana ditemukan ketidaksesuaian antara kartu inspeksi yang terpasang pada APAR dengan catatan pemeliharaan yang seharusnya dilakukan secara berkala. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26/PRT/M/2008, Bab V, poin 5.6.6.8.3.3, dengan jelas mengatur bahwa setiap APAR harus dilengkapi dengan kartu atau label yang mencatat bulan dan tahun pemeliharaan, serta identifikasi petugas yang bertanggung jawab melakukan inspeksi. Kurangnya monitoring yang baik terhadap kondisi APAR dapat menimbulkan risiko serius, terutama jika terdapat kerusakan atau malfungsi yang tidak terdeteksi. Tanpa pemeliharaan dan inspeksi yang memadai, alat pemadam api mungkin tidak berfungsi dengan baik saat dibutuhkan, yang berpotensi meningkatkan dampak kebakaran. Secara keseluruhan, kesalahan-kesalahan ini menunjukkan perlunya perhatian yang lebih serius terhadap tata kelola dan pemeliharaan APAR di lingkungan PLN UID Jawa Timur agar sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam peraturan perundangan,

demikian memastikan keamanan optimal dari risiko kebakaran.

3.7 Penentuan Bahan / Media / Spesifikasi APAR

APAR kondisi ekisting di lingkungan PLN UID Jawa Timur saat ini adalah berjenis AF-11 yang cocok terhadap kebakaran kelas A, kelas B, dan kelas C. APAR AF-11 adalah jenis alat pemadam api ringan yang menggunakan media pemadam berbentuk *liquid gas* beroperasi dengan cara menguap cepat ketika disemprotkan ke titik sumber api. Uap penyemprotan tersebut membentuk lapisan gas yang membantu mencegah oksigen mencapai api, sehingga dapat memadamkan api secara efektif. Oleh karena api membutuhkan ketersediaan oksigen untuk terus menyala, penghilangan oksigen ini memainkan peran kunci dalam upaya memadamkan api. Selain hal tersebut dan juga tanpa residu yang ditinggalkan pasca penyemprotan, serta sifat gas yang dihasilkan oleh evaporasi *liquid gas* ini juga membantu menurunkan suhu di area kebakaran. Pemilihan jenis APAR tersebut dinilai telah sesuai dengan kebutuhan di lingkungan PLN UID Jawa Timur yang memiliki klasifikasi potensi sumber bahaya kebakaran kelas A, B, dan C.

3.8 Penentuan Jumlah APAR

Sesuai dengan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor Kep.186/MEN/1999 tentang Unit Penanggulangan Kebakaran, gedung di lingkungan PLN UID Jawa Timur sebagai gedung perkantoran termasuk dalam dalam klasifikasi bahaya kebakaran ringan. Dan menurut NFPA (*National Fire Protection Association*) pada NFPA-10-*Standard for Portable Fire Extinguishers* edisi 2022 yang menjelaskan bahwa dimana jumlah perabotan yang mudah terbakar kelas A dan/atau jumlah total bahan bakar kelas B berjumlah kurang dari 1 galon (3,8 liter) di setiap ruangan maka gedung PLN UID Jawa Timur termasuk dalam klasifikasi *Light Hazard* (bahaya kebakaran ringan).

Berdasar hal tersebut maka diperoleh penentuan jumlah APAR yang diperlukan di lingkungan gedung PLN UID Jawa Timur yang dapat ditentukan dengan rincian menurut perhitungan kebutuhan APAR sesuai dengan pertimbangan pada Permenakertrans No.04/MEN/1980 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Luas area bangunan yang mampu dilindungi :} \\ &= \frac{\pi}{4} x (D^2) \\ &= \frac{3,14}{4} x 15^2 \\ &= 176,625 \end{aligned} \quad (1)$$

Rumus perhitungan jumlah kebutuhan APAR :

$$\sum APAR = \frac{\text{luas ruangan}}{\text{luas area perlindungan}} \quad (2)$$

Sehingga diperoleh hasil jumlah kebutuhan APAR untuk masing-masing gedung dengan rincian sebagai berikut:

$$\text{Gedung A} = \frac{1620}{176,625} = 9,172 \text{ dibulatkan } 9 \text{ buah}$$

$$\text{Gedung B} = \frac{5250}{176,625} = 29,7 \text{ dibulatkan } 30 \text{ buah}$$

$$\text{Gedung C} = \frac{780}{176,625} = 4,416 \text{ dibulatkan } 4 \text{ buah}$$

$$\text{Gedung D} = \frac{850}{176,625} = 4,812 \text{ dibulatkan } 5 \text{ buah}$$

$$\text{Gedung E} = \frac{500}{176,625} = 2,831 \text{ dibulatkan } 3 \text{ buah}$$

$$\text{Gedung F} = \frac{930}{176,625} = 5,265 \text{ dibulatkan } 5 \text{ buah}$$

$$\text{Gedung G} = \frac{1710}{176,625} = 9,68 \text{ dibulatkan } 10 \text{ buah}$$

$$\text{Gedung H} = \frac{175}{176,625} = 0,991 \text{ dibulatkan } 1 \text{ buah}$$

$$\text{Gedung I} = \frac{120}{176,625} = 0,679 \text{ dibulatkan } 1 \text{ buah}$$

Dengan luasan area yang mampu dilindungi atau wajib tersedianya 1 APAR seluas 176,625 m², maka berdasar perhitungan di atas Gedung A yang memiliki luas bangunan sebesar 1.620 m² perlu dilengkapi dengan 9 buah APAR, kemudian Gedung B dengan luas bangunan sebesar 5.250 m² memerlukan 30 buah APAR, Gedung C seluas 780 m² memerlukan 4 buah APAR, Gedung D dengan luas 850 m² memerlukan 5 buah APAR, Gedung E yang memiliki luas 500 m² memerlukan 3 buah APAR, Gedung F dengan luas 930 m² memerlukan 5 buah APAR, dan Gedung G dengan luas 1.710 m² memerlukan kelengkapan 10 buah APAR, serta Gedung H (175 m²) dan Gedung I (120 m²) yang luas bangunan di bawah luas area yang mampu dilindungi yaitu 176,625 m² maka tetap perlu dilengkapi minimal 1 buah APAR.

Adapun perbandingan jumlah APAR eksisting dibandingkan dengan perhitungan sesuai Permenakertrans NO.04/MEN/1980 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Perbandingan Kebutuhan APAR

Gedung	Eksisting	Permenaker	Kurang/Lebih
A	5	9	Kurang 4
B	27	30	Kurang 3
C	5	4	Lebih 1
D	4	5	Kurang 1
E	2	3	Kurang 1
F	16	5	Lebih 11
G	--- tanggung jawab UP2D ---		
H	--- tanggung jawab UP2D ---		
I	2	1	Lebih 1
TOTAL	61	57	Lebih 4

3.9 Rekomendasi Re-Mapping APAR

Berdasarkan hasil temuan di lapangan serta perhitungan kebutuhan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) yang

mengacu pada Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor: PER.04/MEN/1980 tentang Syarat-Syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan, ditemukan adanya ketidakseimbangan dalam distribusi APAR di lingkungan gedung perkantoran PLN UID Jawa Timur. Terdapat tiga gedung, yaitu Gedung C, Gedung F, dan Gedung I, yang memiliki kelebihan distribusi APAR dengan total kelebihan sebanyak 13 unit APAR. Sebaliknya, terdapat empat gedung lainnya, yaitu Gedung A, Gedung B, Gedung D, dan Gedung E, yang mengalami kekurangan distribusi APAR dengan total kekurangan sebanyak 9 unit APAR.

Ketidakseimbangan ini menimbulkan potensi risiko dalam penanganan kebakaran di gedung-gedung yang kekurangan APAR, di mana keterlambatan penanganan kebakaran atau tidak berfungsinya APAR dapat terjadi akibat ketidaksesuaian jumlah yang dibutuhkan. Oleh karena itu, direkomendasikan redistribusi APAR untuk mencapai distribusi yang lebih merata dan sesuai dengan kebutuhan setiap gedung. Rekomendasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 mencakup pengalihan sebanyak 11 unit APAR dari Gedung F, dengan rincian pengalihan ke Gedung A sejumlah 4 APAR, ke Gedung B sebanyak 3 APAR, dan ke Gedung D serta Gedung E masing-masing sebanyak 2 APAR. Dengan redistribusi ini, diharapkan seluruh gedung di PLN UID Jawa Timur memiliki jumlah APAR yang sesuai dengan standar keselamatan kebakaran, sehingga tercipta sistem perlindungan kebakaran yang optimal di setiap gedung. Redistribusi ini juga berperan penting dalam upaya peningkatan manajemen keselamatan kebakaran di lingkungan perkantoran tersebut.

Tabel 3. Tabel Re-Mapping APAR

Gedung	Eksisting	Kebutuhan	Pendistribusian Ulang
A	5	9	+ 4 APAR dari Gedung F
B	27	30	+ 3 APAR dari Gedung F
C	5	4	(Lebih 1)
D	4	5	+ 2 APAR dari Gedung F
E	2	3	+ 2 APAR dari Gedung F
F	16	5	- 11 APAR ke Gedung A,B,D,E
I	2	1	(Lebih 1)

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat gap atau kesenjangan yang signifikan antara standar keselamatan kebakaran yang diatur dalam peraturan perundangan dengan implementasi di lapangan dalam hal pendistribusian serta pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) di lingkungan PLN UID Jawa Timur. Ketidaktepatan terhadap standar pemasangan dan penempatan APAR, seperti peletakan yang tidak sesuai, tidak jelasnya tanggal kedaluwarsa, serta ketidakseimbangan pendistribusian APAR, mengindikasikan kurangnya pengelolaan yang efektif dalam manajemen keselamatan kebakaran. Situasi ini berpotensi meningkatkan risiko keterlambatan dalam penanggulangan kebakaran, yang dapat berdampak serius pada keselamatan sumber daya

manusia dan material aset di area tersebut. Ketersediaan APAR di lokasi yang seharusnya dan mudah diakses dalam situasi darurat adalah faktor kunci dalam mengendalikan kebakaran pada tahap awal sebagai Tindakan preventif, di mana setiap keterlambatan dapat memperburuk skenario kebakaran dan meningkatkan dampak kerugian yang ditimbulkan. Oleh karena itu, perencanaan dan pengelolaan distribusi APAR yang tepat menjadi faktor sangat penting dalam memastikan sistem proteksi kebakaran berfungsi secara optimal.

Lebih lanjut, penelitian ini juga menyoroti pentingnya *re-mapping* dan evaluasi ulang terhadap distribusi APAR di seluruh gedung dan ruangan dalam lingkungan PLN UID Jawa Timur. Pendistribusian yang merata dan sesuai dengan kebutuhan spesifik setiap area, berdasarkan luas bangunan, klasifikasi risiko kebakaran, serta aksesibilitas APAR, adalah langkah yang penting dalam memastikan cakupan perlindungan yang memadai. *Re-mapping* ini mencakup analisis menyeluruh terhadap potensi bahaya kebakaran di setiap titik dan evaluasi terhadap jumlah serta jenis APAR yang paling sesuai. Selain itu, pemeliharaan rutin berkala dan pemantauan kondisi APAR menjadi aspek penting untuk menjaga kesiapan alat tersebut setiap saat, terutama dalam menghadapi situasi darurat. Dengan melakukan pendistribusian ulang dan perbaikan manajemen APAR secara menyeluruh, PLN UID Jawa Timur dapat meningkatkan efektivitas sistem keselamatan kebakaran, mengurangi risiko kegagalan fungsi APAR, dan memastikan bahwa tindakan pencegahan yang dilakukan sesuai dengan standar keselamatan kebakaran yang berlaku.

Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengembangan metode otomatisasi pemantauan dan pemeliharaan APAR, serta pengkajian lebih dalam mengenai kesiapsiagaan, dengan mempertimbangkan potensi risiko kebakaran yang lebih kompleks.

Daftar Rujukan

- [1] L. Kuncoro, V. Rivai Zainal, and A. Hakim, "Fire Emergency Action Plan In The Indonesia Stock Exchange Building," *Int. J. Adv. Multidiscip.*, vol. 1, no. 4, pp. 376–387, 2023, doi: 10.38035/ijam.v1i4.150.
- [2] J. Kim *et al.*, "An experimental study on the performance of fire extinguishing system according to the agent charging condition and nozzle type.," *Heliyon*, vol. 9, no. 9, p. e19473, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e19473.
- [3] M. L. Ashari, S. N. Ulfah, and S. P. Agustin, "Analisis Kesesuaian Alat Pemadam Api Ringan Berdasarkan Permenakertrans No. 4 Tahun 1980 di Area Workshop Mekanik Perusahaan Galangan Kapal," *IJESPG (International J. Eng. Econ. Soc. Polit. Gov.)*, vol. 1, no. 3 SE-Articles, pp. 13–20, Jul. 2023, doi: 10.26638/ijespg.v1i3.28.
- [4] T. Bagheri, S. F. Forghani, S. Hoveidamanesh, M. Asgari, O. Mahboubi, and M. Momeni, "An Assessment of the Fire Safety Standards in Iranian Homes and Equipment As They Relate to Fire Accidents.," *Ann. Burns Fire Disasters*, vol. 37, no. 1, pp. 10–16, Mar. 2024.
- [5] A. P. Pramayu, H. N. Rahmawati, A. A. Tantia, A. P. Putra, and R. N. Fauzia, "Tinjauan Persepsi Penghuni Gedung Terhadap Sistem Proteksi Kebakaran di Gedung Y Tahun 2022 sebagai Bagian dari Budaya K3," *Malahayati Nurs. J.*, vol. 5, no. 3, pp. 670–684, Mar. 2023, doi: 10.33024/mnj.v5i3.8059.
- [6] A. Purwanto, "Training dan Simulasi Penggunaan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) dan Hydrant di Industri," *J. Community Serv. Engagem.*, vol. 4, no. 1 SE-Articles, pp. 11–15, Apr. 2024, doi: 10.9999/jocosae.v4i1.198.
- [7] F. Nasution, A. Syahfira, S. Kholijah, and A. S. Pulungan, "Evaluasi Standar Peletakan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) di Kantor BPBD Provinsi Sumatera Utara," *Shihatuna J. Pengabd. Kesehat. Masy.*, vol. 1, no. 2, p. 53, 2021, doi: 10.30829/shihatuna.v0i0.9283.
- [8] R. Kurniawan, A. Asril, and E. P. Rahayu, "Evaluasi Sistem Tanggap Darurat Kebakaran Dan Preparedness (Kesiapan) Sebagai Langkah Penanggulangan Kondisi Darurat Kebakaran Di Rumah Sakit 3m Plus Tembilahan," *Media Kesmas (Public Heal. Media)*, vol. 1, no. 2, pp. 225–240, 2021, doi: 10.25311/kesmas.vol1.iss2.53.
- [9] S. B. A. F. Kuswandi, F. Ayu, R. A. Ratriwardhani, and E. H. Pratiwi, "Evaluasi Pemeriksaan APAR Di PT Lintech Duta Pratama," *Community Dev. J. J. Pengabd. Masy.*, vol. 5, no. 4 SE-Articles, pp. 7714–7718, Aug. 2024, doi: 10.31004/cdj.v5i4.31157.
- [10] Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, "Permennakertrans No : 04/MEN/1980 tentang Syarat-Syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan," *Republik Indonesia*. 1980.
- [11] Kepmenakertrans, "Keputusan Menteri Tenaga Kerja RI No. KEP.186/MEN/1999 tentang Unit Penanggulangan Kebakaran di Tempat Kerja." 1999.
- [12] Kementerian Pekerjaan Umum, "Permen PU No. 26/PRT/M/2008 Tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan.," *Republik Indonesia*. 2008.
- [13] National Fire Protection Association, "NFPA-10: Standard for Portable Fire Extinguisher," *NFPA*. 2022. [Online]. Available: www.nfpa.org.



Analisis Kebisingan dengan Menggunakan Peta Kebisingan serta Rekomendasi Program NIHL (*Noise Induced Hearing Loss*) di PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan

Nia Vita Shalina¹, Abdul Rohim Tualeka²

¹Program Studi Magister Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia

²Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia

¹nia.vita.alina-2023@fkm.unair.ac.id *, ²abdul-r-t@fkm.unair.ac.id

Abstract

Noise is one of the environmental issues that frequently occurs in the workplace, particularly in the manufacturing industry. Excessive and prolonged exposure to noise can cause health problems for workers, such as Noise-Induced Hearing Loss (NIHL). PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan, in its production process, uses various machines and equipment that can produce quite high noise levels. To overcome the noise problem at PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan, it is necessary to create a noise description using a noise map, so that monitoring can be carried out. In addition, implementing the NIHL (Noise-Induced Hearing Loss) program is needed to prevent and reduce the risk of hearing loss in workers. This study aims to describe noise using a noise map and provide recommendations for noise control efforts in the form of Noise-Induced Hearing Loss (NIHL). The method used is descriptive observational, with primary data from direct observation and secondary data from noise measurements conducted by PT. Envilab Indonesia. The results of the study showed that noise levels in several production areas exceeded the permitted threshold, with the highest noise intensity reaching 89.7 dBA. Recommendations include the use of ear protection, regular noise monitoring, and worker education on noise hazards. Implementation of the NIHL program is expected to reduce the risk of hearing loss and improve occupational health and safety.

Keywords: Noise, Noise Mapping, Noise-Induced Hearing Loss (NIHL)

Abstrak

Kebisingan merupakan salah satu masalah lingkungan yang sering terjadi di tempat kerja, terutama di industri manufaktur. Paparan kebisingan yang berlebihan dan berkepanjangan dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi pekerja, seperti *Noise Induced Hearing Loss* (NIHL). PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan dalam proses produksinya, perusahaan ini menggunakan berbagai mesin dan peralatan yang dapat menghasilkan tingkat kebisingan yang cukup tinggi. Untuk mengatasi masalah kebisingan di PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan perlu dibuatnya gambaran kebisingan dengan menggunakan peta kebisingan, sehingga dapat dilakukannya pemantauan. Selain itu menerapkan program NIHL (*Noise Induced Hearing Loss*) diperlukan untuk mencegah dan mengurangi risiko kehilangan pendengaran pada pekerja. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan kebisingan menggunakan peta kebisingan dan memberikan rekomendasi upaya pengendalian kebisingan berupa *Noise Induced Hearing Loss* (NIHL). Metode yang digunakan adalah deskriptif observasional dengan data primer dari observasi langsung dan data sekunder dari pengukuran kebisingan yang dilakukan oleh PT. Envilab Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kebisingan di beberapa area produksi melebihi ambang batas yang diizinkan, dengan intensitas kebisingan tertinggi mencapai 89,7 dBA. Rekomendasi yang diberikan mencakup penggunaan alat pelindung telinga, pemantauan kebisingan secara berkala, dan edukasi pekerja mengenai bahaya kebisingan. Implementasi program NIHL diharapkan dapat mengurangi risiko kehilangan pendengaran serta meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja.

Kata kunci: Kebisingan, Peta Kebisingan, *Noise Induced Hearing Loss* (NIHL)

Diterima Redaksi : 2024-09-26 | Selesai Revisi : 2024-10-17 | Diterbitkan Online : 2025-08-04

1. Pendahuluan

Kebisingan merupakan salah satu masalah lingkungan yang sering terjadi di tempat kerja, terutama di industri manufaktur [1]. Paparan kebisingan yang

berlebihan dan berkepanjangan dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi pekerja, seperti kehilangan pendengaran yang diinduksi oleh kebisingan atau *Noise Induced Hearing Loss* (NIHL). NIHL adalah



Lisensi
Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

masalah kesehatan yang serius dan dapat menyebabkan penurunan kualitas hidup bagi para pekerja [2].

Kebisingan menjadi suatu masalah di tempat kerja yang sangat serius di negara berkembang maupun di negara maju. Penurunan atau kehilangan daya dengar merupakan penyebab dari kecacatan nomor 4 secara global yang kerugiannya diestimasikan mencapai 980 milyar dolar Amerika [3]. Pada tahun 2017 terdapat penelitian yang melibatkan 1390 pekerja yang terpapar kebisingan di tempat kerja dan 1399 pekerja kontrol, dan ditemukan bahwa adanya hubungan dosis-respon antara intensitas kebisingan, lama paparan kebisingan dalam tahun, paparan kebisingan kumulatif, dan risiko hipertensi [4].

PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan merupakan salah satu perusahaan industri manufaktur yang bergerak di bidang produksi beton pracetak. Dalam proses produksinya, perusahaan ini menggunakan berbagai mesin dan peralatan yang dapat menghasilkan tingkat kebisingan yang cukup tinggi. Diketahui proses produksi berjalan selama 16 jam yang terbagi menjadi 2 *shift*. Berdasarkan telaah dokumen IBPR PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan, diketahui bahwa pada seluruh proses pekerjaan produksi terpapar sumber bahaya kebisingan. Oleh karena itu, pemantauan dan pengendalian kebisingan di tempat kerja menjadi sangat penting untuk menjaga kesehatan dan keselamatan para pekerja.

Untuk mengatasi masalah kebisingan di tempat kerja, PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan perlu dibuatnya gambaran kebisingan dengan menggunakan peta kebisingan, sehingga dapat dilakukannya pemantauan. Peta kebisingan adalah alat yang dapat membantu mengidentifikasi area-area dengan tingkat kebisingan yang tinggi, sehingga dapat diambil tindakan pengendalian yang tepat [5].

Selain itu, perusahaan juga perlu menerapkan program NIHL (*Noise Induced Hearing Loss*) untuk mencegah dan mengurangi risiko kehilangan pendengaran pada para pekerja. Program NIHL ini meliputi berbagai upaya, seperti penggunaan alat pelindung telinga (APT) berupa *earplug* atau *earmuff*, pemantauan kesehatan pendengaran secara berkala, serta pelatihan dan edukasi bagi para pekerja tentang bahaya kebisingan dan pentingnya perlindungan pendengaran.

Rekomendasi program pemantauan kebisingan dengan peta kebisingan diharapkan dapat membantu mengurangi paparan kebisingan di tempat kerja dan menjaga kesehatan pendengaran para pekerja. Hal ini tidak hanya bermanfaat bagi kesejahteraan pekerja, tetapi juga dapat meningkatkan produktivitas dan kinerja perusahaan dalam jangka panjang.

Oleh karena itu, penelitian tentang "Analisis Kebisingan dengan Menggunakan Peta Kebisingan serta Rekomendasi Program NIHL (*Noise Induced Hearing*

Loss) di PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan" penting dilakukan untuk memberikan rekomendasi program dalam mengendalikan kebisingan dan mengidentifikasi area-area yang membutuhkan perbaikan atau pengembangan lebih lanjut dalam upaya menjaga kesehatan dan keselamatan para pekerja.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *deskriptif observasional*. Data primer dilakukan dengan cara observasi langsung terhadap lingkungan kerja unit produksi beton di PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan. Observasi dilakukan untuk melihat peralatan apa saja yang menjadi sumber bising di area unit produksi.

Selain itu penelitian ini didukung dengan data sekunder yaitu berupa dokumen hasil pengukuran kebisingan di area jalur produksi beton yang dilakukan oleh PT. Envilab Indonesia. Tabel 1 merupakan rincian pemeriksaan dan pengujian kebisingan yang dilakukan oleh PT. Envilab Indonesia di unit produksi beton PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan :

Tabel 1. Keterangan Hasil Pemeriksaan dan Pengujian Kebisingan

No	Pengukuran dan Pengujian	Uraian
1.	Nama alat ukur yang digunakan	<i>Environment</i> meter
2.	Type dan nomor seri	LUTRON LM-8102
3.	Tanggal kalibrasi eksternal terakhir alat :	23 Desember 2023
4.	Instansi kalibrasi alat :	PT. Delta Instrimentasi Cikarang
5.	Tanggal pemeriksaan dan pengujian :	27 Mei 2024
6.	Waktu pemeriksaan dan pengujian :	1. Produksi jalur 1 (08.00 WIB) 2. Produksi jalur 2 (08.15 WIB) 3. Produksi jalur 3 (08.30 WIB) 4. Produksi jalur 4 (08.45 WIB) 5. Produksi jalur 5 (A) (09.00 WIB) 6. Produksi jalur 5 (B) (09.15 WIB) 7. Produksi jalur 6 (09.30 WIB) 8. <i>Wire caging</i> (09.45 WIB)
7.	Metode Pengukuran	SNI 7231:2009 tentang metode pengukuran intensitas kebisingan di tempat kerja.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Gambaran Intensitas Kebisingan dan Sumber Kebisingan di Unit Produksi PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasuruan

Pada unit produksi beton di PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasuruan terdapat 2 jenis proses produksi yaitu produksi beton putar dan beton non putar. Produksi beton putar terdapat pada 3 jalur yaitu, pada jalur II dan jalur V yang memproduksi beton berjenis tiang pancang,

dan pada jalur VI yang memproduksi beton berjenis tiang pancang dan tiang listrik. Sedangkan produksi beton non putar terdapat pada jalur I yang memproduksi beton berjenis tribun *precast*, jalur III yang memproduksi beton berjenis tiang pancang kotak & CCSP (*Coorugated Concerete Sheet Pile*), dan jalur IV yang memproduksi beton berjenis *girder*.

Pada proses pembuatan beton, baik secara putar maupun non putar memiliki sumber kebisingan yang sama, yaitu bersumber dari beberapa mesin dan alat antara lain :

1. Area *Batching plant*

Batching plant merupakan tempat mencampur atau memproduksi bahan baku beton cair siap pakai. Pada area ini terdapat beberapa alat seperti mesin *batching plant* dan *pan mixer*. Alat-alat ini merupakan sumber kebisingan di area *batching plant*.

Kebisingan di area *batching plant* timbul karena pengambilan material dari bawah untuk di bawa ke *pan mixer*. Sedangkan *pan mixer* menimbulkan kebisingan karena kegiatan pencampuran material seperti batu, pasir dan air dalam skala besar.

2. Area Buka Jalur

Area buka jalur merupakan tempat produksi beton mulai dari pengisian beton yang sudah dicampur sampai dengan pengangkatan beton yang sudah jadi. Pada area ini terdapat beberapa alat seperti mesin *spinning*, *hopper cor*, *impact tool*, dan vibrator.

Kebisingan timbul akibat adanya putaran beton dengan kecepatan tinggi dengan mesin *spinning*. Proses pemadatan produk beton dengan *vibrator* juga menimbulkan kebisingan yang tinggi. Selain itu, *impact tool* juga menimbulkan kebisingan saat mengencangkan baut pada cetakan beton.

3. Area tulangan

Area tulangan adalah tempat produksi rakitan tulangan beton. Pada area ini terdapat beberapa alat seperti mesin *wire caging*, mesin *cutting* dan mesin *heading*. Alat-alat merupakan sumber kebisingan di area tulangan.

Kebisingan di area tulangan timbul akibat pemotongan besi yang akan digunakan untuk rakitan tulangan beton. Proses pembuatan heading pada ujung besi juga menimbulkan kebisingan yang cukup tinggi. Selain itu, pada proses pemutaran rakitan tulangan menimbulkan kebisingan pada mesin *wire caging*.

3.2 Hasil Pengukuran Kebisingan di Unit Produksi PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasuruan

Pengukuran kebisingan di unit produksi PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasuruan 1 Kejapanan dilakukan oleh PT Envilab Indonesia. Pengukuran ini dilakukan di semua jalur produksi beton, dari jalur 1, jalur 2, jalur 3, jalur 4, jalur 5, jalur 6, dan *wire caging*. Berikut merupakan hasil pengukuran kebisingan di unit jalur produksi PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasuruan.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kebisingan di Unit Jalur Produksi

No.	Jalur	Kebisingan (dBA) (nilai rata – rata di area <i>batching plant</i> , buka jalur, dan <i>wire caging</i>)	NAB (dBA)	Jumlah Jam Pemaparan Kebisingan Per Hari
1.	Produksi Jalur I	88,5	85,0	8 Jam
2.	Produksi Jalur II	89,7	85,0	8 Jam
3.	Produksi Jalur III	87,7	85,0	8 Jam
4.	Produksi Jalur IV	87,5	85,0	8 Jam
5.	Produksi Jalur V (a)	89	85,0	8 Jam
6.	Produksi Jalur V (b)	89,5	85,0	8 Jam
7.	Jalur VI	89,5	85,0	8 Jam
8.	Produksi <i>wire caging</i>	88,6	85,0	8 Jam

Berdasarkan Tabel 2 hasil pengukuran tersebut, dapat diketahui bahwa 8 titik pengujian memiliki tingkat kebisingan yang melebihi Nilai Ambang Batas (NAB). Pemaparan kebisingan dalam sehari adalah 8 jam dan sudah dikurangi dengan waktu istirahat. Pada bagian jalur I memperoleh nilai 88,5 dBA, jalur II 89,7 dBA, jalur III 87,7 dBA, jalur IV 87,5 dBA, jalur V (a) 89, jalur V (b) 89,5 dBA, jalur VI 89,5 dBA, dan di area *wire caging* 88,6 dBA.

Menurut Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja, kebisingan merupakan bunyi atau suara yang tidak diinginkan yang berasal dari alat kerja dan proses produksi yang dianggap mengganggu oleh seseorang [6]. Tingkat kebisingan yang tinggi dapat mengganggu konsentrasi pekerja sehingga menyebabkan pengeluaran usaha yang berlebih agar dapat berkonsentrasi lebih baik dalam bekerja. Hal ini secara tidak langsung menimbulkan kelelahan kerja [7].

Berdasarkan hasil pengukuran, dapat diketahui bahwa tingkat kebisingan di unit produksi jalur II PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasuruan melebihi nilai ambang batas yang diperkenankan yaitu 85 dBA dengan waktu paparan 8 jam dalam sehari. Hal tersebut dikarenakan lokasi produksi pembuatan beton menggunakan alat-alat yang menimbulkan kebisingan, seperti *internal vibrator*, *external vibrator*, *hopper cor*, *impact tool*, mesin *heading*, *bar cutter* dan *wire caging*. Kebisingan yang melebihi nilai ambang batas dapat mengganggu pekerjaan karena menurunnya konsentrasi pada pekerja [8].

Kebisingan yang ada ini merupakan jenis kebisingan *discrete frequency noise* yang bersumber dari mesin-mesin yang digunakan dalam aktivitas produksi seperti mesin internal dan eksternal vibrator, *hopper cor*,

spinning, impact tool, batching plant, mesin heading, bar cutter, dan wire caging. Adanya interaksi antara alat kerja dan benda kerja atau bahan juga dapat menyebabkan sumber kebisingan seperti pengelasan, penyemprotan, pemotongan dan pengencangan baut. Selain itu, proses transportasi dan distribusi material di tempat kerja terutama material padat seperti adonan beton yang berasal dari kerikil, pasir dan semen juga berkontribusi menimbulkan kebisingan.



Pada unit produksi jalur II PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasuruan belum menggunakan alat peredam bising di area kerja. Hal tersebut dikarenakan oleh beberapa area kerja yang terbuka sehingga kurang memungkinkan untuk dipasang alat peredam bising. Kebisingan yang tinggi dapat menyebabkan gangguan pada pekerja salah satunya yaitu gangguan fisiologis dan psikologis. Kebisingan juga dapat mengakibatkan kelelahan pada pekerja serta menyebabkan gangguan komunikasi dan gangguan pendengaran pada alat pendengaran [9].

3.3 Analisis Kebisingan di Unit Produksi Jalur II PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasuruan

Menurut Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja, menyebutkan kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan/atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran [6]. Pada Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja juga dijelaskan, NAB dari kebisingan adalah 85 dB dengan waktu pemaparan 8 jam/hari [6].

Dari data hasil pengukuran kebisingan di unit produksi beton PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasuruan, didapatkan intensitas kebisingan tertinggi berada di jalur II. Unit produksi jalur II di bagi ke dalam tiga area kerja yaitu *batching plant*, area buka jalur, dan tulangan. Area - area ini memiliki sumber kebisingan dari mesin atau alat yang digunakan dalam proses produksi beton. Tabel 3 berikut adalah hasil analisis sumber kebisingan pada area jalur II :






Tabel 3. Analisis Sumber Kebisingan Pada Area *Batching Plant*

Area Kerja	Mesin / alat (sumber bising)	Proses kerja mesin / alat	Proses mesin sehingga menghasilkan kebisingan
<p><i>Batching Plant</i> : tempat mencampur atau memproduksi bahan baku beton cair siap pakai.</p> 	<p>Mesin <i>Batching Plant</i></p> 	<p>Penghancuran Material (Crushing): Proses ini melibatkan mesin penghancur (<i>crusher</i>) yang mengubah material mentah menjadi agregat dengan ukuran yang sesuai.</p>	<p>Mesin ini menghasilkan kebisingan yang cukup tinggi karena memecah material keras.</p>
	<p>Proses <i>Screening</i></p> 	<p>Pengayakan (Screening): Setelah penghancuran, agregat yang dihasilkan disaring menggunakan mesin pengayak getar (<i>vibrating screen</i>).</p>	<p>Mesin ini memisahkan agregat berdasarkan ukurannya melalui getaran intensif yang menghasilkan kebisingan signifikan.</p>
	<p><i>Pan Mixer</i></p> 	<p>Pencampuran (Mixing): Material seperti semen, air, agregat, dan bahan tambahan lainnya dicampur dalam mesin pencampur beton (<i>pan mixer</i>).</p>	<p>Mesin ini menghasilkan kebisingan yang cukup tinggi karena melakukan pencampuran material seperti batu, pasir dan air dalam skala besar.</p>

Berdasarkan Tabel 3, pada bagian *batching plant* sumber bising berasal dari mesin *batching*, *vibrating screen* dan *pan mixer*. Kegiatan di bagian *batching plant* digunakan untuk memproduksi beton *ready mix* dalam jumlah besar. Pekerja yang bertindak sebagai operator mesin, posisi kerjanya berada di atas alat

batching plant. Selain itu, pekerja juga melakukan pengaturan beton yang akan diangkut oleh *truck mixer*. Pekerjaan tersebut dapat menimbulkan bahaya kerja jatuh dari ketinggian dan terkena dampak kebisingan akibat suara mesin pencetak beton.

Tabel 4. Analisis Sumber Kebisingan Pada Area Buka Jalur



Area Kerja	Mesin / alat (sumber bising)	Proses kerja mesin / alat	Proses mesin sehingga menghasilkan kebisingan
<p>Area Buka Jalur : tempat produksi beton mulai dari pengisian beton yang sudah dicampur sampai dengan pengangkatan beton yang sudah jadi.</p> 	<p>Mesin <i>Spinning</i></p> 	<p>Spinning : Cetakan diputar dengan kecepatan tinggi menggunakan mesin <i>spinning</i>, dimana akan memaksa beton menyebar merata di sepanjang dinding cetakan, mengeluarkan udara yang terjebak dan memadatkan campuran.</p>	<p>Komponen internal mesin, seperti bantalan, gear, dan poros yang berputar dengan kecepatan tinggi, mengalami gesekan yang menghasilkan kebisingan. Keausan pada bagian ini dapat meningkatkan tingkat kebisingan.</p>
	<p><i>Hopper Cor</i></p> 	<p>Penuangan Beton : <i>hopper cor</i> membantu dalam memastikan beton mengalir dengan kecepatan yang tepat dan mengurangi risiko tumpahan. Dengan menggunakan <i>hopper cor</i>, beton dapat diarahkan dengan akurat ke area cetakan.</p>	<p><i>Hopper cor</i> menimbulkan kebisingan karena aliran beton yang deras dan gesekan antara material beton dengan dinding <i>hopper</i> dapat menghasilkan suara yang keras.</p>
	<p><i>Impact tools</i></p> 	<p>Pengencangan baut : <i>impact tools</i> membantu mengencangkan baut dengan kekuatan dan kecepatan tinggi. Penggunaan <i>impact tools</i> memastikan bahwa baut ditarik dengan kuat ke dalam beton, menciptakan sambungan yang kuat dan tahan lama.</p>	<p>Alat <i>impact tools</i> menggunakan motor listrik untuk memutar baut dan secara berulang-ulang memberikan pukulan keras pada kepala baut. Setiap pukulan ini menghasilkan suara benturan logam yang keras.</p>
	<p>Vibrator</p> 	<p>Proses Pemadatan Beton : Mesin pemadat yang digunakan untuk memadatkan beton dalam cetakan.</p>	<p>Getaran yang dihasilkan oleh mesin vibrator untuk mengeluarkan udara dari beton menyebabkan kebisingan tinggi.</p>

Berdasarkan Tabel 4, pada bagian buka jalur II sumber bising berasal dari mesin *spinning*, *impact tool*, vibrator dan *hopper cor*. Mesin *spinning* menjadi salah satu sumber kebisingan di area buka jalur, pada pekerja

bagian produksi putar (*Concrete Spun Pile*) di PT Adhi Persada Beton Pabrik Sadang-Purwakarta menunjukkan bahwa mesin *spinning* yang beroperasi 24 jam tanpa henti sangat berpengaruh pada pendengaran tenaga

kerja. Dampak yang dirasakan pekerja akibat kebisingan yang dialami yaitu gangguan komunikasi, gangguan pendengaran atau *auditory* dan gangguan psikologis. Dari hasil pemeriksaan audiometri terdapat 36,37 % tenaga kerja yang mengalami gangguan, gangguan diklasifikasikan tingkat keparahannya yaitu gangguan pendengaran ringan sebanyak 6,06 %, gangguan pendengaran sedang sebanyak 18,18 %, gangguan pendengaran cukup serius sebanyak 9,09 %, gangguan pendengaran serius sebanyak 3,03 % [10].

Tabel 5. Analisis Sumber Kebisingan Pada Area Tulangan

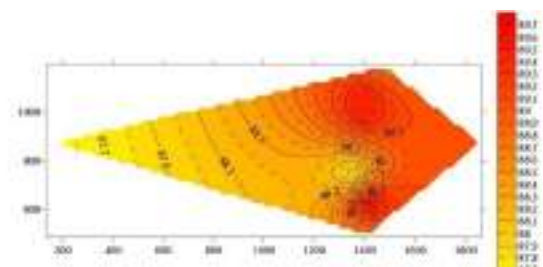
Area Kerja	Mesin / alat (sumber bising)	Proses kerja mesin / alat	Proses mesin sehingga menghasilkan kebisingan
Area Tulangan : tempat produksi rakitan tulangan beton. 	Mesin <i>wire caging</i> 	Proses Wire Caging : proses menempatkan kawat baja dalam bentuk jaring atau <i>mesh</i> di dalam cetakan sebelum pengecoran.	Mesin <i>wire caging</i> memotong dan membentuk kawat baja, gesekan antara kawat dan mata potong atau alat pembentuk menghasilkan suara bising.
	Mesin <i>cutting</i> 	Cutting : proses memotong batang atau kawat baja sesuai dengan panjang dan bentuk yang diperlukan untuk memperkuat elemen beton.	Motor yang menggerakkan mesin dan mekanisme pemotongan beroperasi pada kecepatan tinggi, menyebabkan getaran yang menambah tingkat kebisingan, selain itu gesekan antara kawat dengan mata potong juga menimbulkan kebisingan.
	Mesin <i>Heading</i> 	Heading : proses membentuk ujung kawat baja menjadi bentuk tertentu, seperti kepala atau cekungan, untuk memastikan bahwa tulangan terpasang dengan tepat dalam cetakan beton.	Proses ini sering menghasilkan suara keras akibat benturan antara alat <i>heading</i> dan batang baja serta gesekan yang terjadi selama proses pembentukan.

Berdasarkan Tabel 5, pada bagian tulangan jalur II berasal dari *bar cutting*, *bar heading*, dan *wire caging*. Kebisingan bersumber dari tempat *workshop*, ruangan genset, ruangan kompresor, dan tempat *loading point*. Namun hal ini dapat di atasi oleh PT. Solusi bangun beton karena, setiap pekerja yang bekerja masing masing sudah dibekali Alat Pelindung Diri (APD) [11]. Kepatuhan pekerja di unit produksi jalur II PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasurun dalam menggunakan

alat pelindung diri untuk kebisingan masih sangat kurang. Hal tersebut dikarenakan, hasil dari pengamatan observasi selama residensi bahwa tidak ada pekerja yang memakai *ear plug* saat bekerja. Padahal, penggunaan *earplug* dapat mengurangi intensitas kebisingan sekitar 10-25 dB. Dampak yang ditimbulkan oleh kebisingan akan lebih tinggi jika pekerja tidak menggunakan alat pelindung diri [12].

3.4 Pemetaan Kebisingan dengan Surfer

Pemetaan diartikan sebagai penggambaran secara visual yang menghasilkan sebuah peta, sedangkan pemetaan kebisingan berarti penggambaran secara visual dari tingkat kebisingan yang ditimbulkan pada tiap-tiap titik pengamatan dimana pengukuran ini akan menghasilkan sebuah peta kontur kebisingan. Pemetaan bertujuan untuk menentukan distribusi tingkat kebisingan pada suatu area [13].



Gambar 1. Hasil *Contour* Intensitas Kebisingan oleh Aplikasi Surfer

Berdasarkan Gambar 1, skala intensitas kebisingan pada PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan masuk dalam tingkat kebisingan kuat yaitu 87,5 – 89,7 dBA. Untuk *range* nilai kebisingan minimum dan nilai kebisingan maksimum, masuk dalam kategori warna yang berbeda-beda. Berikut adalah warna-warna beserta nilai kebisingan yang dihasilkan *software* surfer setelah dihitung nilai kebisingannya :

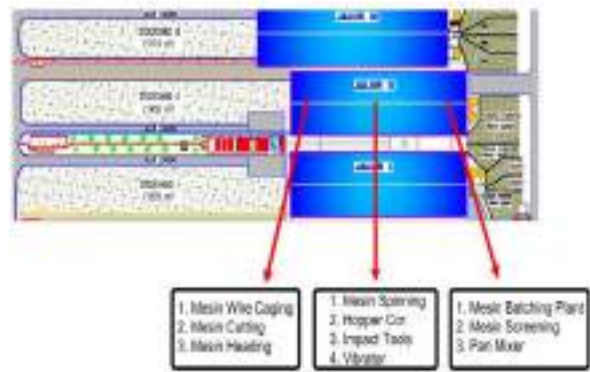
- Kuning : 87,5 - 88,2 dBA
- Orange : 88,3 – 88,9 dBA
- Merah : 89 – 89,7 dBA

Adapun *layout* pabrik PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan terdapat pada Gambar 2 berikut :



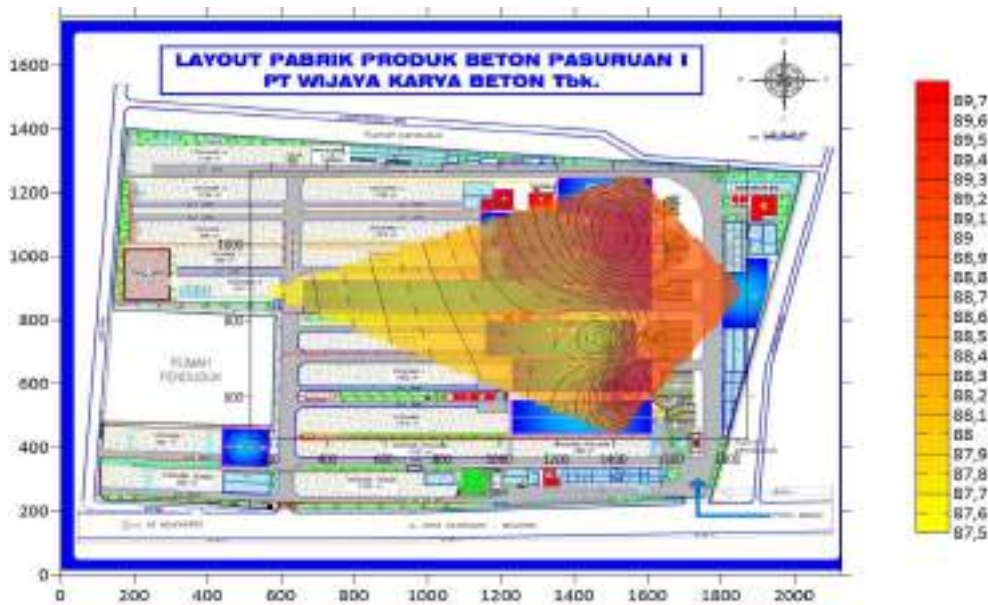
Gambar 1. Layout PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan

Sedangkan *layout* penempatan masing-masing alat pada Jalur II terdapat pada Gambar 3 berikut :



Gambar 2. Layout Penempatan Alat di Jalur II PT. Wijaya Karya Beton, Tbk, PBB Pasuruan

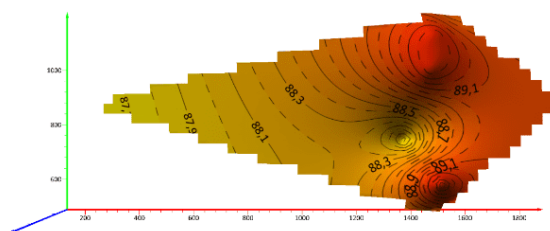
Pada Gambar 3, mesin *batching plant*, mesin *screening* dan *pan mixer* berada di bagian kanan jalur 2, mesin *spinning*, *hopper cor*, *impact tools* dan *vibrator* berada di bagian tengah jalur 2 serta mesin *wire caging*, mesin *cutting* dan mesin *heading* berada di bagian kiri jalur 2. Untuk hasil pemetaan kebisingan di PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan dapat ditunjukkan pada Gambar 4 berikut dibawah ini.



Gambar 3. Hasil Pemetaan Kebisingan oleh Aplikasi Surfer

Pada Gambar 4, jalur II, V (b), VI memiliki pola persebaran kebisingan berwarna merah, berarti menghasilkan intensitas kebisingan yang sangat tinggi. Pada jalur I, V (a), dan area *wire caging* memiliki pola persebaran kebisingan berwarna *orange*, berarti

menghasilkan intensitas kebisingan tinggi. Sedangkan pada jalur III dan jalur IV memiliki pola persebaran kebisingan berwarna kuning, yang artinya pada jalur III dan IV menghasilkan intensitas kebisingan yang cukup tinggi.



Gambar 4. Peta Contour Kebisingan 3D pada Area Puncak Kebisingan

Berdasarkan Gambar 5, dapat diketahui bahwa intensitas kebisingan tertinggi dapat dilihat pada puncak – puncak kontur yang berwarna merah. Tingkat kebisingan yang kuat disebabkan karena penggunaan mesin-mesin yang digunakan dalam aktivitas produksi seperti mesin internal dan eksternal *vibrator*, *hopper cor*, *spinning*, *impact tool*, *baching plant*, mesin *heading*, *bar cutter*, dan *wire caging*. Lalu, adanya interaksi antara alat kerja dan benda kerja atau bahan juga dapat menyebabkan sumber kebisingan seperti pengelasan, penyemprotan, pemotongan dan pengencangan baut. Selain itu, proses transportasi dan distribusi material di tempat kerja terutama material padat seperti adonan beton yang berasal dari kerikil, pasir, dan semen juga berkontribusi menimbulkan kebisingan.

Pemetaan kebisingan adalah penggambaran secara visual dari tingkat kebisingan yang ditimbulkan pada tiap-tiap titik pengamatan dimana pengukuran ini akan menghasilkan sebuah peta kontur kebisingan[14]. Pembuatan peta kontur sangat penting dalam pengendalian kebisingan karena membantu memvisualisasikan distribusi tingkat kebisingan di suatu area secara detail.

Dengan peta kontur, dapat diidentifikasi titik-titik yang memiliki tingkat kebisingan tinggi sehingga upaya pengendalian dapat difokuskan pada area tersebut. Selain itu, peta kontur memungkinkan perencanaan dan penerapan strategi mitigasi kebisingan yang lebih efektif, seperti penempatan penghalang suara atau vegetasi, penyesuaian rute lalu lintas, atau perencanaan tata letak bangunan untuk meminimalkan dampak kebisingan pada penduduk. Pengendalian kebisingan dapat difokuskan pada titik – titik kebisingan tertinggi yang telah di visualisasikan oleh peta kontur, sehingga lintasan rambatan kebisingan dapat ditentukan [13].

Berdasarkan hasil penelitian pemetaan kebisingan yang diperoleh di PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan menunjukkan warna kuning bila kadar kebisingan 87,5 – 88,2 dBA pada area jalur III dan jalur IV yang artinya area kerja tersebut masuk kategori cukup tinggi, sehingga pekerja diwajibkan menggunakan APT seperti *ear plug* untuk mencegah terjadinya gangguan pendengaran yang

disebabkan oleh kebisingan yang dihasilkan dari area kerja di sekitarnya. Zona kontur kebisingan berwarna kuning merupakan zona kebisingan cukup tinggi bagi pekerja karena memiliki tingkat intensitas kebisingan di atas ambang batas <85 dBA [15].

Selanjutnya adalah zona kontur kebisingan dengan warna *orange* bila kadar kebisingan 88,3 – 88,9 dBA yaitu pada area jalur I, jalur V (a), dan area *wire caging*, sehingga pekerja harus berhati-hati terhadap risiko bising pada area tersebut, disarankan untuk menggunakan APT yang sesuai dengan risiko bising yang diterima. Zona yang diberi warna *orange* merupakan zona kontur yang artinya tinggi, sehingga pekerja harus berhati-hati / *warning* terhadap risiko yang mereka hadapi, biasanya pekerja diberikan pelindung telinga berjenis *earplug* dan *earmuff* [16].

Selain zona warna kuning dan *orange*, pada penelitian ini terdapat juga zona kontur warna merah bila kadar kebisingan 89 – 89,7 dBA pada area jalur II, jalur V (b), dan jalur VI yang artinya kebisingan di area ini sangat tinggi. Sehingga pekerja diwajibkan untuk memakai APT yang lengkap dalam melakukan pekerjaannya dikarenakan paparan bising yang diterima sudah sangat melebihi NAB kebisingan, selain itu diwajibkan melakukan pengendalian pada zona kontur yang berwarna merah. Zona kontur kebisingan berwarna merah merupakan zona berbahaya bagi pekerja sehingga pada zona ini diperlukan penanganan kebisingan untuk menghindari terjadinya gangguan pendengaran akibat paparan kebisingan yang berlebihan [17].

3.5 Analisis Program *Noise Induced Hearing Loss* (NIHL) di Unit Produksi PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasuruan

Tingkat kebisingan di PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan tergolong tinggi dan melebihi NAB. Namun, tindakan penanggulangan ataupun pencegahan untuk dampak dari kebisingan pada area produksi belum diperhatikan. Pengendalian *noise induced hearing loss* (NIHL) dapat dilakukan dengan Program Konservasi Pendengaran (PKP) atau *Hearing Conservation Program* (HCP). Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, dapat dilakukan program pengendalian *noise induced hearing loss* (NIHL) di PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan sebagai berikut:

1. Monitoring Paparan Kebisingan

Pekerja yang terpajan kebisingan yang ditimbulkan dari proses mesin yang beroperasi diperlukan monitoring pajanan kebisingan. PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan dalam hal ini dapat melakukan tahapan survei kebisingan yang kegiatannya antara lain, identifikasi sumber bising, melakukan

pengukuran sumber bising, hasil pengukuran bising, dan evaluasi hasil pengukuran bising. Identifikasi dan analisis sumber bising dengan menggunakan 2 pendekatan yaitu kualitatif dan kuantitatif. Pada pendekatan kualitatif disini dapat menggunakan *Hazard Identification Risk Assessment and Determining Control* (HIRADC). Sedangkan, pada pendekatan kuantitatif dilakukan pengukuran tingkat kebisingan yang ada pada area kerja dan pekerja yang terpapar bising dengan alat *Sound Level Meter* (SLM).

Pengukuran ini dilakukan oleh pihak internal Sistem Perlengkapan Pembinaan K3 (SPPK) dan pihak eksternal. Pengukuran kebisingan dilakukan dengan memperkirakan posisi telinga pekerja lalu alat diarahkan ke mesin yang menimbulkan kebisingan dan diletakkan pada posisi yang mewakili tempat para pekerja bekerja. Sedangkan, untuk pengukuran kebisingan personal dilakukan dengan menggunakan *personal noise dosimeter* yang telah dikalibrasi, kemudian dipasang di pakaian operator yang berdekatan dengan sumber pendengaran (telinga) sesuai dengan aturan yang OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) dan ACGIH (*Association Advancing Occupational and Environmental Health*) yang berlaku. Terdapat 2 metode untuk pengukuran kebisingan ini yaitu secara sesaat dan selama 8 jam kerja.

2. Pengendalian Kebisingan

Pengendalian kebisingan adalah suatu upaya yang dilakukan untuk memperkecil kebisingan agar mencapai kearah tingkat bising yang diperkenankan. PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan telah menganalisis beberapa pengendalian kebisingan melalui dokumen IPBR pada *hierarchy of control*, namun pada implementasi nya masih sangat kurang dan tidak dijalankan. Oleh karena itu upaya pengendalian harus dilakukan evaluasi dan mempertegas pelaksanaannya, adapun usulan pengendalian kebisingan berdasarkan *hierarchy of control* adalah sebagai berikut :

a. Eliminasi

Pada tahap ini PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan tidak dapat melakukannya dikarenakan tidak memungkinkan mengeliminasi/menghilangkan mesin-mesin besar dan peralatan produksi yang merupakan peralatan utama yang digunakan untuk proses produksi.

b. Substitusi

Pengendalian ini dimaksudkan untuk menggantikan bahan-bahan dan peralatan yang berbahaya dengan bahan-bahan dan peralatan yang kurang berbahaya atau yang

lebih aman, sehingga pemaparannya selalu dalam batas yang masih bisa ditoleransi atau dapat diterima. Namun, pada tahap substitusi di PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan tidak mungkin dilakukan karena mesin besar dan peralatan produksi tersebut tidak bisa diganti dengan peralatan yang lain.

c. Rekayasa teknik

Adapun beberapa rekomendasi penanggulangan kebisingan secara rekayasa teknik yang dapat dilakukan PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan adalah sebagai berikut :

- Memasang penghalang bunyi (sound barrier) di sepanjang jalur transmisi kebisingan.
- Memisahkan operator dalam sound proof room dari mesin yang bising dengan penggunaan remote control (pengendalian jarak jauh).
- Memasang selubung atau penutup pada mesin/peralatan yang bising untuk mengurangi penyebaran suara.
- Menggunakan tirai akustik di sekitar area bising untuk menyerap dan memblokir kebisingan.
- Menggunakan teknologi noise cancellation aktif yang dapat mengurangi kebisingan dengan memproduksi gelombang suara yang berlawanan fase dengan sumber kebisingan.

d. Administratif

Beberapa jenis pengendalian administratif yang dapat dilakukan oleh PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan antara lain:

- Bekerja sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP).
- Pemasangan rambu bahaya paparan kebisingan dan rambu NAB kebisingan.
- Melakukan rotasi kerja, agar tidak terpapar kebisingan dalam waktu lama secara terus-menerus.
- Buat prosedur kerja yang mewajibkan penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti earplug atau earmuff saat bekerja di area bising.
- Memberlakukan sanksi bagi pekerja yang melanggar ketentuan perusahaan terkait pengendalian bahaya bising.
- Pemeriksaan kesehatan pekerja yang dilakukan secara berkala.
- Mendesain ulang tata letak pabrik, dengan menempatkan mesin-mesin yang berisik di area yang jauh dari

- pekerja atau mengelompokkan mesin berisik di satu area yang terisolasi.
- Memberikan pelatihan dan edukasi kepada karyawan mengenai bahaya kebisingan dan pentingnya penggunaan APD.
 - Melakukan pengukuran kebisingan secara rutin di berbagai area pabrik untuk memantau tingkat kebisingan.
- e. APD
PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan sudah menyediakan alat pelindung diri yang lengkap untuk setiap pekerja sesuai dengan bahaya dan risiko yang dihadapi pekerja di area kerjanya, APD ini berpusat di SPPK. Penggunaan alat pelindung diri wajib yang digunakan di PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan adalah *safety helmet*, *safety shoes*, dan *safety vest*. Sedangkan, khusus untuk pekerja terpajan oleh suara bising yaitu *earplug*, *earmuff*.
3. Tes Audiometri Berkala
PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan melakukan tes audiometri sebagai bagian dari *Medical Check Up* (MCU) kepada pekerja baru dan secara berkala bagi pekerja yang terpajan bising setiap tahun. Selain tes *pre-employe*, pekerja juga melakukan tes audiometri tahunan (*annual*) dan *post-employe*. Tes audiometri dilakukan kepada semua pekerja saat *pre-employe* sebagai data *baseline*, dan pekerja diharuskan terbebas dari paparan bising 18-24 jam sebelum tes. Jika hasil tes menunjukkan gangguan, dokter perusahaan akan memantau kondisi sebelum mendiagnosis Penyakit Akibat Kerja (PAK), sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 56 Tahun 2016.
4. Perlindungan Pendengaran
Perusahaan mewajibkan pekerja di area bising menggunakan alat pelindung telinga sesuai tingkat kebisingan. *Earplug* digunakan di area dengan kebisingan 85-94 dB, terbuat dari bahan sekali pakai atau berulang kali pakai, dan mampu mengurangi suara hingga 26 dB. *Earmuff* digunakan di area dengan kebisingan 95-99 dB, mampu mengurangi suara hingga 30 dB, dan melindungi telinga dari benturan. Pada area dengan kebisingan lebih dari 99 dB, pekerja harus menggunakan earplug dan earmuff bersama-sama. Meskipun PT. Wijaya Karya Beton menyediakan alat pelindung telinga yang sesuai standar, penerapannya oleh pekerja masih kurang optimal.
5. Pendidikan Pekerja
Sebelum melakukan tindakan protektif, pekerja harus mengerti bahwa mereka berisiko terhadap NIHL dan membuat pilihan untuk melakukan pencegahan. Oleh karena itu, perusahaan perlu melakukan upaya peningkatan pengetahuan pekerja melalui pendidikan dan komunikasi untuk mengubah perilaku pekerja. Intervensi dapat dilakukan dengan melakukan pelatihan dan sosialisasi penggunaan APT dan edukasi bahaya kebisingan, membuat poster, pendistribusian APT, dan memperbaiki kepatuhan pekerja dalam penggunaan APT.
6. Pencatatan dan Pelaporan Data
Pencatatan dan pelaporan data PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan belum memiliki sistem pencatatan dan pelaporan terkait Program Konservasi Pendengaran (PKP) secara sistematis. Perusahaan memiliki dokumen tentang IPBR dan pengukuran kebisingan di area lingkungan kerja. Selain itu, evaluasi tentang Program Konservasi Pendengaran (PKP) ini belum dilakukan karena program khusus ini secara terstruktur dan sistematis belum diterapkan pada PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan.
Dengan nantinya terlaksana program Konservasi Pendengaran (PKP), tentu beriring juga dengan pelaksanaan pencatatan dan pelaporan yang secara sistematis dan rutin di PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan.
- Kehilangan pendengaran akibat bising atau *Noise Induced Hearing Loss* (NIHL) merupakan masalah kesehatan yang serius di lingkungan industri, termasuk di Unit Produksi PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasuruan. NIHL terjadi karena paparan berkepanjangan terhadap kebisingan yang melebihi ambang batas aman. Mengingat pentingnya kesehatan pekerja dan dampak ekonomi dari kehilangan pendengaran, program pencegahan NIHL menjadi sangat penting untuk diimplementasikan di setiap unit produksi. Kebisingan dengan intensitas di atas 85 desibel (dB) dapat menyebabkan kerusakan pada pendengaran jika terpapar secara terus-menerus [18]. Pada pekerja operator di departemen operasi, pekerja di lingkungan industri yang bising memiliki risiko lebih tinggi untuk mengalami NIHL [19]. Di PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasuruan, mesin-mesin produksi sering menghasilkan kebisingan yang tinggi, sehingga program NIHL diperlukan untuk melindungi kesehatan pendengaran para pekerja. Pekerja di sektor manufaktur memiliki prevalensi NIHL yang signifikan dibandingkan dengan populasi umum [20]. Intervensi yang efektif, seperti penggunaan alat pelindung telinga dan pendidikan pekerja, dapat mengurangi prevalensi NIHL di kalangan pekerja industri [21].

Implementasi program NIHL di unit produksi ini melibatkan beberapa langkah kunci. Pertama, evaluasi kebisingan di tempat kerja untuk mengidentifikasi area yang memerlukan tindakan pencegahan. Kedua, menyediakan alat pelindung telinga yang sesuai dan memastikan pekerja menggunakannya dengan benar. Ketiga, pendidikan dan pelatihan tentang bahaya kebisingan dan cara melindungi pendengaran. Keempat, melakukan monitoring dan evaluasi berkala untuk memastikan efektivitas program.

Manfaat dari program NIHL tidak hanya terbatas pada kesehatan pekerja, tetapi juga mencakup aspek ekonomi. Pekerja dengan pendengaran yang baik cenderung memiliki produktivitas yang lebih tinggi dan lebih sedikit mengalami absensi[22]. Selain itu, perusahaan dapat menghindari biaya medis dan kompensasi terkait NIHL, serta meningkatkan citra perusahaan sebagai tempat kerja yang peduli terhadap kesehatan dan keselamatan karyawan[23]. Sebuah studi kasus di sebuah pabrik otomotif menunjukkan bahwa implementasi program NIHL yang komprehensif berhasil mengurangi insiden NIHL hingga 50% dalam waktu lima tahun[24]. Hal ini menunjukkan bahwa dengan komitmen dan pendekatan yang tepat, program NIHL dapat memberikan hasil yang signifikan dan berkelanjutan.

Mengimplementasikan program NIHL di PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasuruan adalah langkah penting untuk melindungi kesehatan pendengaran pekerja. Dengan mengikuti teori dan penelitian sebelumnya, perusahaan dapat mengembangkan strategi yang efektif untuk mencegah NIHL. Selain itu, program ini tidak hanya akan meningkatkan kesejahteraan pekerja, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi bagi perusahaan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kebisingan di PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasuruan bersumber dari alat dan mesin yang digunakan selama proses produksi. Intensitas kebisingan di area unit produksi beton melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) dengan rentang kebisingan antara 87,5 hingga 89,7 dBA. Kebisingan tertinggi tercatat pada jalur II dengan intensitas 89,7 dBA. Pengukuran dilakukan secara menyeluruh pada tiga area kerja, yaitu *batching plant*, buka jalur, dan *wire caging*, dengan rata-rata intensitas kebisingan sebesar 89,7 dBA. Hasil pemetaan kebisingan menunjukkan bahwa seluruh jalur produksi mengalami kebisingan yang melebihi baku mutu. Selain itu, belum ada upaya penanggulangan kebisingan di area produksi, sehingga diperlukan rekomendasi program pencegahan *Noise Induced Hearing Loss* (NIHL) di PT Wijaya Karya Beton Tbk. PPB Pasuruan.

Ucapan Terimakasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga dan pihak PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan. Penulis ingin menyampaikan bahwa risiko kebisingan sangat membahayakan bagi pekerja, oleh karena itu dengan adanya peta kebisingan serta rekomendasi program Noise Induced Hearing Loss (NIHL) dapat membantu dalam menangani kebisingan yang ada di unit produksi PT. Wijaya Karya Beton, Tbk. PPB Pasuruan.

Daftar Rujukan

- [1] P. Sukapto and H. Djojosebroto, "Penerapan Peraturan Pemerintah no. 50 tahun 2012 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja untuk meningkatkan kinerja industri tekstil: studi kasus pada industri tekstil di Bandung," *Res. Report-Engineering Sci.*, vol. 2, 2013.
- [2] H. P. Asih, "Penerapan Program NIHL (Noise Induced Hearing Loss) Di PT. Petrokimia Gresik." Universitas Airlangga, 2022.
- [3] WHO, "Deafness and hearing loss." 2024, 2024.
- [4] M. Plappert *et al.*, "Parameter space noise for exploration," *arXiv Prepr. arXiv1706.01905*, 2017.
- [5] A. Salsabila, "Analisis Tingkat Kebisingan dan Pengendalian Risiko Kebisingan Berdasarkan Metode Noise Mapping dan Niosh." Universitas Islam Indonesia, 2024.
- [6] Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5," *Peratur. Menteri Ketenagakerjaan Republik Indones. Nomor 5 Tahun 2018 Tentang Keselam. Dan Kesehat. Kerja Lingkung. Kerja*, no. 567, pp. 1–69, 2018, [Online]. Available: <https://indolabourdatabase.files.wordpress.com/2018/03/permenaker-no-8-tahun-2010-tentang-apd.pdf>.
- [7] M. Ir Julianus Hutabarat, *Dasar-dasar pengetahuan ergonomi*. Media Nusa Creative (MNC Publishing), 2021.
- [8] N. Fanny, "Analisis pengaruh kebisingan terhadap tingkat konsentrasi kerja pada tenaga kerja di bagian proses PT. Iskandar Indah Printing Textile Surakarta," *Infokes J. Ilm. Rekam Medis dan Inform. Kesehat.*, vol. 5, no. 1, 2015.
- [9] V. Sari, "Pengaruh Intensitas Kebisingan Terhadap Gangguan Pendengaran, Gangguan Psikologis dan Gangguan Komunikasi pada Pekerja di PT. Maruki International Indonesia Makassar Tahun 2020," *Wind. Public Heal. J.*, vol. 2, no. 6, pp. 1012–1022, 2021.
- [10] E. K. O. Siswanto, "Hubungan Intensitas Kebisingan Terhadap Nilai Ambang Dengar Pada Pekerja Di Bagian Produksi Putar (Concrete Spun Pile) PT Adhi Persada Beton Pabrik Sadang Purwakarta." Universitas Mercu Buana Bekasi, 2018.
- [11] M. A. D. Sucipto and M. Y. P. Putra, "Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Dan Operasional Di Area Batching Plant," 2020.
- [12] E. D. A. Rahmawati, "Dampak Intensitas Kebisingan terhadap Gangguan Pendengaran (Auditory Effect) pada Pekerja di Pabrik I PT Petrokimia Gresik," 2015.
- [13] N. A. Silviana, N. Siregar, M. Banjarnahor, and S. Munte, "Pengukuran dan pemetaan tingkat kebisingan pada area produksi," *J. Ind. Manuf. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 161–166, 2021.
- [14] M. I. Ramli, M. Hustim, and U. Ariani, "Analisis tingkat kebisingan pada kawasan perbelanjaan (mall) di Kota Makassar dan dampaknya terhadap lingkungan,"

- J. Tek. Lingkungan. Hidup*, 2014.
- [15] N. Nofirza and S. Sepriantoni, "Analisa Intensitas Kebisingan dengan Pendekatan Pola Sebaran Pemetaan Kebisingan di Pt. Ricry Pekanbaru." 2015.
- [16] A. Ramadoni, J. Jumingin, and S. C. Sihombing, "Pemetaan Kebisingan Menggunakan Software Golden Surfer 11 di Kawasan Universitas PGRI Palembang," *Sainmatika J. Ilm. Mat. dan Ilmu Pengetah. Alam*, vol. 18, no. 2, pp. 146–153, 2021.
- [17] R. Afrizal and F. J. Anggraini, "Intensitas Bising dan Pemetaan Kebisingan dengan Surfer 13 di Lingkungan Kerja PT Hok Tong Jambi," *Rekayasa Hijau J. Teknol. Ramah Lingkung.*, vol. 6, no. 3, pp. 197–207, 2022.
- [18] F. Lintong, "Gangguan Pendengaran Akibat Bising," *J. Biomedik JBM*, vol. 1, no. 2, 2009.
- [19] D. N. Rina, T. Sukwika, and S. Abdullah, "Gangguan fungsi pendengaran pekerja operator di kawasan bising departemen operasi," *J. Appl. Manag. Res.*, vol. 1, no. 2, pp. 78–88, 2021.
- [20] H. Ibrahim, S. Basri, and Z. Hamzah, "Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Keluhan Gangguan Pendengaran Pada Tenaga Kerja Bagian Produksi PT. Japfa Comfeed Indonesia, Tbk. Unit Makassar Tahun 2014," *Al-Sihah Public Heal. Sci. J.*, 2016.
- [21] A. P. Sari, R. D. Ariwangsy, W. B. Martono, and I. D. Kurniati, "Hubungan Tingkat Pengetahuan Mengenai Noise Induced Hearing Loss Terhadap Kepatuhan Penggunaan Alat Pelindung Telinga Pada Pekerja Pt. Kayu Perkasa Raya," *J. Ilmu Kedokt. dan Kesehat.*, vol. 10, no. 11, pp. 3248–3253, 2023.
- [22] A. Ashary I, "Faktor Yang Berhubungan Dengan Gangguan Pendengaran Pekerja Pada Proses Sandblasting Di Pt. Industri Kapal Indonesia (Persero) Kota Makassar Tahun 2021= Factors Related To Worker Hearing Disorders In The Sandblasting Process At Pt Industri Kapal Indonesia." Universitas Hasanuddin, 2022.
- [23] A. Agustin and D. Erwandi, "Faktor risiko terhadap terjadinya nihl (noise injury hearing loss) di industri," *J. Cahaya Mandalika ISSN 2721-4796*, vol. 3, no. 2, pp. 947–960, 2023.
- [24] T. K. Ngcipe, "Perceptions of employees at an automotive-manufacturing company regarding the use of hearing-protection devices," 2020.



Analisis Daya Serap Air *Paving Block* Dengan *Polyethylene Terephthlate* Sebagai Pengganti Semen

Fauzi Al Hidayat¹, Andi Marini Indriani², Fachruddin Harami³, Gunaedy Utomo⁴
^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Balikpapan
¹fauzi.alhidayat01@gmail.com*, ²andi.marini@uniba-bpn.ac.id*, ³fachruddin.uniba@gmail.com*,
⁴gunaedy@uniba-bpn.ac.id

Abstract

Plastic waste is one of the main challenges faced by Indonesian society. Plastic drinking bottles are one of the largest sources of waste, and it is estimated that the total amount of plastic waste worldwide will reach 12,000 million tons by 2050. So there needs to be an effort to recycle the plastic. In this study, PET plastic was used as a substitute for cement in paving blocks. The purpose of this research is to evaluate whether paving blocks using a mixture of PET plastic and sand can meet the requirements of water absorption according to SNI 03-0691-1996 standard. The comparison between PET plastic and sand is 10% : 90%, 20% : 80%, 30% : 70%, 40% : 60%, 50% : 50%, with temperatures of 240°C, 260°C, 280°C. The absorption of paving blocks by utilizing Polyethylene Terephthalate (PET) plastic as a substitute for cement decreased as the PET plastic increased. The lowest absorption was found in the 30% variation at 280°C with a value of 0.18%. The 10% plastic variation at each different temperature obtained more than 10% absorption, where the results did not meet the quality of SNI 03-0691 (1996). While the addition of 20%, 30%, 40% and 50% plastic obtained a value below 1% which means it meets the quality of A in SNI 03-0691 (1996).

Keywords: Paving Block, Polyethylene Terephthlate, Water Absorption Capacity

Abstrak

Permasalahan sampah plastik menjadi salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh masyarakat Indonesia. Botol minum plastik merupakan salah satu sumber limbah terbesar dan diperkirakan jumlah total sampah plastik di seluruh dunia akan mencapai 12.000 juta ton pada tahun 2050. Sehingga perlu adanya upaya untuk mendaur ulang plastik tersebut. Dalam penelitian ini, plastik PET digunakan sebagai pengganti semen dalam paving block. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi apakah paving block yang menggunakan campuran plastik PET dan pasir dapat memenuhi persyaratan penyerapan air sesuai standar SNI 03-0691-1996. Perbandingan antara plastik PET dengan pasir yaitu 10% : 90%, 20% : 80%, 30% : 70%, 40% : 60%, 50% : 50%, dengan temperatur 240°C, 260°C, 280°C. Penyerapan paving block dengan memanfaatkan plastik Polyethylene Terephthalate (PET) sebagai pengganti semen mengalami penurunan seiring bertambahnya plastik PET. Penyerapan paling rendah terdapat pada variasi 30% temperatur dengan nilai 280°C dengan nilai 0,18%. Variasi plastik 10% pada setiap temperatur yang berbeda memperoleh penyerapan lebih dari 10% dimana hasil tersebut tidak memenuhi mutu SNI 03-0691 (1996). Sedangkan pada penambahan 20%, 30%, 40% dan 50% plastik memperoleh nilai dibawah dari 1% yang berarti memenuhi mutu A pada SNI 03-0691 (1996).

Kata kunci: Paving Block, Polyethylene Terephthlate, Daya Serap Air

Diterima Redaksi : 2024-10-12 | Selesai Revisi : 2024-10-17 | Diterbitkan Online : 2025-08-04

1. Pendahuluan

Permasalahan sampah plastik menjadi salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh masyarakat Indonesia [1]. Salah satu kategori sampah yang mendapat perhatian secara nasional dan global adalah sampah plastik [2]. Plastik kemasan dan wadah, seperti

botol minum plastik, merupakan salah satu sumber limbah terbesar dan diperkirakan jumlah total sampah plastik di seluruh dunia akan mencapai 12.000 juta ton per tahun [3]. Penggunaan plastik di Kota Balikpapan itu sendiri sangat umum dalam aktivitas sehari-hari, seperti kemasan minuman dan kantong belanja, sehingga



Lisensi
Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

sampah plastik mencapai 17% dari total sampah dan menempati urutan ketiga setelah sampah organik dan kertas [4]. Polyethylene dihasilkan melalui proses polimerisasi, di mana molekul-molekul gas etilena bergabung membentuk rantai panjang molekul hingga menjadi plastik (polimer) [5]. Bahan dasar plastik yang sulit terurai memerlukan penanganan yang tepat dengan meningkatkan nilai fungsionalnya, selain mendaur ulang [6]. Dampak negatif plastik terhadap lingkungan saat ini mendorong banyak ilmuwan untuk mencari solusi dengan mengubah sifat-sifatnya, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengganti dalam pembuatan produk konstruksi [7]. Sifat plastik yang kuat, tahan lama, dan mudah dibentuk membuatnya berguna untuk berbagai keperluan [8]. Penggunaan plastik PET pada beton adalah inovasi yang membantu mengurangi penggunaan sumber daya alam, karena beton merupakan material konstruksi yang fleksibel, kuat, dan hemat biaya [9]. Dengan tujuan menciptakan inovasi baru sebagai bahan campuran pada paving block yang lebih mudah dimanfaatkan dan diperoleh, dilakukan berbagai penelitian. Satu opsi praktis yang bisa dijalankan adalah dengan melakukan pemotongan, peleburan, dan pencampuran sampah plastik [10]. Dari studi yang berasal dari Bhutan, Daur ulang sampah plastik sebagai alternatif untuk mengurangi dampak lingkungan. Plastic Waste digunakan sebagai bahan pengikat dalam pembuatan paver block tanpa semen. Paver block terdiri dari campuran berbagai jenis *Plastic Waste* dengan agregat halus alami dalam proporsi yang berbeda. Proporsi *Plastic Waste* dalam berbagai proporsi 40%, 50%, 60% dan 70% digunakan untuk menggantikan semen menunjukkan potensi penyerapan air rendah dan keausan permukaan yang minimal [11]. Kelemahan utama pada beton yang membuatnya rentan terhadap penetrasi air adalah keberadaan pori-pori dalam jumlah besar, yang mengakibatkan penurunan kekuatannya. Kelemahan utama pada beton yang membuatnya rentan terhadap penetrasi air adalah keberadaan pori-pori dalam jumlah besar, yang mengakibatkan penurunan kekuatannya [12].

Dalam penelitian ini, dilakukan percobaan terhadap uji daya serap menggunakan plastik *Polyethelene Terephthalate* (PET) sebagai bahan perekat.

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Balikpapan. Plastik yang digunakan pada penelitian ini berfungsi sebagai campuran pengganti semen pada paving block. Pengujian paving block ini mengacu pada SNI 03-0691-1996 [13] tentang standar Batu Beton (*Paving Block*).

2.1. Tahapan Penelitian

2.1.1 Persiapan Material

Uji material dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan sifat yang ada pada bahan dengan standar yang berlaku. Pengujian dilakukan pada material agregat halus saja dikarenakan pada penelitian ini hanya menggunakan komposisi pasir dan plastik sebagai pengganti semen. Pengujian agregat halus antara lain yaitu analisa saringan, berat jenis, penyerapan air, kadar air, dan uji pemadatan standar.

2.1.2 Persiapan dan Percetakan *Paving Block*

Dilakukannya perhitungan untuk mendapatkan campuran yang optimal melalui *trial and error*. Pada pencarian berat plastik untuk paving dilakukan dengan membuat satu volume cetakan paving berisikan 100% plastik PET dan didapatkan berat paving plastik yang akan menjadi campuran pengganti semen pada *paving block* yang akan direncanakan. Pelelehan plastik yang akan dilakukan memiliki beberapa variasi temperatur yaitu 240°C, 260°C dan 280°C. Plastik yang direncanakan untuk pencampuran sampel dibagi menjadi beberapa variasi yaitu 10%;90% ,20%;80% ,30%;70%, 40%;60% pasir, dan 50%;50% (plastik ; pasir).

Bentuk dan ukuran cetakan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Bentuk dan Ukuran Cetakan

Bentuk	Ukuran	Volume
Hexagon		2993cm ³

2.1.3 Pembuatan Sampel

Tahap pembuatan sampel dilakukan dengan mengikuti variasi yang telah ditentukan sebelumnya. Plastik akan dipanaskan sesuai dengan temperatur yang telah ditentukan bersamaan dengan pasir yang juga dipanaskan. Setelah kedua material telah mencapai suhu yang telah ditentukan, pasir dituangkan ke dalam lelehan plastik lalu diaduk bersamaan hingga tercampur merata. Sebelum dimasukkan ke cetakan, cekatakan dipanaskan terlebih dahulu diatas kompor agar campuran tidak mudah mengering saat dipadatkan.

Tabel 2. Variasi Campuran *Paving Block* PET

Bentuk	Variasi Campuran <i>Paving Block</i> PET		
	240°C	260°C	280°C
Hexagon	10;90	10;90	10;90
	20;80	20;80	20;80
	30;70	30;70	30;70
	40;60	40;60	40;60
	50;50	50;50	50;50
	50;50	50;50	50;50

2.1.4 Pengujian Daya Serap Air

Pengujian sampel dilakukan dengan menimbang berat awal dan berat setelah perendaman dalam bak berisi air selama 24 jam untuk mendapatkan nilai perbandingan daya serap pada variasi yang telah ditentukan. Berikut adalah perhitungan daya serap air menurut SNI 03-0691 (1996) [13].

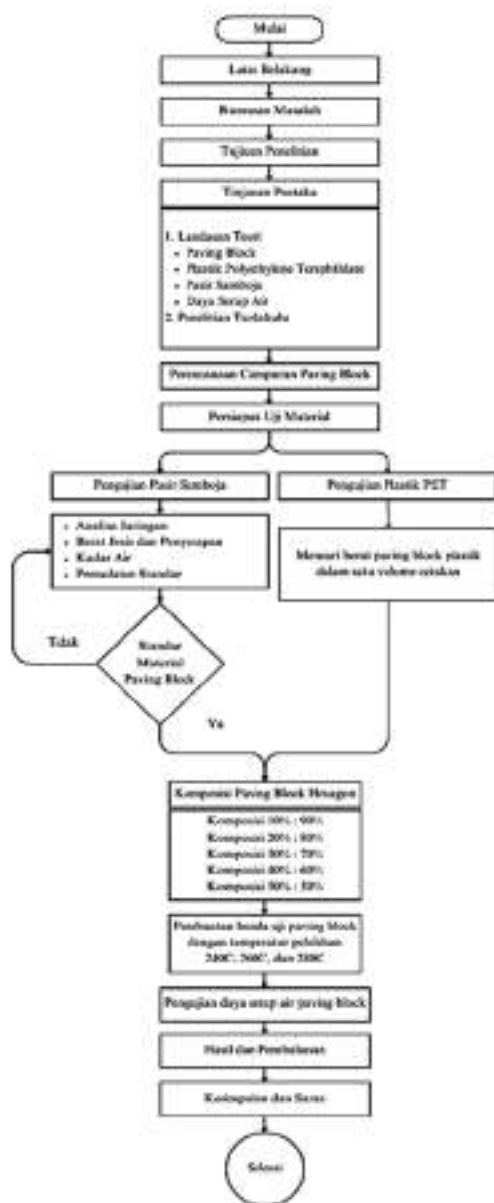
$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

A = Berat *paving block* basah

B = Berat *paving block* kering

2.2 Alur Penelitian



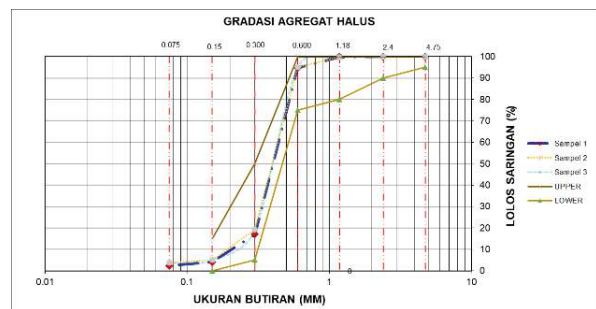
Gambar. 1 Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

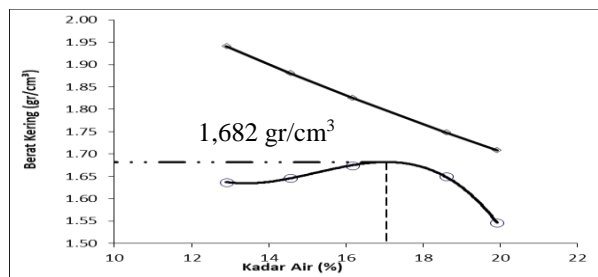
3.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Tabel 3. Data Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil
1	Analisa Saringan	Gradasi IV
2	Berat Jenis	2,5
3	Penyerapan Air	0,9
4	Kadar Air	2,44
5	Uji Pemadatan Standar	1,682



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Butiran Terhadap Persentase Losos Saringan Untuk Saringan Untuk Saringan Halus



Gambar 3. Grafik Hubungan Berat Isi Kering Dengan Kadar Air

Hasil daripada pengujian analisa saringan pada Tabel 3 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa agregat halus pasir Samboja memenuhi kriteria daerah IV dengan kategori jenis pasir halus dikarenakan hasil pengujian agregat halus berada diantara batas atas (*Upper*) dan batas bawah (*Lower*). Dapat disimpulkan pasir Samboja telah memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun *paving block*. Sedangkan pada Gambar 3, diketahui bahwa berat kering optimal pasir sebesar 1,682 gr/cm³.

3.2 Berat Plastik PET

Didapatkan berat plastik setelah membuat paving dengan material plastik dalam satu volume cetakan hexagon yaitu diperoleh sebesar 3076g/cm³. Kemudian dari hasil berat tersebut dikalikan dengan persentase plastik yang sudah direncanakan.

3.3 Berat Pasir

Berat pasir diperoleh melalui uji pemadatan standar. Setelah mendapatkan nilai kepadatan maksimum (MDD) senilai 1,682gr/cm³ kemudian dikalikan dengan luas volume dari cetakan *paving block*. Lalu dikalikan

lagi dengan persentase yang telah direncanakan Berat pasir didapat.

3.3 Komposisi Campuran Paving Block PET

Setelah mendapati berat plastik dalam satu cetakan dan berat pasir dalam satu cetakan, maka dapat dibuat untuk komposisi persentase yang digunakan untuk membuat paving block PET seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Campuran Paving Block PET

Bentuk	Variasi (%)	Jumlah Sampel	Berat Plastik (gram)	Berat Pasir (gram)
Hexagon	10:90	3	307	4531
	20:80	3	613	4027
	30:70	3	920	3524
	40:60	3	1227	3021
	50:50	3	1534	2517

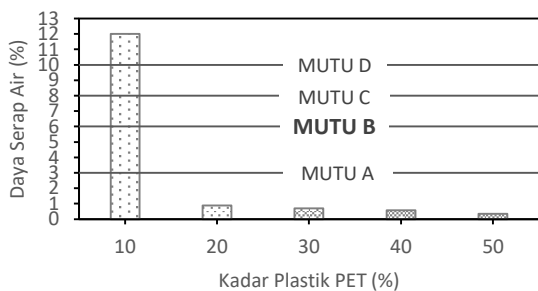
3.4 Hasil Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan untuk menghitung seberapa besar paving block PET mampu menyerap air. Hasil dari uji daya serap air paving block PET dapat dilihat sebagai berikut:

a) Hasil Uji Daya Serap Paving Block Bentuk Hexagon Temperatur 240°C

Tabel 5. Hasil Uji Daya Serap Air Paving Block PET Pada Temperatur 240°C

No.	Variasi Campuran PET:Pasir	Berat (g)		Penyerapan Air Rata-rata (%)
		Basah (A)	Kering (B)	
1.	10:90	5526	4829	14,43
2.	20:80	4669	4633	0,78
3.	30:70	4458	4435	0,51
4.	40:60	4256	4240	0,36
5.	50:50	4053	4044	0,23



Gambar 4. Rata-rata Penyerapan Air Paving Block PET Pada Temperatur 240°C

Menurut Tabel 5 dan Gambar 4. Hasil uji coba setelah perendaman 24 jam menunjukkan bahwa campuran 10% PET : 90% pasir memiliki penyerapan tertinggi sebesar 14,43%. Pada campuran 20% PET : 80% pasir, penyerapan turun signifikan sebesar 94,8% menjadi 0,78%. Campuran 50% PET : 50% pasir memiliki penyerapan terendah, yaitu 0,23%. Campuran 10% PET belum memenuhi standar penyerapan, sedangkan campuran 20% hingga 50% memenuhi standar kategori

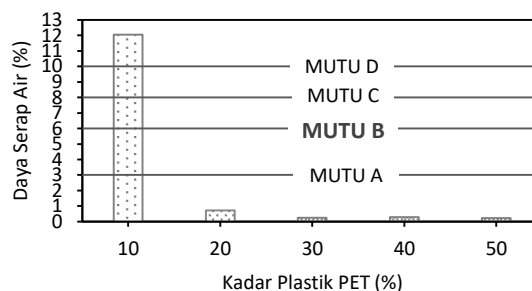
DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v6i2.1004>

mutu A dengan maksimum penyerapan 3%. Penelitian ini serupa dengan [14], menunjukkan tren penurunan penyerapan; pada penambahan 10% diperoleh 8,71%, diikuti penurunan signifikan sebesar 2% pada 20%, dan penurunan lebih lanjut hingga penambahan plastik mencapai 50%.

b) Hasil Uji Daya Serap Paving Block Bentuk Hexagon Temperatur 260°C

Tabel 6. Hasil Uji Daya Serap Air Paving Block PET Pada Temperatur 260°C

No.	Variasi Campuran PET:Pasir	Berat (g)		Penyerapan Air Rata-rata (%)
		Basah (A)	Kering (B)	
1.	10:90	5414	4832	12,05
2.	20:80	4666	4633	0,73
3.	30:70	4448	4437	0,24
4.	40:60	4251	4239	0,29
5.	50:50	4053	4045	0,21



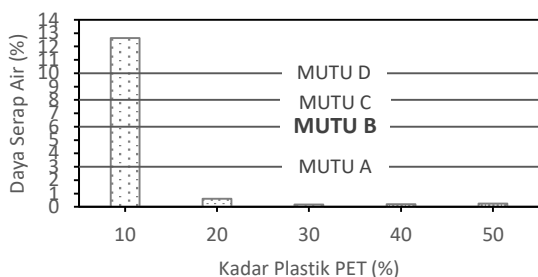
Gambar 5. Rata-rata Penyerapan Air Paving Block PET Pada Temperatur 260°C

Berdasarkan Tabel 6. Dan Gambar 5. hasil pengujian menunjukkan bahwa daya serap air terbesar pada paving block terjadi pada campuran 10% PET : 90% pasir (12,05%). Penyerapan menurun signifikan pada campuran 20% PET : 80% pasir (0,73%), 30% PET : 70% pasir (0,24%), lalu terjadi kenaikan pada campuran 40% PET : 60% pasir (0,29%), dan turun lagi pada 50% PET : 50% pasir (0,21%). Campuran PET 10% tidak memenuhi standar, sementara campuran 20% hingga 50% memenuhi standar penyerapan mutu A (maksimal 3%). Penyerapan penelitian ini berbeda dengan [15], Penyerapan terendah terjadi pada campuran 100% plastik. Pada campuran 50% pasir dan 50% plastik, penyerapan sebesar 0,353% tanpa retak. Namun, penelitian lain dengan 50% plastik menunjukkan penyerapan lebih rendah sebesar 0,21% tetapi terjadi keretakan.

c) Hasil Uji Daya Serap Paving Block Bentuk Hexagon Temperatur 280°C

Tabel 7. Hasil Uji Daya Serap Air Bentuk *Paving Block* PET Pada Temperatur 280 °C

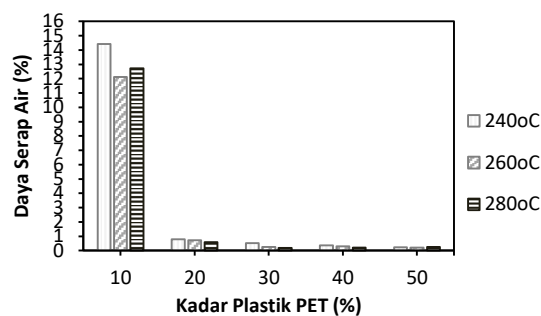
No.	Variasi Campuran PET:Pasir	Berat (g)		Penyerapan Air Rata-rata (%)
		Basah (A)	Kering (B)	
1.	10:90	5444	4834	12,63
2.	20:80	4661	4633	0,60
3.	30:70	4447	4439	0,18
4.	40:60	4252	4243	0,20
5.	50:50	4056	4046	0,25

Gambar 6. Rata-rata Penyerapan Air *Paving Block* PET Pada Temperatur 280 °C

Berdasarkan Pada Tabel 7 dan Gambar 6, menunjukkan hasil pengujian *paving block* wajik dengan temperatur 280°C dan perendaman selama 24 jam. Penyerapan terbesar yaitu dengan campuran variasi 10% PET : 90% pasir dengan nilai penyerapan rata-rata 12,72%, sedangkan nilai terkecil ada pada variasi 30% PET : 70% pasir dengan nilai penyerapan rata-rata 0,18%. Terjadi kenaikan kembali pada variasi 40% PET : 60% pasir dan 50% PET : 50% pasir yaitu dengan nilai 0,20 dan 0,25%. Dari perhitungan penyerapan air rata-rata dapat dilihat bahwa variasi 10% PET : 90% pasir tidak memenuhi standar penyerapan, sedangkan variasi penambahan 20% hingga 50 % PET memenuhi standar penyerapan mutu A. Pada pengujian *paving block* wajik dengan temperatur 280°C ini serupa dengan penelitian [16] Penambahan limbah LDPE hingga mencapai perbandingan 30% LDPE terhadap 70% pasir menyebabkan peningkatan dalam penyerapan air. Fenomena ini dapat dikaitkan dengan pengembangan matriks yang optimal pada perbandingan LDPE terhadap pasir 30:70. Sebagai hasilnya, penyerapan air minimum pada spesimen kontrol teramat pada perbandingan 30% LDPE terhadap 70% pasir, yakni sebesar 2,16%.

d) Perbandingan Daya Serap Air Berdasarkan Temperatur

Pada Gambar 7 menjelaskan bahwa perbandingan hasil uji daya serap *paving block* PET bentuk balok akan dijabarkan sebagai berikut. Pengaturan suhu terhadap campuran *paving block* dapat mempengaruhi kepadatan karena suhu yang tinggi memperlambat proses pengeringan campuran, membuat benda uji menjadi lebih mudah untuk dipadatkan atau diproses secara mekanis.



Gambar 7. Grafik Hubungan Penyerapan Air Rata-rata Berdasarkan Temperatur

Berdasarkan Gambar 7, menunjukkan penambahan persentase plastik penyerapan terbesar pada variasi campuran 10% PET : 90% pasir terdapat pada balok temperatur 240°C dengan nilai rata-rata penyerapan 14,43% dan yang terendah ada pada temperatur 260°C dengan nilai rata-rata penyerapan 12,05%. Berkurangnya daya serap air terjadi pada variasi campuran 20% PET : 80% pasir dengan nilai penyerapan terbesar terdapat pada temperatur 240°C dengan nilai rata-rata penyerapan 0,78% dan terendah pada temperatur 280°C dengan nilai penyerapan rata-rata 0,60%, variasi campuran 30% PET : 70% pasir memiliki nilai daya serap tertinggi terdapat pada temperatur 240°C dengan nilai penyerapan rata-rata 0,51% dan penyerapan terendah yaitu 0,18% terdapat pada temperatur 280°C, variasi campuran 40% plastik : 60% pasir memiliki daya serap paling besar pada temperatur 240°C dengan nilai 0,36% dan yang terendah adalah pada temperatur 280°C dengan nilai penyerapan 0,20%, variasi campuran 50% PET : 50% pasir, pada temperatur 260°C memiliki daya serap yang rendah dibandingkan dua temperatur lainnya dengan nilai daya serap 0,21%. Penelitian ini serupa dengan [17], daya serap air semakin rendah dengan semakin banyaknya penggunaan plastik, bahkan dapat mencapai 0%. *Paving block* yang menggunakan campuran plastik memiliki daya serap air lebih rendah karena sifat plastik yang tidak menyerap air.

4. Kesimpulan

Penyerapan *paving block* dengan memanfaatkan plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) sebagai pengganti semen mengalami penurunan seiring bertambahnya plastik PET. Penyerapan paling rendah terdapat pada variasi 30% temperatur dengan nilai 280°C dengan nilai 0,18%. Variasi plastik 10% pada setiap temperatur yang berbeda memperoleh penyerapan lebih dari 10% dimana hasil tersebut tidak memenuhi mutu (Badan Standarisasi Nasional) SNI 03-0691 (1996). Sedangkan pada penambahan 20%, 30%, 40% dan 50% plastik memperoleh nilai dibawah dari 1% yang berarti memenuhi mutu A pada SNI 03-0691 (1996).

5. Daftar Rujukan

- [1] J. A. Aryasatiani and T. Alfiah, "Potential Reduction Of Low Density Polyethylene (LDPE) Plastic Waste As A Paving Block Mixed Material," 2022, doi: 10.19907/jcepd.202x.xxx.

- [2] S. Agyeman, N. K. Obeng-Ahenkora, S. Assiamah, and G. Twumasi, "Exploiting recycled plastic waste as an alternative binder for paving blocks production," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 11, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.cscm.2019.e00246.
- [3] B. H. Ryu, S. Lee, and I. Chang, "Pervious pavement blocks made from recycled polyethylene terephthalate (PET): Fabrication and engineering properties," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 16, Aug. 2020, doi: 10.3390/SU12166356.
- [4] S. Surya Kusuma, A. Marini Indriani, and G. Utomo, "Pengaruh Penggunaan Polyethylene Terephthalate sebagai Agregat Halus terhadap Kuat Lentur Beton," *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil*, vol. 8, no. 2, pp. 249–254, 2024, doi: 10.32832/komposit.v8i2.15097.
- [5] A. M. I. G. U. Fajriaty Achidah, "Pengaruh Penambahan Cacahan Plastik Pet (Polyethylene Terephthalate) Pada Beton Menggunakan Agregat Kasar Batu Petangis Terhadap Kuat Tekan," 2024.
- [6] J. Gradasi and T. Sipil, "Pengaruh Pengisian Rongga Campuran Aspal Porus Menggunakan Limbah Plastik PET (Polyethylene Terephthalate)," vol. 8, no. 1, pp. 30–39, 2024.
- [7] S. Supit, Priyono, A. Sirun, and M. Astanto, "Study On Pervious Concrete Paving Block Containing Plastic Waste Type Pet As A Sand Replacement," in *Proceedings of International Structural Engineering and Construction*, ISEC Press, 2022. doi: 10.14455/ISEC.2022.9(2).MAT-20.
- [8] J. Gradasi and T. Sipil, "Pengembangan Beton Ringan Agregat Plastik Untuk Sekat Kanal Di Lahan Gambut: Narrative Review," vol. 8, no. 1, pp. 1–11, 2024.
- [9] G. Utomo, A. M. Indriani, and D. I. Damayanti, "The Effect of 0.8% Polyethylene Terephthalate Plastic Waste Substitution on the Flexural Strength on K-175 Concrete," in *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, Mar. 2024. doi: 10.1051/e3sconf/202450002011.
- [10] I. M. Susila, N. P. G. Suardana, C. I. P. K. Kencanawati, I. N. A. Thanaya, and I. W. B. Adnyana, "The Effect Of Composition Of Plastic Waste Low Density Polyethylene (LDPE) With Sand To Pressure Strength And Density Of Sand/Ldpe Composites," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, 2019. doi: 10.1088/1757-899X/539/1/012043.
- [11] K. Tempa *et al.*, "An experimental study and sustainability assessment of plastic waste as a binding material for producing economical cement-less paver blocks," *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 26, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.jestch.2021.05.012.
- [12] M. Šešlija, N. Radović, D. Jovanov, D. Kukaras, A. Starčev-Čurčin, and I. Jokanović, "Possibilities of pervious concrete application in road construction," Aug. 01, 2018, *Strojarski Fakultet*. doi: 10.17559/TV-20160524162507.
- [13] Badan Standarisasi Nasional, "SNI-03-0691-1996" tentang Bata beton (Paving block)."
- [14] M. A. Sultan, A. Tata, and A. Wanda, "Penggunaan Limbah Plastik PP Sebagai Bahan Pengikat Pada Campuran Paving Block," *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 95–102, Oct. 2020, doi: 10.31849/siklus.v6i2.4552.
- [15] M. Rifqi, A. Brizi, A. Rakhmawati, and Y. Armandha, "Pemanfaatan Limbah Plastik Ldpe Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Bata Beton (Paving Block)."
- [16] S. Ahmad *et al.*, "Effect of coconut fiber on low-density polyethylene plastic-sand paver blocks," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 14, no. 8, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.asej.2022.101982.
- [17] N. A. Desyani, A. S. Yuwono, and H. Putra, "Assessing the Performance of Melted Plastic as a Replacement for Sand in Paving Block," *Advances in Technology Innovation*, vol. 8, no. 3, pp. 219–228, 2023, doi: 10.46604/aiti.2023.11508.



Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Terhadap Nilai Koefisien Permeabilitas Tanah Lempung Organik

Muhammad Muis Fauzi¹, Andi Marini Indriani², Gunaedy Utomo³

^{1,2,3}Universitas Balikpapan

¹muhammadmuisfauzi@gmail.com, ²andi.marini@uniba-bpn.ac.id, ³gunaedy@uniba-bpn.ac.id

Abstract

The role of soil is very crucial and is always closely related to infrastructure development. This is because soil functions as the basis for building construction, serving to receive and support the structural loads placed on it. In high rainfall weather conditions, the surface of the slope is susceptible to landslides. Landslides occur due to excessive water infiltration, causing the soil to become weak and collapse. To prevent landslides, efforts need to be made to reduce soil infiltration or permeability. The purpose of this study was to determine the characteristics of the addition of Fly Ash to the permeability of organic clay soil and to determine the optimum composition of the addition of Fly Ash to reduce the permeability coefficient value. The addition of variations in the percentage of Fly Ash was 8%, 16%, and 24% with a curing period of 3 days, 14 days, and 28 days. The test results obtained with the addition of 24% Fly Ash resulted in a decrease in the permeability coefficient value of 84.08% against untreated soil. It can be concluded that the use of Fly Ash can be used as a soil stabilization material, especially in permeability testing.

Keywords: Soil Stabilization, Fly Ash, Permeability

Abstrak

Peran tanah sangat krusial dan selalu terkait erat dengan pembangunan infrastruktur. Ini dikarenakan tanah berfungsi sebagai dasar konstruksi bangunan, bertugas untuk menerima dan menopang beban struktural yang ditempatkan di atasnya. Pada kondisi cuaca curah hujan tinggi permukaan lereng rentan terhadap kelongsoran. Kelongsoran terjadi karena infiltrasi air yang terlalu besar sehingga menyebabkan tanah menjadi lemah dan longsor. Untuk mencegah terjadinya kelongsoran maka perlu dilakukan upaya untuk memperkecil infiltrasi atau permeabilitas tanah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik penambahan *Fly Ash* terhadap permeabilitas tanah lempung organik dan mengetahui komposisi optimum penambahan *Fly Ash* untuk memperkecil nilai koefisien permeabilitas. Penambahan variasi persentase *Fly Ash* ialah 8%, 16%, dan 24% dengan masa peram 3 hari, 14 hari, dan 28 hari. Hasil pengujian yang didapat dengan penambahan 24 % *Fly Ash* menghasilkan penurunan nilai koefisien permeabilitas sebesar 84,08% terhadap tanah *untreated*. Dapat disimpulkan penggunaan *Fly Ash* dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah terutama pada pengujian permeabilitas.

Kata kunci: Stabilisasi Tanah, *Fly Ash*, Permeabilitas

Diterima Redaksi : 2024-10-12 | Selesai Revisi : 2024-10-21 | Diterbitkan Online : 2025-08-04

1. Pendahuluan

Peran tanah sangat krusial dan selalu terkait erat dengan pembangunan infrastruktur. Ini dikarenakan tanah berfungsi sebagai dasar konstruksi bangunan, bertugas untuk menerima dan menopang beban struktural yang ditempatkan di atasnya. Oleh karena itu, tanah perlu memiliki kemampuan daya dukung yang optimal untuk menanggung beban yang bekerja. Dalam perencanaan

konstruksi geoteknik, diperlukan penyelidikan terhadap karakteristik dan kekuatan tanah, terutama sifat-sifat tanah yang memengaruhi kemampuan daya dukungnya dalam menahan beban konstruksi di atasnya [1]

Pada kondisi cuaca curah hujan tinggi permukaan lereng rentan terhadap kelongsoran. Kelongsoran terjadi karena infiltrasi air yang terlalu besar sehingga menyebabkan tanah menjadi lemah dan longsor [2].



Untuk mencegah terjadinya kelongsoran maka perlu dilakukan upaya untuk memperkecil infiltrasi atau permeabilitas tanah, sehingga peneliti tertarik untuk melakukan uji coba penambahan *Fly Ash* dengan beberapa variasi persentase sehingga bisa didapatkan komposisi penambahan *Fly Ash* yang optimum untuk memperkecil nilai permeabilitas [3].

Fly Ash mengandung senyawa kimia seperti silika, oksida besi, dan kalsium. Ketika *Fly Ash* berinteraksi dengan air atau mineral di dalam tanah, dapat membentuk produk yang menghambat aliran air, seperti endapan atau gel. Reaksi kimia ini dapat mengubah sifat hidrolis tanah, sehingga mengakibatkan penurunan permeabilitas secara keseluruhan [4].

Penggunaan *Fly Ash* dalam tanah seringkali bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat teknis tanah, termasuk permeabilitas. Namun pengaruh akhirnya sangat tergantung pada kondisi spesifik dan karakteristik material yang digunakan. Penelitian dan pengujian laboratorium yang cermat diperlukan untuk mengevaluasi secara tepat bagaimana *Fly Ash* akan mempengaruhi permeabilitas tanah dalam konteks proyek konstruksi atau rekayasa sipil [5].

Uji permeabilitas dimaksudkan untuk mengetahui jumlah penetrasi dalam tanah dan bahan penstabil yang digunakan sebagai teknik sipil dan rencana konstruksi. Uji permeabilitas dibagi menjadi dua bagian: tinggi jatuh dan tinggi konstan, metode yang digunakan yaitu constant head.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari penambahan *Fly Ash* terhadap permeabilitas tanah berbutir halus, dan juga untuk mengetahui berapa komposisi optimum penambahan *Fly Ash* untuk memperkecil nilai koefisien permeabilitas.

Pemanfaatan *Fly Ash* dapat digunakan sebagai alternatif yang layak untuk material timbunan berpori karena *Fly Ash* umumnya terdiri dari partikel berukuran lanau dan bersifat sementasi yang dapat membuat butiran tanah menjadi lebih terikat sehingga menyebabkan permeabilitas tanah menurun karena adanya penambahan *Fly Ash* pada tanah [6].

Stabilisasi tanah adalah salah satu metode perbaikan tanah yang melibatkan campuran tanah dengan jenis tanah lain untuk mencapai gradasi yang diinginkan, atau pencampuran tanah dengan bahan tambahan untuk meningkatkan sifat-sifat teknis tanah [7].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai setelah mendapatkan tahapan awal melibatkan studi literatur, termasuk pencarian referensi jurnal, analisis kandungan bahan tambah yang digunakan, dan pemeriksaan metode penelitian yang telah dilakukan. Pengujian yang akan dilakukan pada

tanah yang dicampur dengan *Fly Ash* adalah permeabilitas dengan metode *Constant Head*.

2.1. Bahan Material



Gambar 1. Tanah Lempung Organik



Gambar 2. Fly Ash

2.2. Prosedur Pelaksanaan

Dalam prosedur pelaksanaan yang dilakukan pada saat pengujian sifat fisik tanah agar dapat mengetahui jumlah sampel dan standar rujukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis Tanah

No	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel	SNI
1	Kadar Air	3	SNI 1965-2008
2	Analisa Saringan		SNI 3423-2008
3	Berat Jenis	6	SNI 1964-2008
4	Berat Jenis + <i>Fly Ash</i> 8%		
5	Berat Jenis + <i>Fly Ash</i> 16%		
6	Berat Jenis + <i>Fly Ash</i> 24%		
7	Pemadatan Standar Tanah Untreated	5	SNI 1742:2008
8	Pemadatan Standar + <i>Fly Ash</i> 8%		
9	Pemadatan Standar + <i>Fly Ash</i> 16%		
10	Pemadatan Standar + <i>Fly Ash</i> 24%	1	SNI 6870-2002
11	Permeabilitas Tanah 0%		

No	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel	SNI
12	Permeabilitas + <i>Fly Ash</i> 8%	6	
13	Permeabilitas + <i>Fly Ash</i> 16%		
14	Permeabilitas + <i>Fly Ash</i> 24%		

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini yaitu pengaruh penambahan *Fly Ash* pada stabilisasi tanah organik. Tanah yang dijadikan sampel berasal dari PLTU Teluk Balikpapan KM 13 Balikpapan, Kecamatan Balikpapan Utara. Metode penelitian yang digunakan tugas akhir ini berdasarkan data yang diperoleh dari uji di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Balikpapan. Dari data tersebut dapat diketahui sifat-sifat tanah yang kami jadikan sampel pada penelitian ini beserta pengaruh yang ditimbulkan oleh penambahan *Fly Ash*. Kemudian dari data tersebut digunakan untuk menganalisa penambahan *Fly Ash* terhadap nilai permeabilitas tanah asli yang kami gunakan dan juga stabilisasi tanah asli yang dicampur dengan *Fly Ash*. Adapun persentase campuran *Fly Ash* yang kami gunakan antara lain 8%, 16%, dan 24%. Dengan masa peram 3 hari, 14 hari, dan 28 hari.

3.1. Sifat Fisik dan Mekanis Tanah

Tabel 2. Jenis Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis Tanah *Untreated*

Jenis Pengujian	Hasil	Satuan
1. Kadar Air Tanah	5,835	%
2. Analisa Saringan	65,36	%
3. Berat Jenis	2,516	gr/cm ³
4. Kepadatan Kering Maksimum (MDD)	1,37	gr/cm ³
5. Kadar Air Optimum (OMC)	15,4	%
6. Permeabilitas	2,30E-03	cm/menit

Berdasarkan Tabel 2 hasil pengujian kadar air maka di dapati kadar air rata-rata sebesar 5,835%. Berdasarkan Tabel 2 diatas dapat diperoleh rata-rata tanah yang lolos Analisa saringan No. 200 sebanyak 65,36%. Dari hasil yang di dapat, tanah ini masuk dalam kategori tanah berbutir halus karena jumlah tanah yang lolos saringan No. 200 beratnya lebih dari total sampel tanah itu sendiri atau >50% berdasarkan *United Soil Classification System (USCS)*.

Berdasarkan hasil penelitian berat jenis rata – rata yang didapat sebesar 2,516, sehingga tanah ini berada di kategori antara tanah lempung organik dan tanah gambut tetapi lebih dominan ke tanah lempung organik dengan angka 2,58 – 2,65.

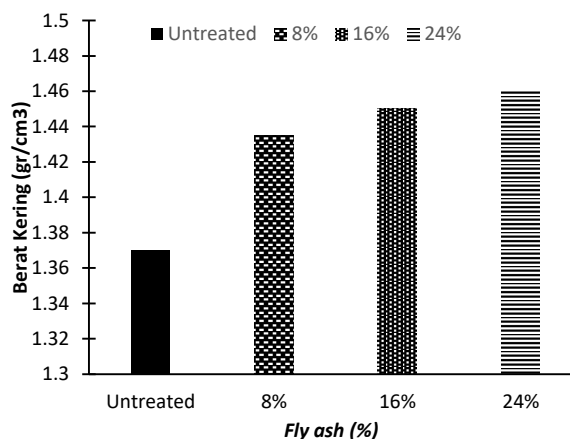
3.2. Sifat Mekanis Tanah + *Fly Ash*

Pada pengujian pemadatan standar ini bertujuan untuk mendapatkan berat volume berat kering maksimum

(MDD) pada tanah dan kadar air optimum (OMC) pada jenis tanah.

Tabel 3. Pengujian Pemadatan Standar Tanah + *Fly Ash*

Jenis Pengujian	Hasil	Satuan
1. Pemadatan Standar Tanah <i>Untreated</i>		
a. Kepadatan Kering Maksimum (MDD)	1,37	gr/cm ³
b. Kadar Air Optimum (OMC)	15,4	%
2. Pemadatan Standar Tanah + <i>Fly Ash</i> 8%		
a. Kepadatan Kering Maksimum (MDD)	1,435	gr/cm ³
b. Kadar Air Optimum (OMC)	14,2	%
3. Pemadatan Standar Tanah + <i>Fly Ash</i> 16%		
a. Kepadatan Kering Maksimum (MDD)	1,45	gr/cm ³
b. Kadar Air Optimum (OMC)	14,79	%



Gambar 3. Hasil Kombinasi Pemadatan Standar Tanah *Untreated*, Tanah + *Fly Ash* 8%, Tanah + *Fly Ash* 16%, dan Tanah + *Fly Ash* 24%.

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 3 dapat diketahui bahwa semakin bertambahnya variasi persentase *Fly ash* pada tanah dapat meningkatkan nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) pada tanah. Nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) tanah asli sebesar 1,37 gr/cm³, nilai ini dijadikan nilai awal sehingga dapat menghitung persentase kenaikan setiap bertambahnya *Fly ash* yang ditentukan.

Pemadatan Standar Tanah + *Fly ash* 8% mendapatkan nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) sebesar 1,435 gr/cm³, nilai pada Pemadatan Standar Tanah + *Fly ash* 8% ini mengalami peningkatan pada nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) sebanyak 4,74% dari nilai awal. Pemadatan Standar Tanah + *Fly ash* 16% mendapatkan nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) sebesar 1,45 gr/cm³, nilai pada Pemadatan Standar Tanah + *Fly ash* 16% ini mengalami

peningkatan pada nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) sebanyak 5,84% dari nilai awal. Pemadatan Standar Tanah + *Fly ash* 24% mendapatkan nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) sebesar 1,46 gr/cm³, nilai pada Pemadatan Standar Tanah + *Fly ash* 16% ini mengalami peningkatan pada nilai Kepadatan Kering Maksimum (MDD) sebanyak 6,56% dari nilai awal.

Berdasarkan penjelasan tadi dapat disimpulkan bahwa persentase peningkatan yang paling tinggi yaitu antara pemadatan standar tanah asli dan pemadatan standar tanah + *Fly ash* 24%. Hal ini sejalan dengan hasil pengujian yang dilakukan oleh [8], bahwa penambahan *Fly ash* yang mengakibatkan rongga atau pori-pori pada tanah yang berisi air dan udara semakin mengecil. Semakin berkurangnya rongga pada tanah maka dapat menghasilkan tanah yang lebih padat dan terjadi peningkatan kekuatan daya dukung pada tanah yang diuji. Sebaliknya tanah yang memiliki kepadatan kering maksimumnya yang semakin kecil maka mengakibatkan tanah tersebut rapuh atau tidak kuat.

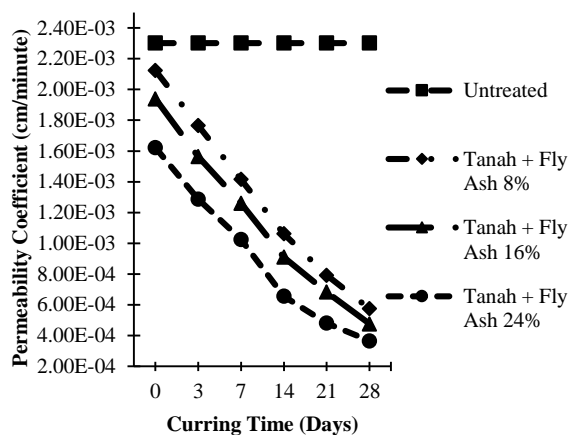
Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [9] menjelaskan bahwa dengan ditambahkan *Fly ash* pada tanah menghasilkan ikatan antar partikel tanah menjadi lebih kuat, meningkatkan kepadatan dan kekuatan tanah secara keseluruhan. *Fly ash* umumnya memiliki ukuran butiran yang sangat halus, sering kali lebih halus daripada tanah asli. Hal ini memungkinkan *Fly ash* untuk mengisi rongga-rongga di antara partikel-partikel tanah dengan lebih efektif. Pada saat pemadatan, butiran-butiran halus *Fly ash* ini dapat menyebar dan mengisi ruang pori-pori tanah, sehingga menghasilkan tekstur tanah yang lebih padat dan homogen.

Hal ini sejalan juga dengan penelitian yang dilakukan [10], menjelaskan bahwa *fly ash* memiliki sifat pozzolan dan kemampuan selfcementing yang mempengaruhi sifat-sifat tanah ketika digunakan sebagai bahan tambah pada tanah yang dapat membantu meningkatkan kekuatan dan stabilitas tanah secara keseluruhan.

Tabel 4. Hasil Kombinasi Permeabilitas Tanah + *Fly Ash* 8%, Tanah + *Fly Ash* 16%, Tanah + *Fly Ash* 24%

No.	Persentase <i>Fly Ash</i> (%)	Koefisien Permeabilitas (cm/menit)	Masa Peram (Hari)	Persentase Penurunan (%)
1.	Untreated	2,30E-03		0%
	8%	2,12E-03	0	7,73%
	8%	1,77E-03	3	23,26%
	8%	1,42E-03	7	38,49%
	8%	1,06E-03	14	53,86%
2.	8%	7,93E-04	21	65,55%
	8%	5,75E-04	28	75%
	16%	1,94E-03	0	15,76%
	16%	1,56E-03	3	32,01%
	16%	1,26E-03	7	45,22%
3.	16%	9,10E-04	14	60,45%
	16%	6,83E-04	21	70,30%
	16%	4,76E-04	28	79,33%
	24%	1,62E-03	0	29,54%

No.	Persentase <i>Fly Ash</i> (%)	Koefisien Permeabilitas (cm/menit)	Masa Peram (Hari)	Persentase Penurunan (%)
24%		1,29E-03	3	44,04%
24%		1,02E-03	7	55,45%
24%		6,56E-04	14	71,50%
24%		4,81E-04	21	79,08%
24%		3,66E-04	28	84,08%



Gambar 4. Grafik Kombinasi Permeabilitas Tanah Untreated, Tanah + *Fly Ash* 8%, Tanah + *Fly Ash* 16%, dan Tanah + *Fly Ash* 24%

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 4, dapat dilihat nilai Koefisien Permeabilitas dengan variasi persentase *Fly Ash* 8%, 16%, dan 24% dengan durasi tanpa masa peram 3 hari, 14 hari, dan 28 hari. Dapat dilihat dari nilai Koefisien Permeabilitas Tanah asli 2,30E-03 atau 0,0023 cm/menit mengalami penurunan terhadap masing – masing nilai Koefisien Permeabilitas di setiap durasi masa peram. Pada hal ini nilai Koefisien Permeabilitas Tanah Asli 2,30E atau 0,0023 cm/menit ini menjadi nilai awal untuk perbandingan terhadap nilai Koefisien Permeabilitas tanah + *Fly Ash*.

Persentase penurunan tertinggi berada pada nilai Koefisien Permeabilitas Tanah Asli terhadap nilai Koefisien Permeabilitas + *Fly Ash* 24% masa peram 28 hari dengan jumlah 84,08%. Hal ini dikarenakan *Fly Ash* pada tanah mempunyai sifat penyerapan air yang lebih sedikit. Oleh karena itu apabila semakin banyak penambahan variasi persentase *Fly Ash* dan semakin lama masa pemeraman maka semakin lama nilai Koefisien Permeabilitas yang didapat. Hasil pengujian yang telah dilakukan sesuai dengan penelitian [11], bahwa seiring dengan meningkatnya persentase penggantian geopolimer, sampel menjadi kurang permeabel. Analisis SEM mengkonfirmasi hasil tersebut, menunjukkan bahwa geopolimer cenderung menutupi ruang pori-pori tanah, menyebabkan air memiliki saluran yang lebih sedikit dan nilai permeabilitas menjadi rendah.

Hal ini juga sejalan dengan penelitian [12], dimana penambahan *Fly Ash* meningkatkan berat volume tanah kering atau kepadatan tanah meningkat sehingga pori – pori pada tanah menjadi lebih kecil dan berefek pada penurunan nilai koefisien permeabilitas. Permeabilitas menurun seiring dengan meningkatnya persentase penggantian geopolimer dengan campuran abu terbang ke dalam sampel. Ketika geopolimerisasi meningkat dengan masuknya abu terbang ke dalam campuran, ruang kosong antar partikel tanah terlapisi dan diikat oleh geopolimer sehingga menghambat aliran air. *Fly Ash* juga memiliki sifat hidrolis yang berbeda dengan tanah alami. Ketika dicampurkan dengan tanah, *Fly Ash* dapat mengubah karakteristik hidrolis tanah tersebut. Perubahan ini dapat menghasilkan peningkatan retensi air atau pembentukan struktur fisik yang menghambat aliran air.

4. Kesimpulan

Hasil pengujian yang didapat dengan penambahan 24 % *Fly Ash* menghasilkan penurunan nilai koefisien permeabilitas sebesar 84,08% terhadap tanah *untreated*. Dapat disimpulkan penggunaan *Fly Ash* dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah terutama pada pengujian permeabilitas. Apabila semakin banyak penambahan *Fly Ash* maka akan semakin kecil nilai koefisien permeabilitasnya. Dalam penelitian lanjutan dapat menambahkan material lainnya yang dikombinasi *Fly Ash*.

Daftar Rujukan

- [1] N. A. Arinda Leliana, “Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Lempung Ekspansif Di Daerah Magetan Jawa Timur,” *Rekayasa Teknik Sipil*, vol. 1, pp. 1–8, 2015, Accessed: Aug. 02, 2024. [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/view/10064>
- [2] A.S. Budiharso, C. Kasenda, “Analisis Tingkat Kerawanan Pergerakan Tanah Di Kelurahan Taas Kecamatan Tikala Kota Manado, Sulawesi Utara,” *Journal Geological Processes, Risks and Integrated Spatial Modeling*, vol. 02, 2024, Accessed: Aug. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.jurnal.prisma.ac.id/index.php/jgprism/article/view/147/42>
- [3] J. Dungca, J. Galupino, E. Joenel, G. Galupino, and J. R. Dungca, “Permeability characteristics of soil-fly ash mix,” *Article in ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 10, no. 15, 2015, [Online]. Available: www.arpnjournals.com
- [4] J. R. Dungca, W. D. T. Lao, M. Lim, W. D. Lu, and J. C. P. Redelicia, “Vertical permeability of dredged soil stabilized with fly-ash based geopolymer for road embankment,” *International Journal of GEOMATE*, vol. 17, no. 59, pp. 8–14, 2019, doi: 10.21660/2019.59.4525.
- [5] E. E. Hangge, R. A. Bella, and M. C. Ullu, “Pemanfaatan *Fly Ash* Untuk Stabilisasi Tanah Dasar Lempung Ekspansif,” 2021. Accessed: Aug. 02, 2024. [Online]. Available: <https://sipil.ejournal.web.id/index.php/jts/article/view/397>
- [6] Hardiyatmo, “Analisis Kuat Tekan Bebas Pada Pelembaan Matos Terhadap Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Semen,” *MEDIA ILMIAH TEKNIK SIPIL*, vol. 5, pp. 30–39, 2016, [Online]. Available: <https://journal.umpr.ac.id/index.php/mits/article/view/328>
- [7] M. Li, H. Li, Y. U. He-Miao, B.-H. Zhao, and Z.-X. Qi, “Discussion on permeability characteristics of lime and fly ash solidified petroleum-contaminated soil and its engineering reuse,” *Rock and Soil Mechanics* 2023, vol. 45, no. 1, pp. 108–116, doi: 10.16285/j.rsm.2023.5059.
- [8] V. Nadia Lonarissa Harditya Putri and B. Karsono, “The Effect Of Limestone and Fly on Clay Stabilization of CBR and Soil Compressive Strength,” *International Journal of Engineering, Science & Information Technology (IJESTY)*, vol. 2, 2022, doi: 10.52088/ijesty.v1i1.251.
- [9] S. Shil, S. Kumar Pal, and A. Prof, “Permeability and Volume Change Behaviour of Soil Stabilized with Fly ash.” [Online]. Available: www.ijert.org
- [10] R. Tarigan, Parman, and M. A. S. Harahap, “Study of Residual Soil Permeability Coefficient Post Addition of Coal Fly Ash,” *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, vol. 3, no. 4, pp. 159–164, Jan. 2024, doi: 10.53893/ijrvocas.v3i4.103.
- [11] Muh. Ariawan Suriyadi, “Pengaruh Kadar Bitumen Asbuton Terhadap Kuat Tekan Bebas Dan Permeabilitas Tanah Lempung Dengan Variasi Pemeraman,,” 2019, Accessed: Jul. 11, 2024. [Online]. Available: <https://repository.unibos.ac.id/xmlui/handle/123456789/4013>
- [12] G. Y. S. R. Ali Zakariya1, “Potensi Pemanfaatan *Fly Ash* Dalam Pembangunan Konstruksi Jalan dan Jembatan Untuk Mewujudkan Infrastruktur Berkelanjutan Di Indonesia,,” *Jurnal Infrastruktur*, vol. 08, 2022, Accessed: Jul. 11, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/362708602_Potensi_Pemanfaatan_Fly_Ash_Dalam_Pembangunan_Konstruksi_Jalan_dan_Jembatan_untuk_Mewujudkan_Infrastruktur_Berkelanjutan_di_Indonesia



Analisis *Building Information Modelling* (BIM) 5D Pada Pekerjaan Struktur Beton Bertulang Bangunan Kantor Kebun Muara Lawa

Ikbal Setiawan¹, Irna Hendriyani², Reno Pratiwi³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Balikpapan

¹ikbalstwan@gmail.com, ²irna.hendriyani@uniba-bpn.ac.id, ³reno.pratiwi@uniba-bpn.ac.id

Abstract

In this modern era, the construction industry has undergone a significant transformation with the adoption of digital technology. One of the innovations in the construction industry today is Building Information Modeling, or BIM, as a tool to manage projects efficiently and become part of the digital industrial sector. Accuracy in construction cost estimation is very important to get an efficient value in planning. Currently, cost budget calculations on development projects still often use conventional methods that produce greater value. Therefore, this research uses the concept of BIM dimension 5D which aims to analyze the volume and cost estimates and analyze the difference in volume and cost using the BIM dimension 5D method and conventional methods on the construction of the Muara Lawa West Kutai Garden Office Development structure. The results of the research on the structural work of the Muara Lawa Kutai Barat Office Garden Development using the 5D concept produced a steel volume of 1102.14 kg with a cost of Rp. 18,956,808.00. A concrete volume of 6.6 m³ with a cost of Rp. 30,201,875. This resulted in a steel volume difference of 13.53% and a concrete volume difference of 10.22%. This means that the calculations using the 5D BIM concept are lower compared to the cost planning produced by the Contractor.

Keywords: BIM, Cost Budget Plan, Revit, Volume

Abstrak

Pada era modern ini industri konstruksi telah mengalami transformasi yang signifikan dengan adopsi teknologi digital. Salah satu inovasi dalam industri konstruksi saat ini adalah *Building Information Modelling* atau BIM sebagai alat bantu untuk mengelola proyek secara efisien dan menjadi bagian dari digital sektor industri. Ketelitian dalam estimasi biaya konstruksi sangat penting untuk mendapatkan nilai yang efisien dalam perencanaan. Saat ini, perhitungan anggaran biaya pada proyek pembangunan masih sering menggunakan metode konvensional yang menghasilkan nilai lebih besar. Oleh sebab itu pada penelitian ini menggunakan konsep BIM dimensi 5D yang bertujuan untuk menganalisis volume dan estimasi biaya serta menganalisis selisih volume dan biaya dengan menggunakan metode BIM dimensi 5D dan metode konvensional pada pekerjaan struktur Pembangunan Kantor Kebun Muara Lawa Kutai Barat. Hasil penelitian pada pekerjaan struktur Pembangunan Kantor Kebun Muara Lawa Kutai Barat menggunakan konsep 5D menghasilkan volume besi sebesar 1102,14 kg dengan biaya sebesar Rp. 18.956.808,00. Volume beton sebesar 6,6 m³ dengan biaya sebesar Rp. 30.201.875. Dengan menghasilkan selisih volume besi sebesar 13,53%. dan volume beton sebesar 10,22%. Yang berarti dimana perhitungan menggunakan konsep BIM 5D rendah dibandingkan dengan perencanaan biaya yang dihasilkan oleh Kontraktor.

Kata kunci: BIM, Rencana Anggaran Biaya, Revit, Volume

Diterima Redaksi : 2024-10-12 | Selesai Revisi : 2024-10-17 | Diterbitkan Online : 2025-08-04

1. Pendahuluan

Pada era modern ini, industri konstruksi telah mengalami transformasi yang signifikan dengan adopsi teknologi digital. Salah satu inovasi dalam industri konstruksi saat ini adalah *Building Information Modelling* atau BIM sebagai alat bantu untuk mengelola proyek secara efisien dan menjadi bagian dari digital sektor industri [1]. BIM merupakan salah satu teknologi yang dapat mensimulasikan seluruh informasi suatu proyek konstruksi, seperti metode, bahan, material,

manajemen, dan alur kerja. Penggunaan teknologi BIM pada proses konstruksi dapat mengefisienkan biaya dan waktu. BIM dapat meminimalisir terjadinya kesalahan pemahaman data antar berbagai disiplin [2]. BIM sendiri mempunyai beberapa tahapan dalam implementasinya yang sering disebut dengan dimensi. Dimensi dalam BIM menunjukkan tingkat pelaksanaan tahap konstruksi, diantaranya 3D (Pemodelan 3 dimensi), 4D (Penjadwalan), 5D (Estimasi Biaya), 6D (Kelangsungan Bangunan) dan 7D (Manajemen dan Keberlanjutan



Bangunan). Dari ke tujuh dimensi BIM, salah satu dimensi yang penting dalam perencanaan konstruksi adalah perencanaan estimasi biaya (5D). Estimasi biaya yang akurat diperlukan agar perencanaan dapat memperoleh nilai yang efektif. Maka, diperlukan solusi alternatif untuk mencapai akurasi tersebut, salah satunya penggunaan dimensi BIM 5D. Seperti salah satu proyek yang berada di Kabupaten Kutai Barat yaitu Pembangunan Kantor Kebun Muara Lawa Kutai Barat. Lokasi proyek ini berada di First Resources Regional Kaltim, Kutai Barat. Nilai kontrak dari proyek Pembangunan ini adalah Rp 407.000.321,45. Dengan biaya pekerjaan struktur sebesar Rp 66.946.770,12. Beberapa item pekerjaan struktur diantaranya pekerjaan Fondasi Foot Plat, Fondasi Batu Kali, Pemasangan Sloof, Pemasangan Kolom, Pemasangan Kolom Teras, Pemasangan Balok, Pemasangan Balok Teras, dan Plat Lantai.

Berdasarkan wawancara dengan Kontraktor pada proyek ini, Perhitungan anggaran biaya masih menggunakan Microsoft Exel, Hasil perhitungan volume pelaksanaan pekerjaan berbasis BIM lebih akurat dan lebih detail daripada perhitungan secara konvensional [3]. Sebagai salah satu contoh penelitian yang telah dilakukan sebelumnya [4] bahwa dengan menggunakan konsep BIM 5D biaya yang dihasilkan terdapat selisih dari anggaran biaya konvensional sebesar 7%. Dengan menggunakan BIM 5D volume pekerjaan beton $f'c$ 30 MPa sebesar 7,21%, pekerjaan beton $f'c$ 35 MPa sebesar 10,87%, dan pekerjaan besi tulangan sebesar 5,98% [5]. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa konsep 5D BIM sangat berperan penting dalam memperoleh hasil perhitungan biaya yang akurat. Dari pendahuluan diatas, pada penelitian ini maka akan dilakukan perhitungan menggunakan metode BIM 5D untuk melakukan analisis terhadap perhitungan kontraktor pada pekerjaan struktur pada proyek Pembangunan Kantor Kebun Muara Lawa, sehingga nanti akan diketahui volume dan estimasi biaya serta selisih antara perhitungan kontraktor dengan Metode BIM

2. Metode Penelitian

2.1. Subjek dan Objek Penelitian

Subjek penelitian adalah semua pihak yang dilibatkan atau dijadikan objek perhatian dalam sebuah penelitian, yang memberikan data atau informasi yang di butuhkan [6]. Subjek dari penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Kantor Kebun 1 Lantai Muara Lawa Kutai Barat yang berlokasi di First Resources Regional Kaltim, Kutai Barat. Objek penelitian adalah segala sesuatu yang menjadi sasaran dalam sebuah penelitian, baik berupa benda hidup, benda mati, maupun segala hal yang berada di sekitar kita. Objek penelitian bisa berupa individu, kelompok, instansi, atau proses yang ingin diteliti untuk mendapatkan data yang relevan [7]. Objek penelitian pada penelitian kali ini adalah dokumen proyek pekerjaan struktur pembangunan Kantor Kebun Muara Lawa Kutai Barat. Dokumen tersebut adalah

dokumen Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan *Detail Engineering Design* (DED) pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Denah

2.2. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian adalah serangkaian langkah yang dilakukan secara sistematis untuk mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan data, menganalisis data, serta menyimpulkan hasil. Setiap tahapan ini saling berkaitan dan penting untuk mencapai tujuan penelitian secara ilmiah [8]. Tahapan Penelitian ini bertujuan untuk memahami bagaimana konsep *Building Information Modelling* (BIM) dengan menggunakan software pendukung Autodesk Revit dalam merencanakan anggaran biaya yang dibutuhkan pada proyek konstruksi. Adapun beberapa metode yang digunakan dalam penelitian ini Studi Literatur yaitu proses mengkaji atau membaca terhadap literatur yang relevan dan terkait dengan topik penelitian tertentu. Dalam penelitian ini literatur yang di gunakan ialah buku panduan software Autodesk Revit yang digunakan untuk mempelajari serta memperdalam kegunaannya, Pengumpulan data berupa dokumen rencana anggaran biaya dengan perhitungan kontraktor dan detail *Detail Engineering Desain* (DED) pada perencanaan struktur. Selanjutnya data yang telah didapatkan akan dibandingkan menggunakan Software Autodesk Revit, pada penelitian ini dilakukan pemodelan menggunakan software Autodesk Revit untuk memodelkan data pada pekerjaan struktur. Dan setelah pemodelan telah dilakukan selanjutnya dilakukan tahap perhitungan volume dan RAB dengan software Autodesk Revit.

2.3. Pemodelan dan Analisis Estimasi Biaya

Penelitian ini dilaksanakan dengan melibatkan data engineering, yang kemudian direkonstruksi melalui pemodelan dengan menggunakan Software Autodesk

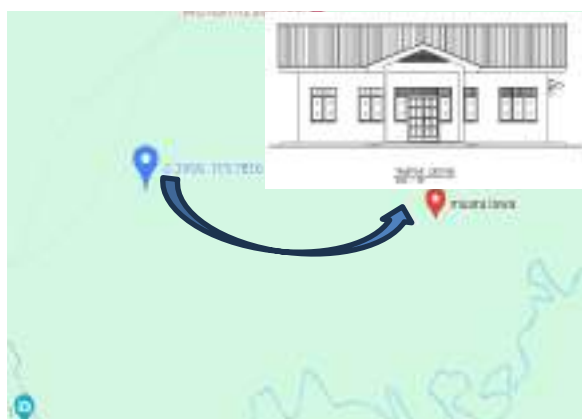
Revit 2023. Proses ini beberapa model yaitu model arsitektur dan model struktur. Setelah itu data yang didapat selanjutnya akan dianalisis untuk keperluan estimasi biaya pada pekerjaan struktur. Penelitian ini menggunakan dua metode untuk estimasi biaya. Metode yang pertama adalah metode konvensional, dimana estimasinya dilakukan dengan menghitung volume dan biaya secara manual [9] Metode kedua ialah dengan menggunakan Software Autodesk Revit yang dimana volume dan biaya akan terhitung secara otomatis Sistem ini berfungsi dengan menggabungkan komponen serta family yang sudah diatur pada tahap sebelumnya. Hal ini memungkinkan proses analisis menjadi lebih efisien dan tepat, karena Revit mampu secara otomatis menghitung elemen-elemen proyek berdasarkan integrasi yang diterapkan. Kedua metode tersebut menawarkan sudut pandang yang berbeda terkait estimasi biaya dalam penelitian ini.

2.4. Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi Penelitian adalah area atau tempat fisik di mana penelitian dilakukan. Lokasi ini dipilih berdasarkan ketersediaan data dan sumber daya yang mendukung penelitian. Pemilihan lokasi yang tepat dapat meningkatkan efektivitas pengumpulan data [8]. Lokasi penelitian ini berada di *First Resources Regional* Kutai Barat, Kalimantan Timur bisa dilihat pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.

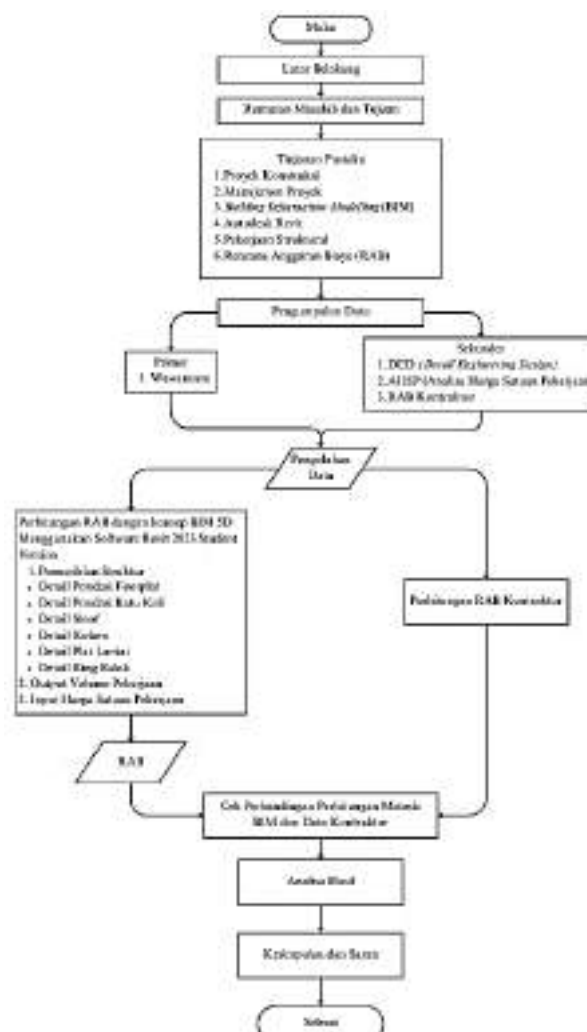


Gambar 2. Pulau Kalimantan, Kabupaten Kutai Barat



Gambar 3. Peta kantor Kebun Muara Lawa

2.5. Bagan Alir Penelitian



Gambar 4. Bagan Alir

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pemodelan Struktur

3.1.1 Fondasi Batu Kali

Untuk membuat fondasi batu kali sesuai dengan gambar perencanaan, terlebih dahulu pilih fondasi pada *structural plans (views)* agar sesuai dengan komponen yang akan dibuat yaitu fondasi, selanjutnya pilih *toolbar Structure*, kemudian pilih *beam* lalu pilih tipe fondasi yang sesuai dengan gambar perencanaan, lalu letakkan tipe fondasi batu kali tersebut sesuai dengan *Detail Engineering Design (DED)*



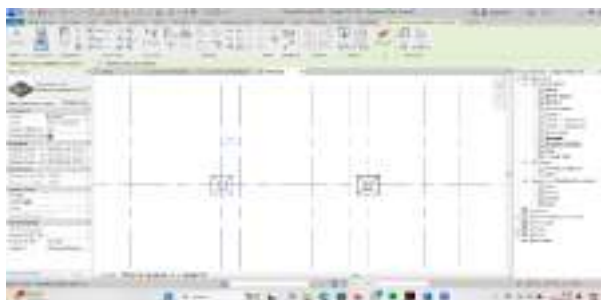
Gambar 5. Pemodelan Fondasi Batu kali



Gambar 6. 3D View Fondasi Batu Kali

3.1.2 Fondasi Footplat

Untuk membuat fondasi *footplat* sesuai dengan gambar perencanaan, terlebih dahulu pilih fondasi pada *structural plans (views)* agar sesuai dengan komponen yang akan dibuat yaitu fondasi *footplat*, selanjutnya pilih *toolbar Structure*, kemudian pilih *isolated* lalu pilih tipe fondasi yang sesuai dengan gambar perencanaan, lalu letakkan tipe fondasi batu kali tersebut sesuai dengan gambar perencanaan.



Gambar 7. Pemodelan Fondasi Footplat

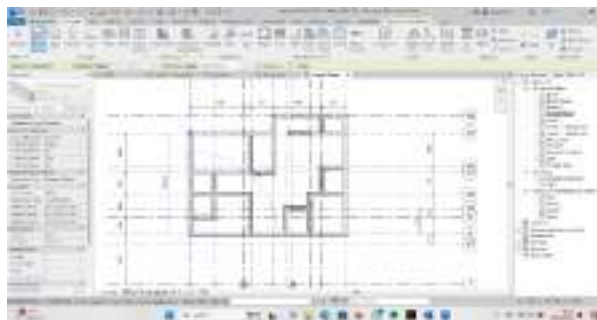


Gambar 8. 3D View Fondasi Footplat

3.1.3. Pemodelan Sloof

DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v6i2.1006>

Untuk membuat pemodelan sloof sesuai dengan gambar perencanaan, dengan cara klik *toolbar structure*, kemudian pilih *beam* lalu pilih tipe sloof yang sesuai dengan gambar perencanaan, lalu letakkan tipe sloof tersebut sesuai dengan gambar perencanaan.



Gambar 9. Pemodelan Sloof



Gambar 10. 3D View Sloof

3.1.4. Pemodelan Kolom

Untuk membuat pemodelan kolom sesuai dengan gambar perencanaan, dengan cara klik *toolbar structure*, kemudian pilih *colloum* lalu pilih tipe kolom yang sesuai dengan gambar perencanaan, lalu letakkan tipe kolom tersebut sesuai dengan gambar perencanaan.



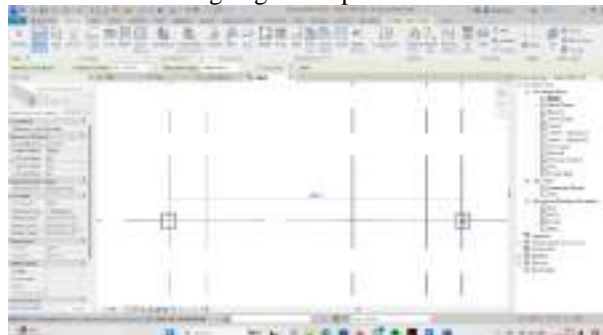
Gambar 11. Pemodelan Kolom



Gambar 12. 3D View Kolom

3.1.4. Pemodelan Ring Balok

Untuk membuat pemodelan balok sesuai dengan gambar perencanaan, yaitu dengan cara klik *toolbar structure*, kemudian pilih *beam* lalu pilih tipe balok yang sesuai dengan gambar perencanaan, lalu letakkan tipe balok tersebut sesuai dengan gambar perencanaan.



Gambar 13. Pemodelan Ring Balok



Gambar 14. 3D View Ring Balok

3.2. Analisis Hasil Perhitungan Volume

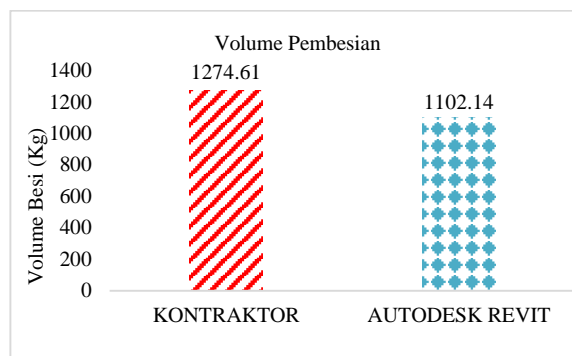
Perhitungan volume menjadi hal yang penting dilakukan dalam suatu proyek konstruksi. Volume suatu pekerjaan merupakan metode untuk menghitung total jumlah dari berbagai pekerjaan dalam satuan tertentu, yang sering disebut juga sebagai kubikasi pekerjaan. Artinya, volume atau kubikasi tersebut bukan merujuk pada volume isi secara harfiah, melainkan akumulasi volume dari setiap bagian pekerjaan dalam satu kesatuan [10].

3.2.1. Analisis Hasil Perhitungan Volume Besi

Hasil volume perhitungan volume besi ditampilkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Volume Pembesian

No	Item	Diameter Besi	Volume Pembesian (Kg)	
			Kontraktor	Revit
1	Fondasi Footplat	D 10	21,20	19,90
2	Sloof	D 10	298,30	271
		D 6	71,40	63,26
3	Kolom	D 10	347,41	273,59
		D 6	89,25	66,85
4	Kolom Teras	D 12	35,70	25,35
		D 6	10,20	6,66
5	Balok	D 10	248,15	256,05
		D 6	63,75	43,50
6	Balok Teras	D 12	71,4	62,15
		D 6	17,85	13,83
Total			1274,61	1102,14



Gambar 15. Grafik Perhitungan Volume Besi

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= \text{Volume Kontraktor} - \text{Volume metode BIM} \\ &= 1274,61 - 1102,214 \\ &= 172,47 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase selisih} &= \frac{\text{Selisih}}{\text{Volume kontraktor}} \times 100\% \\ &= \frac{172,47}{1274,61} \times 100\% \\ &= 13,53\% \end{aligned}$$

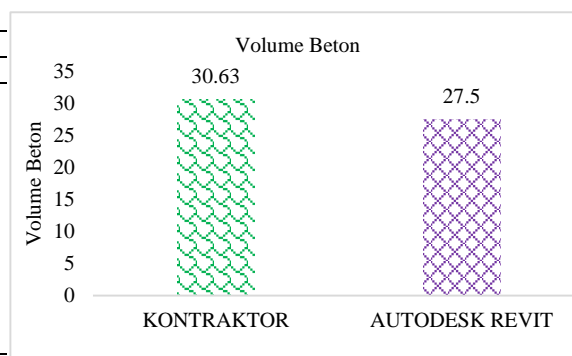
Berdasarkan **Gambar 15**, dapat diketahui total volume pekerjaan pembesian Kontraktor adalah 1274,61 kg sedangkan dengan volume pembesian pekerjaan menggunakan *Autodesk Revit* yaitu 1102,214 kg dengan selisih 172,47 kg atau 13,53%. Sama halnya dengan penelitian sebelumnya [2] yang menjelaskan bahwa penggunaan BIM 5D dengan perhitungan kontraktor mendapatkan selisih perhitungan sebesar 7%. Dimana perhitungan volume dengan menggunakan *Autodesk Revit* lebih rendah dibandingkan perhitungan kontraktor.

3.2.2 Analisis Hasil Perhitungan Volume Beton

Hasil perhitungan volume beton ditampilkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Rekapitulasi Perhitungan Volume Beton

No	Item	Volume Beton (m3)	
		Kontraktor	Revit
1	Fondasi Footplat	0,16	0,14
2	Fondasi Batu Kali	12,64	12,21
3	Sloof	3,37	3,19
4	Kolom	2,52	2,47
5	Kolom Teras	0,31	0,28
6	Balok	2,19	2,04
7	Balok Teras	0,59	0,57
8	Plat Lantai	8,85	6,60
Total		30,63	27,5



Gambar 16 Grafik Perhitungan Volume Beton

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= \text{Volume Kontraktor} - \text{Volume Metode BIM} \\ &= 30,63 - 27,5 \\ &= 3,13 \text{ m}^3 \end{aligned} \qquad \begin{aligned} &= \frac{\text{Rp. 2.966.484}}{\text{Rp. 21.923.292}} \times 100\% \\ &= 13,53\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase selisih} &= \frac{\text{Selisih}}{\text{Volume Kontraktor}} \times 100\% \\ &= \frac{3,63}{30,63} \times 100\% \\ &= 10,22\% \end{aligned}$$

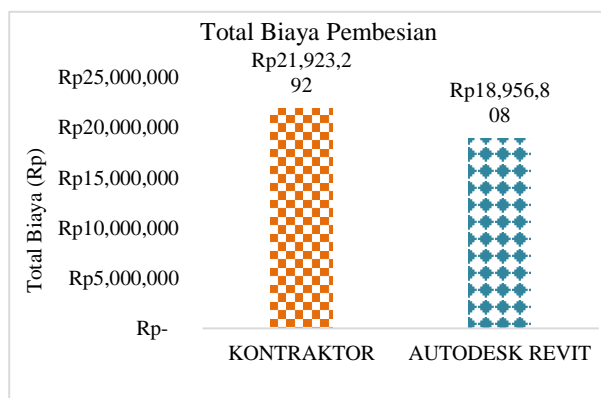
Berdasarkan **Gambar 16**, dapat diketahui total volume pekerjaan beton kontraktor adalah 30,63 m³ sedangkan dengan volume beton pekerjaan menggunakan *Autodesk Revit* yaitu 27,5 m³ dengan selisih 3,13 m³ atau 10,22%. Sama halnya dengan penelitian sebelumnya [2] yang menjelaskan bahwa penggunaan BIM 5D dengan perhitungan kontraktor mendapatkan selisih perhitungan sebesar 7%. Dimana perhitungan dengan menggunakan *Autodesk Revit* lebih rendah dibandingkan perhitungan kontraktor.

3.3 Analisis Hasil Perhitungan Biaya

3.3.1 Analisis Perhitungan Biaya Besi

Hasil perhitungan biaya besi ditampilkan pada **Tabel 3** dan **Gambar 17**.

No	Item	Diameter Besi	Biaya Pembesian (Kg)	
			Kontraktor (Rp)	Revit (Rp)
1	Fondasi Footplat	D 10	364.640	342.280
2	Sloof	D 10	5.130.760	4.661.200
		D 6	1.228.080	1.088.072
3	Kolom	D 10	5.975.452	4.705.748
		D 6	1.535.100	1.149.820
4	Kolom Teras	D 12	614.040	436.020
		D 6	175.440	114.552
5	Balok	D 10	4.268.180	4.404.060
6	Balok Teras	D 6	1.096.500	748.200
		D 12	1.228.080	1.068.980
		D 6	307.020	237.876
Total			21.923.292	18.956.808



Gambar 17. Grafik Perhitungan Biaya Pembesian

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= \text{Harga Besi Kontraktor} - \text{Harga Besi BIM} \\ &= \text{Rp. 21.923.292} - \text{Rp. 18.956.808} \\ &= \text{Rp. 2.966.484} \end{aligned}$$

$$\text{Presentase Penurunan} = \frac{\text{Selisih}}{\text{Harga Besi Kontraktor}} \times 100\%$$

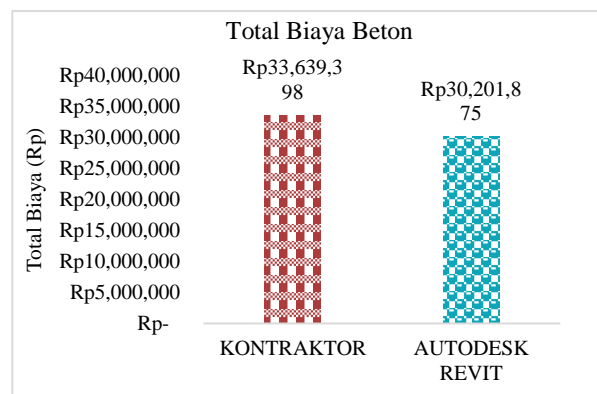
DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v6i2.1006>

Berdasarkan **Gambar 17**, dapat diketahui bahwa harga pekerjaan pembesian menggunakan perhitungan Kontraktor yaitu Rp. 21.923.292 sedangkan harga pekerjaan pembesian menggunakan metode BIM yaitu Rp. 18.956.808, dengan selisih harga Rp. 2.966.484 atau 13,53%. Sama halnya dengan penelitian sebelumnya [2] yang menjelaskan bahwa penggunaan BIM 5D dengan perhitungan kontraktor mendapatkan selisih perhitungan sebesar 7%. Dimana perhitungan volume dengan menggunakan *Autodesk Revit* lebih rendah dibandingkan perhitungan kontraktor.

3.3.2 Analisis Perhitungan Biaya Beton

Hasil perhitungan biaya beton ditampilkan pada **Tabel 4** dan **Gambar 18**.

No	Item	Biaya Beton (m ³)	
		Kontraktor (Rp)	Revit (Rp)
1	Fondasi Footplat	175.720	153.755
2	Fondasi Batu Kali	13.881.880	13.409.633
3	Sloof	3.701.103	3.503.418
4	Kolom	2.767.590	2.712.678
5	Kolom Teras	340.458	307.510
6	Balok	2.405.168	2.240.430
7	Balok Teras	647.968	626.003
8	Plat Lantai	9.719.513	7.248.450
Total		33.639.398	30.201.875



Gambar 18. Grafik Perhitungan Biaya Beton

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= \text{Harga Beton Kontraktor} - \text{Harga Beton BIM} \\ &= \text{Rp. 33.639.398} - \text{Rp. 30.201.875} \\ &= \text{Rp. 3.437.523} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase Penurunan} &= \frac{\text{Selisih}}{\text{Harga Beton Kontraktor}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp. 3.437.523}}{\text{Rp. 33.639.398}} \times 100\% \\ &= 10,22\% \end{aligned}$$

Berdasarkan **Gambar 18**, dapat diketahui bahwa terdapat bahwa harga pekerjaan beton menggunakan perhitungan Kontraktor yaitu Rp. 33.639.398 sedangkan harga pekerjaan beton menggunakan metode BIM yaitu Rp. 30.201.875, dengan selisih harga Rp. 3.437.523 atau 10,22%. Sama halnya dengan penelitian sebelumnya [2] yang menjelaskan bahwa penggunaan BIM 5D dengan

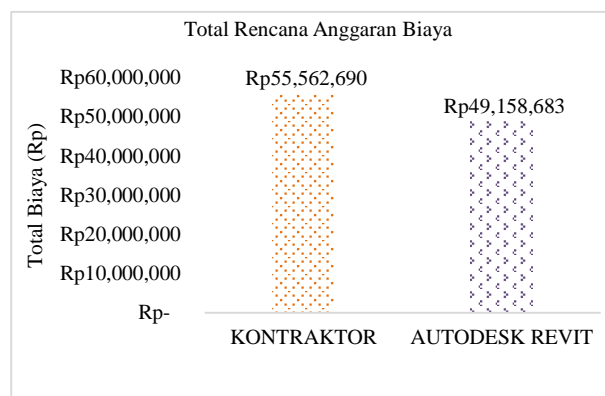
perhitungan kontraktor mendapatkan selisih perhitungan sebesar 7%. Dimana perhitungan volume dengan menggunakan *Autodesk Revit* lebih rendah dibandingkan perhitungan kontraktor.

3.4. Perhitungan RAB Kontraktor dan Revit

Dari rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pembesian dan beton di atas kemudian dijumlahkan berdasarkan setiap item pekerjaan, setelah itu, hasilnya dibandingkan dengan jumlah harga yang diperoleh dari kontraktor. Berikut ini adalah perhitungan total biaya dari kontraktor dengan metode BIM.

Tabel 5. Perhitungan RAB Kontraktor dan Revit

No	Item	Jumlah Harga	
		Kontraktor (Rp)	Revit (Rp)
1	Fondasi Footplat	540.360	496.035
2	Fondasi Batu Kali	13.881.880	13.409.633
3	Sloof	10.059.943	9.252.690
4	Kolom	10.278.142	8.568.246
5	Kolom Teras	1.129.938	858.082
6	Balok	7.769.848	7.392.690
7	Balok Teras	2.183.068	1.932.859
8	Plat Lantai	9.719.513	7.248.450
		55.562.690	49.158.683



Gambar 19. Grafik Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Berdasarkan **Tabel 5** dan **Gambar 19** dapat diketahui total harga pekerjaan rencana anggaran biaya menggunakan perhitungan Kontraktor yaitu Rp. 55.562.690 sedangkan total harga pekerjaan menggunakan metode BIM yaitu 49.158.683, dengan selisih harga dan presentase penurunan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= \text{Harga Pekerjaan Perhitungan Kontraktor} - \\ &\quad \text{Harga Pekerjaan Metode BIM} \\ &= \text{Rp. } 55.562.690 - \text{Rp. } 49.158.683 \\ &= \text{Rp. } 6.404.007 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase Penurunan} &= \frac{\text{Selisih}}{\text{Harga Kontraktor}} \times 100\% \\ &= \frac{6.404.007}{\text{Rp. } 55.562.690} \times 100\% \\ &= 11,53\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan bahwa selisih antara harga Kontraktor dengan harga BIM adalah Rp. 6.404.007 dengan presentase penurunan atau penghematan sebesar 11,53%. Sama halnya dengan penelitian sebelumnya [4]. Dimana perhitungan pada

dokumen proyek menghasilkan total harga pekerjaan yang lebih besar dibandingkan dengan hasil *Autodesk Revit*. Hal ini terjadi karena perhitungan volume pekerjaan pada proyek dilakukan secara kasar dan mungkin memasukkan toleransi yang berlebih untuk menghindari kekurangan material selama pengerjaan. Oleh karena itu, pihak proyek membuat analisis harga dengan kebutuhan material yang lebih banyak. Sementara itu, dalam *Autodesk Revit* semua volume pekerjaan dimodelkan secara detail sehingga kebutuhan material dapat ditentukan dengan akurat sesuai dengan model tiga dimensinya. Hal ini memberikan pengaruh yang cukup besar, dimana pemodelan 3D yang dimaksimalkan dengan konsep *Building Information Modelling* (BIM) dapat memastikan keuntungan berupa minimnya limbah material yang tidak perlu dibeli, sehingga meningkatkan efisiensi dalam pengadaan material dan biaya pekerjaan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa kesimpulan. Pertama, perhitungan volume dan estimasi biaya menggunakan BIM 5D dan perhitungan kontraktor pada pekerjaan struktur proyek Pembangunan Kantor Kebun Muara Lawa. Dengan perhitungan menggunakan BIM 5D menghasilkan total volume pembesian sebesar 1102,04 kg dengan biaya Rp. 18.956.808, serta total volume beton 27,5 m³ dengan biaya Rp. 30.201.875, sedangkan perhitungan kontraktor menghasilkan volume pembesian 1274,61 kg dengan biaya Rp. 21.923.292, dan volume beton 30,63 m³ dengan biaya Rp. 33.639.398.

Kedua, dengan menggunakan konsep BIM 5D menghasilkan selisih volume besi sebesar 172,47 kg dengan perbedaan biaya Rp. 2.966.484 atau 13,53%, sedangkan selisih volume beton menggunakan konsep BIM 5D sebesar 3,13 m³ dengan perbedaan biaya 3.437.523, atau 10,22%. Perbedaan tersebut disebabkan oleh beberapa faktor utama diantaranya adalah nilai volume yang berbeda. Dengan menggunakan metode *Building Information Modelling* (BIM) 5D memiliki keakuratan yang lebih baik dibandingkan dengan perhitungan manual pada pekerjaan struktur beton bertulang.

Ucapan Terimakasih

Atas segala saran, bimbingan, bantuan dan sebagainya. Penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya dan saudara saya yang saya sayangi atas restu dan dukungannya selama proses penulisan penelitian ini.
2. Ibu Ir. Irna Hendriyani, ST., MT. Dan Ibu Ir. Reno Pratiwi, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing saya.
3. Teman-teman Teknik Sipil dan Perencanaan Angkatan 2020 Universitas Balikpapan dan semua pihak yang terlibat. Khususnya teman-teman yang terlibat langsung membantu dalam menyelesaikan

penelitian ini, yang tidak dapat disebutkan satu [5]
persatu.

Daftar Rujukan

- [1] W. H. Putri and N. C. Kresnanto, *Seminar Nasional Diseminasi Hasil Penelitian*, vol. 55, 2021.
- [2] R. Dwi Novita and E. K. Pangestuti, "Analisa Quantity Take Off Dan Rencana Anggaran Biaya Dengan Metode Building Information Modeling (BIM) Menggunakan Software Autodeks Revit 2019 (Studi Kasus: Gedung LP3 Universitas Negeri Semarang)." [6]
- [3] M. Fadillah, "Quantity Take-Off Pekerjaan Struktur Berbasis Building Information Modeling (BIM) Pembangunan Gedung Kantor Pelayanan Pajak Pratama Balige," *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 2, no. 1, 2022, doi: 10.51510/agregat.v2i1.733. [7]
- [4] A. Farhana and V. Abma, "Implementasi Konsep BIM 5D Pada Pekerjaan Struktur Proyek Gedung," 2022. [Online]. Available: <http://jurnal.univrab.ac.id/index.php/racic> [8]
- [5] F. N. Umam, E. Erizal, and H. Putra, "Peningkatan Efisiensi Biaya Pembangunan Gedung Bertingkat Dengan Aplikasi Building Information Modeling (BIM) 5D," *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 12, no. 1, p. 245, Apr. 2022, doi: 10.29103/tj.v12i1.704. [9]
- [6] N. S. Sukmadinata, *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung, 2011.
- [7] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung, 2013.
- [8] Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan*. 2015.
- [9] R. M., Supriadi. Hasanah, "Penggunaan Metode Pembelajaran Konvensional Pada Mata Pelajaran Ipa Siswa Sekolah Dasar," pp. 72–75, 2022.
- [10] I. Aulya Reista and dan Ilham, "Implementasi Building Information Modelling (BIM) dalam Estimasi Volume Pekerjaan Struktural dan Arsitektural," *Journal of Sustainable Construction*, vol. 2, no. 1, pp. 13–22, [Online]. Available: <https://journal.unpar.ac.id/index.php/josc>



Pengaruh Komposisi Limbah Botol Plastik Sebagai Material Paving Block Bermutu Tinggi

James WTP¹, Budiman²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Fakfak

¹jameswtp@gmail.com, ²budiman@polinef.id*

Abstract

Plastic waste is a type of waste that is difficult to decompose by natural processes so other alternatives are needed in its processing such as paving block construction materials. This study aims to determine the effect of the characteristics of plastic bottle waste and determine the compressive strength value of paving blocks. The method used in the study was an experiment in the Civil Engineering Laboratory, Politeknik Negeri Fakfak with a mixture composition of 100% PS, 50 PS: 50% KK, 40% PS: 60% KK with a rectangular paving block design type measuring 20 cm x 10 cm x 8 cm. The results showed that using 50% plastic bottle waste and 50% gravel affected the characteristics and compressive strength value of paving blocks. The compressive strength value of Paving Blocks using 50% PS bottle waste and 50% gravel was higher than the mixture of 100% PS bottle waste and the mixture of 40% PS bottle waste + 60% KK, which were 24.14 MPa, 22.79 MPa, and 21.58 MPa. The mix of 50% plastic bottle waste and 50% gravel showed good performance in the paving quality category, including a mixture of 20% PET and 80% fly ash with a quality of 24.20 MPa for use in pedestrian or parking areas.

Keywords: Plastic Bottle Waste, Paving Block, Compressive Strength Value

Abstrak

Limbah plastik merupakan jenis sampah yang sulit terurai oleh proses alam sehingga dibutuhkan alternative lain dalam pengolahannya seperti bahan konstruksi paving block. Penelitian ini bertujuan menentukan pengaruh karakteristik limbah botol plastik dan menentukan nilai kuat tekan paving block. Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu experiment di Laboratorium Teknik Sipil, Politeknik Negeri Fakfak dengan komposisi campuran PS 100%, PS 50 : KK 50%, PS 40% : KK 60% dengan tipe rancangan paving block persegi panjang dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 8 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan limbah botol plastik 50% dan Kerikil 50% berpengaruh terhadap karakteristik dan nilai kuat tekan paving block. Nilai kuat tekan Paving Block dengan menggunakan limbah botol PS 50% dan Kerikil 50% lebih tinggi dibandingkan campuran limbah botol PS 100% dan campuran limbah botol PS 40% + KK 60% yaitu masing-masing diperoleh 24,14 MPa, 22,79 MPa, dan 21,58 MPa. Campuran limbah botol plastik 50% dan kerikil 50% menunjukkan performa baik dalam kategori mutu paving, termasuk pada campuran PET 20% dan abu batu 80% dengan mutu 24,20 MPa untuk penggunaan di area pejalan kaki atau parkir.

Kata kunci: Limbah Botol Plastik, Paving Block, Nilai Kuat Tekan.

Diterima Redaksi : 2024-10-16 | Selesai Revisi : 2024-10-24 | Diterbitkan Online : 2025-08-04

1. Pendahuluan

Budaya membuang sampah sembarangan adalah kebiasaan yang telah terjadi sejak dahulu di kota Fakfak, Papua Barat dan penanganan yang kurang tepat tidak dapat mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan Kota Fakfak yang setiap hari semakin menumpuk. Upaya pemerintah hanya melakukan pengangkutan sampah ke tempat pembuangan akhir tanpa ada pengolahan limbah plastik misalnya hanya dibakar sehingga menambah masalah baru yaitu polusi udara.

Paving block adalah material yang sering juga disebut concrete block dengan beberapa model seperti kotak, persegi panjang dan persegi enam. Paving block biasanya digunakan sebagai salah satu alternatif penutup atau perkerasan permukaan jalan, selain itu dapat digunakan pengerasan dan memperindah trotoar jalan di kota-kota, pengerasan jalan dikomplek perumahan atau kawasan pemukiman, memperindah taman, pekarangan dan halaman rumah, pengerasan area parkir, area perkantoran, pabrik, taman dan halaman sekolah [1].



Menurut [2] bahan baku *paving block* yang pada umumnya, diganti menjadi campuran batu pecah dan limbah plastik. Dalam penelitian [3] pemanfaatan limbah plastik bekas untuk bahan utama pembuatan *paving block*. Hasil penelitian dengan nilai rata-rata kuat tekan 9,79 MPa yang dapat dimasukkan dalam paving block mutu D. Beberapa penelitian lainnya tentang pembuatan paving block dengan memanfaatkan limbah baik dari plastic maupun limbah serat alami [4], [5], [6], [7], [8], [9] dan [10].

Dalam penelitian ini khusus memanfaatkan limbah botol plastik sebagai bahan pembuatan paving block. Pemanfaatan limbah botol plastik ini sebagai pengganti semen untuk mengikat pada campuran kerikil dan memiliki nilai mutu kuat tekan yang baik.

2. Metode Penelitian

2.1 Desain penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium terhadap pengujian karakteristik kerikil seperti analisa saringan, kadar lumpur, kadar air, berat volume, modulus kekasaran. Apabila karakteristik agregat memenuhi standar kemudian dilanjutkan dengan pembuatan sampel dari cetakan persegi panjang ukuran 20 x 10 x 6 cm perawatan paving block pada umur 3, 7 dan 28 hari dan uji tekan dengan MTS STH Compression. Desain sampel penelitian disajikan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Sampel Penelitian

No.	Sampel Benda Uji Beton	% plastik	% kerikil	Umur Perawatan (hari)
1	9 Sampel	100	0	3, 7, 28
2	9 Sampel	50	50	3, 7, 28
3	9 Sampel	60	40	3, 7, 28

2.2 Pembuatan Paving Block

a. Tahap pencampuran

Campuran paving block menggunakan variasi komposisi yaitu limbah botol plastic 100%, PS 50% : KK 50%, PS 60% : KK 40%. Metode pencampuran yang digunakan yaitu metode pencampuran sederhana seperti dalam penelitian [11] mencampurkan kerikil kedalam plastik yang sudah leleh kemudian diaduk menggunakan pengaduk besi dalam keadaan masih dipanaskan.

b. Tahap Pencetakan

Cetakan sampel dari plat besi berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm, kerikil dihamburkan dibagian atas permukaan sampel dalam kondisi panas, kemudian dipres menggunakan alat pres modifikasi selama 5 menit dan didiamkan 15 menit sampai permukaan mengeras, proses pengeringan direndam dengan air pada wadah agar permukaan *paving block* mengeras [12].

2.3 Pengujian Paving Block

Pengujian kuat tekan beton menggunakan mesin

DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v6i2.1008>

otomatis MTS STH compression. Uji kuat tekan dilakukan pada paving block dengan umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari.

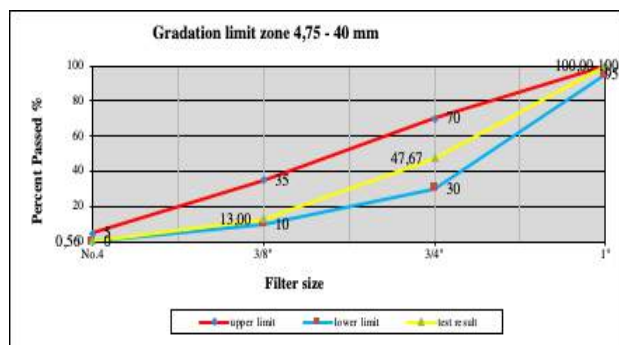
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar (kerikil) seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Kerikil

No	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pengujian	Keterangan
1.	Kadar lumpur	Maks. 1%	0.27%	Memenuhi
2.	Kadar air	0.5 - 2%	0.50%	Memenuhi
3.	Berat volume	1.4 - 1.9 kg/liter	1.61	Memenuhi
4.	Absorpsi	0.2 – 2%	2.04%	Memenuhi
5.	Berat jenis spesifik			
	Bj. dasar kering	1.6 – 3.3	2.45	Memenuhi
	Bj. Kering permukaan	1.6 - 3.3	2.57	Memenuhi
6.	Modulus Kekasaran	5.5 - 8.5	6.74	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 2 pada pengujian karakteristik agregat kasar diperoleh nilai kadar lumpur diperoleh 0.27% memenuhi syarat dan layak digunakan untuk campuran beton. Menurut [13] kerikil tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Nilai modulus kekasaran masuk zona 4,75 – 40 mm. Grafik hasil pengujian gradasi butiran agregat kasar seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat Kasar (Kerikil)

Untuk mengetahui kekuatan mutu paving block dilakukan pencampuran sederhana dengan komposisi material 100% limbah botol plastik, 50% limbah botol plastik dicampur 50% kerikil dan 40% limbah botol plastik dicampur kerikil 60%. Pembuatan sampel paving block model persegi panjang, dilakukan perawatan hingga 28 hari, kemudian dilakukan uji tekan dengan mesin MTS STH Compression pada Tabel 3 sedangkan nilai kuat tekan berdasarkan [14] seperti Tabel 4.

Tabel 3. Nilai Kuat Tekan Rata-Rata Paving Block

No.	Campuran Paving block	Kuat Tekan Terbaca (kN)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm ²)
01		116,558	
02	Plastik (PS) 100%	116,231	232,40
03		115,772	
04		122,455	
05	Plastik (PS) 50% + Kerikil (KK) 50%	122,933	246,18
06		123,822	
07	Plastik (PS) 40% + Kerikil (KK) 60%	110,427	220,08
08		110,356	
09		109,223	

Berdasarkan hasil pengujian nilai tekan paving block dengan menggunakan MTS STH Compression diperoleh nilai kuat tekan rata-rata pada campuran PS 100% sebesar 232,40 kg/cm², campuran PS 50% + KK 50% diperoleh 246,18 kg/cm², campuran PS 40% + KK 60% diperoleh 220,08 kg/cm². Nilai kuat tekan tersebut menunjukkan bahwa paving block dari campuran botol plastik 50% dan kerikil 50% memiliki nilai kuat tekan tertinggi. Peningkatan ini disebabkan adanya penambahan kerikil. Namun jika dibandingkan dengan komposisi botol plastik 40% dan kerikil 60% memiliki nilai kuat tekan menurun. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin bertambah kerikil yang digunakan maka nilai kuat tekan semakin menurun. Penurunan nilai kuat tekan disebabkan karena komposisi plastik berkurang sehingga daya ikat plastik terhadap kerikil tidak maksimal, dimana plastik tersebut berfungsi sebagai pengganti semen untuk mengikat pada kerikil.

Tabel 4. Nilai Kuat Tekan Campuran Paving Block Berdasarkan [14]

No.	Campuran Paving block	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Mutu SNI 03-0691-1996
01	Plastik (PS) 100%	22,79	B
04	Plastik (PS) 50% + Kerikil (KK) 50%	24,14	B
07	Plastik (PS) 40% + Kerikil (KK) 60%	21,58	B

Berdasarkan Tabel 4 nilai kuat tekan paving block dengan campuran PS 100%, PS 50% : KK 50%, PS 40% : KK 60% memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 22,79 MPa, 24,14 MPa dan 21,58 MPa.

Nilai kuat tekan paving block dengan campuran PS 100%, PS 50% : KK 50%, PS 40% : KK 60% menunjukkan bahwa penggunaan plastik 50% dan Kerikil 50% mempengaruhi nilai kuat tekan pada Paving Block. Nilai kuat tekan paving block dengan menggunakan PS 50% dan Kerikil 50% lebih tinggi dibandingkan menggunakan PS 100% namun jika campuran PS 40% dan kerikil 60% justru menurun.

Penurunan nilai kuat tekan disebabkan karena volume kerikil lebih besar dibanding volume plastik sehingga lekatan kurang maksimal.

Semakin tinggi persentase penggunaan kerikil pada paving block, maka nilai kuat tekan semakin menurun. Nilai kuat tekan pada campuran PS 100% sebesar 232,40 kg/cm² (22,79 MPa), campuran PS 50% + KK 50% diperoleh 246,18 kg/cm² (24,14 MPa) campuran PS 40% + KK 60% diperoleh 220,08 kg/cm² (21,58 MPa) Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa paving block dari campuran plastik 50% dan Kerikil 50% memiliki nilai kuat tekan tertinggi sebesar 24,14 MPa masuk kategori B berdasarkan [14] yaitu dapat digunakan untuk pejalan kaki.

Menurut [15] dalam penelitiannya tentang pemanfaatan limbah plastik untuk pembuatan paving block bahwa komposisi campuran paving block yang berbanding 50% plastik, dan 50% kerikil memiliki nilai kuat tekan tertinggi sebesar 50,97 MPa masuk kategori A berdasarkan SNI [14] yaitu dapat digunakan untuk jalan.

Dari hasil ini disimpulkan bahwa komposisi campuran limbah botol plastik 50% dan Kerikil 50% direkomendasikan untuk pembuatan paving block. Selain itu satu buah paving block dapat mengurangi limbah plastik sebanyak 5 kg sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan serta dapat menjadi peluang usaha paving block bagi masyarakat di Kabupaten Fakfak dengan model persegi panjang.

Sebagai pembandingan penggunaan limbah plastik untuk bahan material campuran paving block dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. State of the Art

Penulis	Hasil Penelitian
WTP, James, dan Budiman	Paving block dengan campuran limbah botol plastik 50% dan Kerikil 50% memiliki mutu 24,14 MPa.
Karisma, Dwifi Aprillia, Fauzie Nursandah, and Fitry Rahmawaty [16]	Campuran dengan rasio PET 20% dan abu batu 80% mencapai paving kategori B dengan kuat tekan 24,20 MPa.
Astanto, Mireikel Marvel, Steve WM Supit, dan Jeanelly Rangkang. [17]	Komposisi sampah plastik 5% mencapai kuat tekan tertinggi pada 28 hari yaitu 13,04 Mpa.
Riyandini, Vina Lestari, Hendri Sawir, dan Syukri Ilham [18]	Paving block terbaik dengan komposisi campuran 1 kg (plastik): 1 kg (fly ash) yang memiliki nilai kuat tekan yang hampir memenuhi standar SNI 03-0691-1996, yaitu 8,30 MPa.

Dari hasil penelitian, campuran limbah botol plastik dengan bahan lain menghasilkan variasi kuat tekan pada paving block:

1. Campuran limbah botol plastik 50% dan kerikil 50% menghasilkan kuat tekan 24,14 MPa, yang menunjukkan performa baik dalam kategori mutu paving.
2. Campuran PET 20% dan abu batu 80% mencapai mutu B dengan kuat tekan 24,20 MPa, sedikit lebih tinggi dari campuran limbah botol plastik dan kerikil, yang berfungsi untuk penggunaan di area pejalan kaki atau parkir.
3. Komposisi sampah plastik 5% menghasilkan kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari, yaitu 13,04 MPa, namun masih lebih rendah dibandingkan komposisi yang lebih tinggi dalam limbah plastik.
4. Campuran 1 kg plastik dengan 1 kg fly ash menghasilkan kuat tekan 8,30 MPa, yang hampir memenuhi standar SNI 03-0691-1996, meskipun lebih rendah dibanding campuran lainnya.

Sebagai bentuk rekomendasi penggunaan campuran limbah botol plastik atau jenis PET sebagai berikut:

1. Penggunaan campuran PET 20% dan abu batu 80% dapat dijadikan pilihan utama dalam pengembangan paving block, karena menghasilkan kuat tekan tertinggi (24,20 MPa) dan masuk kategori B, sehingga cocok untuk aplikasi struktural yang lebih berat.
2. Campuran limbah botol plastik 50% dan kerikil 50% juga layak dipertimbangkan, karena hasil kuat tekannya hampir setara dengan campuran PET dan abu batu, serta dapat menjadi solusi bagi pengelolaan limbah plastik.
3. Komposisi sampah plastik di bawah 10% sebaiknya dihindari, karena kuat tekannya jauh lebih rendah dari campuran lain dan tidak efisien untuk digunakan dalam konstruksi.
4. Penggunaan fly ash sebagai pengganti sebagian agregat dapat diteliti lebih lanjut, meskipun kuat tekannya lebih rendah, namun bisa menjadi pilihan untuk paving block dengan kebutuhan kekuatan sedang dan sekaligus memanfaatkan limbah fly ash.

Secara keseluruhan, fokus pada rasio campuran yang seimbang antara limbah plastik dan bahan lain seperti abu batu atau kerikil penting untuk mendapatkan mutu paving block yang optimal. Pemanfaatan limbah plastik dalam pembuatan paving block menawarkan beberapa keuntungan:

- a. Keuntungan Mekanik dan Lingkungan: Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan limbah plastik dapat meningkatkan beberapa sifat mekanik paving block, seperti kuat tekan dan kuat lentur [19]. Selain itu, penggunaan limbah plastik juga

mengurangi kebutuhan agregat alami dan mengurangi jumlah sampah plastik di TPA [20].

- b. Penghematan Biaya: Limbah plastik umumnya lebih murah daripada agregat alami, sehingga dapat mengurangi biaya produksi paving block [21].
- c. Bobot yang Lebih Ringan: Paving block yang terbuat dari limbah plastik cenderung lebih ringan daripada paving block konvensional, sehingga lebih mudah dalam pengangkutan dan pemasangan [19].

Meskipun memiliki banyak keuntungan, terdapat beberapa tantangan dalam penggunaan limbah plastik untuk paving block:

- a. Variabilitas Kualitas: Kualitas limbah plastik dapat bervariasi tergantung pada jenis dan cara pengolahannya. Hal ini dapat memengaruhi kualitas dan konsistensi paving block yang dihasilkan.
- b. Ketersediaan: Ketersediaan limbah plastik yang cukup dan konsisten dapat menjadi kendala dalam produksi skala besar.
- c. Persepsi Pasar: Penerimaan pasar terhadap paving block dari limbah plastik masih perlu ditingkatkan.

4. Kesimpulan

Penggunaan campuran limbah botol plastik 50% dan Kerikil 50% mempengaruhi nilai kuat tekan pada paving block. Nilai kuat tekan Paving Block dengan menggunakan PS 50% dan Kerikil 50% lebih tinggi dibandingkan campuran PS 100% dan campuran PS 40% + KK 60% yaitu masing-masing diperoleh 24,14 MPa, 22,79 MPa, dan 21,58 MPa. Campuran limbah botol plastik 50% dan kerikil 50% menunjukkan performa baik dalam kategori mutu paving, termasuk pada campuran PET 20% dan abu batu 80% dengan mutu 24,20 MPa untuk penggunaan di area pejalan kaki atau parkir.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Pimpinan Politeknik Negeri Fakfak selaku pemberi bantuan dana rutin dan begitu pula terhadap Ketua Jurusan Teknik Sipil yang sudah memfasilitasi sarana laboratorium dalam penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] Artiani, G.P. Bahan konstruksi ramah lingkungan dengan pemanfaatan limbah botol plastik kemasan air mineral dan limbah kulit kerang hijau sebagai campuran paving block. *Jurnal Konstruksia*, 9. 2: 25-30. 2018.
- [2] Murdiyoto, A.R., Pemanfaatan limbah botol plastik jenis PET (poly-ethylene terephalate) untuk agregat kasar pembuatan paving block. *TESIS MAGISTER*, Program Studi Ilmu Material, Universitas Indonesia, Juli 2011.
- [3] Burhanuddin dkk. Pemanfaatan Limbah Plastik Bekas Untuk Bahan Utama Pembuatan *Paving Block*. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 18.1. 2018.
- [4] Bakhtiar, A. Studi peningkatan mutu paving-block dengan penambahan abu sekam padi. *Jurnal Portal*, 1. 2: 73-80. 2009.

- [5] Sherliana, Studi kuat tekan paving block dengan campuran tanah, semen dan abu sekam padi menggunakan alat pemadat modifikasi. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 4. 1: 99-112. 2016.
- [6] Sudibyo, G.H, Haryanto, Y, Fatkhurrozak, F. Abu terbang (fly ash) sebagai bahan tambah untuk meningkatkan kuat tekan bata beton (paving block), *Dinamika Rekayasa*, 4. 2: 65-76. 2008.
- [7] Anggodo, A. Pengaruh penggunaan abu batu bara (fly ash) terhadap kuat tekan paving block. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, Vol. 4, No.1. 2014.
- [8] Luthfizar, G.Y, Puji, F.S, dan Akbari, T. Pemanfaatan limbah pasir silika sebagai bahan pengganti pasir untuk pembuatan paving block. *JURNALIS*, Vol. 2, No.1, Februari 2019.
- [9] Adilah, F. Pengaruh campuran silica fume sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan paving block dengan metode tekanan. *SKRIPSI-S1. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta*. 2020.
- [10] Harijanto, F.D, Kasiati, E, Wibowo, B, Arifin, S. Penambahan abu ampas tebu dan limbah boma bisma indra untuk pembuatan paving block. *Jurnal Aplikasi*, Vol.12, No.1, Februari 2014.
- [11] Widodo, s., marleni, n. N., & firdaus, n. A. Pelatihan pembuatan paving block dan eco-bricks dari limbah sampah plastik di kampung tulung kota magelang. *Community empowerment* vol.3 no.2. pp.63-66. 2018.
- [12] Rhoma, F. Pembuatan *Paving Block* Berbahan Dasar Limbah Plastik Polyethylene, Bottom Ash Hasil Isenerasi Dan Bahan Tambahan Pasir. Skripsi. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang. Semarang. 2020.
- [13] Mulyono, T. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi Offset. 2005.
- [14] SNI 03-0691-1996, *Paving Blok*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia. 1996
- [15] Sudarno, Nicolaas S, Assa V. Pemanfaatan Limbah Plastik Untuk Pembuatan *Paving Block*. *Jurnal Teknik Sipil Terapan (JTST)*, 3 (2), 101-110. 2021.
- [16] Karisma, Dwifi Aprillia, Fauzie Nursandah, and Fitry Rahmawaty. "Utilization of plastic bottle waste as material for making sustainable cement-less aesthetic paving blocks." *INERSIA Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur* 19.2: 261-270. 2023.
- [17] Astanto, Mireikel Marvel, Steve WM Supit, and Jeanely Rangkang. "Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Paving Block Berpori Menggunakan Limbah Botol Plastik Tipe Polyethylene Terephthalate." *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*. Vol. 8. No. 1. 2022.
- [18] Riyandini, Vina Lestari, Hendri Sawir, and Syukri Ilham. "Daur Ulang Limbah Plastik Polyethylene Terephthalate (PET) dan Abu Terbang (Fly Ash) Menjadi Paving Block." *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology* 5.1: 37-41. 2024.
- [19] Cahyani, Risti Indah, et al. "Paving Block Quality With Several Types of Plastic Waste on Compressive Strength." *Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin* 1.12. 2023.
- [20] Hamid, Nor Baizura, et al. "Development of paving blocks using waste materials." *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng* 8: 1329-1335. 2019.
- [21] Arnandha, Y., A. Rakhmawati, and H. H. Ali. "Study of Utilizations of Recycled LDPE Plastic and Stone Ash Waste from Remaining Split Stone Fragments for Block Paving Application." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1625. No. 1. IOP Publishing, 2020.



Pengaruh Penggunaan Abu Terbang Dan (*Bestmittel*) Terhadap Kuat Tekan Mortar Mutu Tinggi

Ratna Qolbilla¹, Dadang Dwi Pranowo², Moh. Galuh Khomari³, Catur Bejo Santoso⁴, Ahmad Utanaka⁵

^{1,2,3,4,5} Teknik Sipil, Teknik, Politeknik Negeri Banyuwangi

¹qolbil28@gmail.com, ²dadangdp@poliwangi.ac.id, ³mohamadgaluh@poliwangi.ac.id, ⁴catur@poliwangi.ac.id,

⁵ahmad.utanaka@poliwangi.ac.id

Abstract

High-grade mortar is a mortar that has very dense material characteristics with compressive strength reaching more than 150 MPa; the use of this mortar can strengthen the building. Increasing the strength of mortar by looking for grain size gradations that can fill the space. In this study, a mixture of normal mortar with fly ash waste additives and Bestmittel is used, which is expected to help improve quality and achieve the desired compressive strength. The tests carried out were compressive strength tests on 0.5% Bestmittel variations and fly ash variations of 0%, 10%, and 20% by weight of cement. Tests were carried out at the ages of 3, 14, and 28 days. The results showed that the effect of adding the proportion of fly ash and bestmittel to mortar according to SNI 2002 can be categorized as high quality mortar, with a compressive strength value at the age of 28 days in the 10% variation (FAB-10%) of 42.96 MPa, and 20% variation (FAB-20%) of 47.58 MPa. Therefore, the use of fly ash with bestmittel additives and the type of age shows a higher compressive strength value due to the fine grains in fly ash, and bestmittel can accelerate the hardening.

Keywords: Bestmittel, Compressive Strength, Fly Ash, High Quality, Mortar.

Abstrak

Mortar mutu tinggi adalah mortar yang mempunyai karakteristik sebagai material yang sangat padat dengan kuat tekan mencapai lebih dari 150 MPa, penggunaan mortar mutu tinggi perlu diperhatikan agar dapat memperkuat suatu bangunan. Peningkatan kekuatan mortar dengan cara meningkatkan kepadatan dengan mencari susunan gradasi ukuran butir yang dapat mengisi ruang kosong pada mortar. Pada penelitian ini digunakan pencampuran normal mortar dengan bahan tambah dari limbah *fly ash* dan zat aditif *Bestmittel* yang diharapkan dapat membantu peningkatan mutu mortar serta mencapai kuat tekan yang diinginkan. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan dengan variasi komposisi persentase campuran *Bestmittel* 0,5% serta variasi persentase penggunaan *fly ash* diantaranya 0%, 10%, dan 20% dari berat semen. Pengujian dilakukan pada umur 3, 14, dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh penambahan proporsi *fly ash* dan zat aditif tipe E *bestmittel* terhadap mortar sesuai SNI 2002 dapat dikategorikan mortar mutu tinggi, dengan nilai kuat tekan variasi *fly ash bestmittel* 10% (FAB-10%) umur 28 hari sebesar 42,96 MPa, serta nilai kuat tekan variasi *fly ash bestmittel* 20% (FAB-20%) umur 28 hari sebesar 47,58 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *fly ash* dengan zat aditif *bestmittel* serta lama waktu perawatan atau umur mortar menunjukkan semakin tinggi nilai mutu kuat tekan yang dihasilkan dikarenakan butiran halus yang terkandung pada *fly ash* dan zat aditif yang dapat mempercepat waktu pengerasan atau *hidrasi*.

Kata kunci: *Bestmittel, Fly Ash, Kuat Tekan, Mortar, Mutu Tinggi.*

Diterima Redaksi : 2024-10-16 | Selesai Revisi : 2024-10-25 | Diterbitkan Online : 2025-08-04

1. Pendahuluan

Pembangunan perlu adanya pembaharuan dengan inovasi agar menciptakan bangunan yang kokoh, tahan lama, serta memiliki mutu tinggi. Suatu pembangunan sangat bergantung terhadap beberapa sumber daya dalam pelaksanaannya seperti material, tenaga kerja, metode pelaksanaan dan peralatan yang digunakan. Pada pekerjaan bangunan terdapat bahan utama yang sering digunakan yaitu bahan ikat, pada ilmu bahan bangunan

terdapat beberapa jenis bahan ikat diantaranya semen, kapur, pozzolan, serta beberapa bahan ikat lainnya. Tiap bahan ikat memiliki kekurangan serta kelebihan masing-masing, namun penggunaan semen *portland* masih menjadi bahan ikat utama yang digunakan. Peningkatan harga bahan semen *portland* akan berpengaruh terhadap kualitas bangunan, harga semen yang meningkat dapat memunculkan penggunaan yang diminimalisir dari standar ukuran.



Lisensi

Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

Selain itu, tercatat data angka kebutuhan semen mencapai 62,7 juta ton pada tahun 2020 bahkan produksi semen sendiri melebihi data kebutuhan permintaan sebanyak 115,3 juta ton [1]. Teknologi industri semen cenderung boros energi dan menjadi sumber dari sekitar 8% emisi karbon dioksida (CO₂) dunia hingga kenaikan global [2]. Dari keadaan tersebut penggunaan semen yang memungkinkan untuk menyumbang emisi karbon juga dapat terjadi pada pembuatan mortar. Sehubungan dengan hal itu, maka dilakukan penelitian sebagai upaya untuk menemukan sumber lain sebagai bahan alternatif pengganti sebagian semen. Bahan alternatif tersebut didapat dengan cara memanfaatkan limbah-limbah industri dan konstruksi yang selama ini dibiarkan dan dibuang begitu saja. Salah satu limbah industri yang dapat dimanfaatkan adalah abu terbang (*Fly Ash*) sebagai bahan tambah atau pengganti sebagian semen pada mortar.

Mortar mutu tinggi bergantung terhadap rasio air pada mortar dikarenakan kandungan yang tergantung cenderung lebih banyak dibandingkan pada beton, rasio air pada mortar akan berpengaruh pada kuat tekan yang akan dihasilkan serta penambahan atau pengganti material konvensional dengan menambahkan bahan tambah lainnya yang memiliki kandungan hampir sama seperti material pembentuk mortar normal. Mortar mutu tinggi adalah mortar yang mempunyai karakteristik sebagai material yang sangat padat dengan kuat tekan bisa mencapai lebih dari 150 MPa. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan mortar dengan cara meningkatkan kepadatan dengan mencari susunan gradasi ukuran butiran yang dapat mengisi ruang kosong [3].

Pada penggunaan *fly ash* sebagai campuran beton atau mortar mempunyai keuntungan yaitu dapat memperbaiki sifat beton atau mortar tersebut. *Fly ash* juga dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki kinerja mortar berdasarkan gradasi atau kehalusan *fly ash*, dari penelitian dengan substitusi semen 10%, 20%, 30% dan 40% [4]. Namun pada beberapa kasus, campuran beton memerlukan bahan tambah untuk menunjang *performance-nya*. Untuk mendapatkan mortar mutu tinggi selain pemanfaatan limbah *fly ash* juga dapat dengan menunjang permasalahan lain yang memungkinkan terdapat pada mortar dengan menambahkan zat aditif. Zat aditif *Bestmittel* adalah bahan yang dapat membantu meningkatkan *peformance* serta *workability* (kemudahan dalam pengerjaan) pada campuran mortar [5]. Penggunaan zat aditif ini dikarenakan memiliki keunggulan mempersingkat proses pembetonan, cetakan mortar atau beton dapat dilepas lebih cepat, mengurangi pemakaian air 5% - 20% sehingga menjadikan beton lebih solid dan lebih plastis selain itu penggunaan zat aditif *bestmittel* sangat membantu pengecoran dengan jadwal waktu yang ketat atau padat karena beton cepat mengeras pada usia awal dan dapat meningkatkan mutu kekuatan beton 5%-10%

[6]. Bahan limbah material *fly ash* memiliki kandungan sama dengan kandungan pada semen, oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *fly ash* dan zat Aditif tipe E *Bestmittel* terhadap kuat tekan mortar mutu tinggi.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental pembuatan mortar mutu tinggi berupa penambahan bahan campuran abu terbang (*fly ash*) serta zat aditif *bestmittel*. Penelitian dilakukan di laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Banyuwangi. Adapun tahapan penelitian dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

2.1. Pengujian Karakteristik Material

Pengujian karakteristik merupakan pengujian yang dilakukan guna mengetahui sifat atau karakteristik dari material yang digunakan sebagai bahan pembentuk mortar serta apakah bahan dapat mempengaruhi sifat yang terkandung pada benda uji mortar. Dalam pengujian ini digunakan agregat halus (pasir) [7] berupa jenis pasir Lumajang, bahan perekat berupa jenis Semen (PCC), dan bahan tambah *fly Ash*. Adapun pengujian karakteristik yang dilakukan dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 1. Pengujian Karakteristik dan Acuan Pengujian Pasir

Jenis Pengujian	Range Nilai	Standar Acuan
Berat Jenis	1,6-3,3	SNI 03-1970-1990 [8]
Kadar Lumpur	<5 %	SNI 03-4428-1997 [9]
Air Resapan	0,5 – 5 %	SNI 03-1971-1990 [10]
Kelembapan	<2%	SNI 03-1968-1990 [11]
Kehalusan	1,5 – 3,8 %	SNI 03-1968-1990 [12]
Berat Volume	1,4 – 1,9 gr/ltr	SNI 03-1973-1990 [13]

Tabel 2. Pengujian Karakteristik dan Acuan Pengujian Semen dan FA

Jenis Pengujian	Range Nilai	Standar Acuan
BJ (Semen)	3,0 – 3,2	ASTM C 187-89 [14]
BJ (<i>Fly Ash</i>)	1,6 – 3,1	SNI 03-6863-2002 [15]
Konsistensi Normal	25 - 29 %	ASTM C 187-86 [16]
Waktu Ikat	49 – 202 (initial) < 372 (final)	ASTM 119-92 [17]
Kehalusan	<22%	SNI 15-2531-1991 [18]

Pengujian karakteristik pada abu terbang (*fly ash*) tidak dilakukan uji kimiawinya hanya sifat fisik pengujian yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan substitusi sebagian pada campuran mortar sebagai pengganti sebagian dari semen.

2.2. Perancangan *Mix Design*

Perancangan *mix design* dilakukan sesuai dengan SK SNI 03-6825-2002 [19], metode pembuatan campuran mortar normal dengan perhitungan kebutuhan:

1. Semen = 500 gr
2. Pasir = 1.375 gr
3. Air = 242 ml

Dari metode tersebut digunakan jenis variasi pada penggunaan material yaitu air yang digunakan, jika pada SNI acuan nilai FAS yang digunakan adalah 0,48. Maka pada penelitian ini digunakan variasi jenis FAS pada campuran variasi bahan tambah nilai FAS 0,32 guna sebagai penunjang dalam rencana pembuatan mortar mutu tinggi, dikarenakan semakin banyak air yang terkandung dalam mortar maka kuat tekan yang dihasilkan semakin sedikit. Tujuan dari variasi FAS ini guna mencapai nilai kuat tekan mortar mutu tinggi yang diharapkan, acuan standar mutu tinggi melebihi dari jenis mortar M dengan nilai kuat tekan 17,2 MPa. Dalam penelitian ini, bahan tambah *fly ash* (FA) dan zat aditif *bestmittel* (B) dilakukan substitusi dari berat semen.

penelitian digunakan 3 jenis variasi campuran bahan tambah substitusi limbah *fly ash* dan zat aditif *bestmittel* yaitu 0% mortar normal (NM), FA-10% + B-0,5% (mortar variasi 2 FAB-10%), dan variasi FA-20% + B-0,5% (mortar variasi 3 FAB-20%). Sampel atau benda uji dibuat sebanyak masing-masing sampel 6 buah untuk tiap variasi formula benda uji pada umur mortar 3, 14, dan 28 hari.

2.3. Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan benda uji mengacu pada proses SNI 03-6825-2002 yaitu tahap pencampuran material penyusun mortar, pada proses pencampuran air perlu dilakukan pencampuran dengan zat aditif *bestmittel* begitu pula dengan campuran *fly ash* terhadap semen. Proses pengadukan campuran semen dan air kedalam mangkok mesin pengaduk selama 30 detik atau merata selanjutnya memasukkan pasir hingga campuran homogen.

2.4. Uji *Flow Table*

Uji *flow table* dilakukan untuk mengetahui kelecakan (*flow*) pada mortar serta nilai kelecakan (*workability*). Pengujian ini dapat dilakukan beberapa kali hingga menemukan campuran pada benda uji yang diinginkan. Pengujian dilakukan hingga diperoleh diameter rata-rata (*dr*) sama dengan 1,00 – 1,15 kali diameter semula (*ds*).

2.5. Pencetakan Benda Uji

Benda uji dicetak menggunakan kubus berukuran 5 x 5 x5 cm mengacu pada SNI 03-6825-2002. Pada bagian dalam cetakan dilapisi oli atau pelumas untuk memudahkan proses pembongkaran benda uji.

2.6. Perawatan Benda Uji

Pada proses perawatan benda uji atau *curing* yang dilakukan menggunakan metode perendaman pada air selama waktu yang telah ditentukan yaitu usia mortar 3 hari, 14 hari, dan 28 hari. Proses perawatan perlu dicek secara berkala agar benda uji tidak mengalami kerusakan saat perendaman, menjaga kebersihan lokasi perendaman.

2.5. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan setelah proses *curing* atau perendaman dengan variasi umur 3, 14, dan 28 hari. Sebelum dilakukan proses kuat tekan benda uji di keluarkan dari dalam bak perawatan dan di angin-anginkan pada suhu ruang hingga benda uji kering. Setelah benda uji kering selanjutnya ditimbang berat benda uji dan proses selanjutnya pengujian kuat tekan, mesin kuat tekan atau *Compression Testing Machine* (CTM). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui mutu dan klasifikasinya dilakukan pengujian kuat tekan terhadap mortar yang akan diambil datanya. Kekuatan tekan mortar dapat dihitung sesuai (SNI 03-6815-2002) [20]. Dalam persamaan 1.

$$\sigma_m = \frac{P_{maks}}{A} \quad (1)$$

Dengan :

σ_m = kekuatan tekan mortar (MPa)
 P_{maks} = Gaya tekan maksimum benda uji (mm²)
 A = Luas penampang benda uji (mm²)

Selain dilakukan pengujian kuat tekan, benda uji mortar juga dilakukan pengujian air resapan mortar untuk mengetahui berapa besar pengaruh daya resap dari mortar, hal ini berhubungan dengan volume pori yang terdapat pada benda uji. Uji air resapan mortar dapat dihitung menggunakan persamaan 2.

$$Resapan\ Air\ Mortar = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan :

m_b = massa basah dari benda uji (gr)
 m_k = massa kering oven dari benda uji (gr)

2.6. Standar Deviasi

Standar deviasi merupakan parameter statistika yang paling banyak digunakan untuk menentukan besarnya variabilitas suatu sampel. Besarnya angka tersebut diperkirakan melalui harga S, besarnya harga S tidaklah *absolute* melainkan bervariasi dari sampel ke sampel. Standar deviasi pada benda uji mortar disesuaikan dengan standar deviasi pada ketentuan SNI 03-6815-2002 [20] persyaratan standar deviasi pada beton. Standar deviasi dapat dihitung menggunakan persamaan 3.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Dengan:

S = Standar Deviasi (kg/cm²)
 X_1 = Hasil Pengujian Individu (Mpa)
 \bar{X} = Hasil Uji Rata-Rata (Mpa)
 n = Jumlah Pengujian (Buah)

2.7. Koevisien Variasi

Nilai hasil dari standar deviasi kemudian digunakan untuk mencari koefisien variasi sesuai pada SNI 03-6815-2002 [20] standar kontrol beton koefisien variasi pengujian Lapangan dan Laboratorium. Pengujian ini berfungsi untuk mengevaluasi kualitas dari campuran, pengendalian proses, penilaian ketahanan struktur benda uji, optimasi

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik material dan uji pada mortar yang telah dilakukan maka didapatkan hasil sebagai berikut.

3.1. Hasil Uji Karakteristik Material

Pengujian karakteristik material dilakukan pada agregat halus (pasir), semen, dan *fly ash* untuk mengetahui kualitas material yang akan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan mortar, sehingga dapat menunjang perolehan mutu kuat tekan dengan mutu tinggi. Adapun pengujian karakteristik agregat halus yang dilakukan meliputi uji berat jenis, air resapan, kadar lumpur, kelembapan, kehalusan, dan berat volume. Pengujian karakteristik semen dan *fly ash* meliputi berat jenis, konsistensi normal, waktu ikat, dan kehalusan. Berikut hasil pengujian karakteristik material yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 3 Hasil Pengujian Karakteristik Pasir

Jenis Pengujian	Range Nilai	Hasil
Berat Jenis	1,6-3,3	2,74 (memenuhi)
Kadar Lumpur	<5 %	4,54% (memenuhi)
Air Resapan	0,5 – 5 %	2,04% (memenuhi)
Kelembapan	<2%	1,83% (memenuhi)
Kehalusan	1,5 – 3,8 %	2,36% (zona 2)

Tabel 4 Hasil Pengujian Karakteristik semen

Jenis Pengujian	Range Nilai	Standar Acuan
BJ (Semen)	3,0 – 3,2	3,07 (memenuhi)
Konsistensi Normal	25 - 29 %	25% (memenuhi)
Waktu Ikat	49 – 202 (intial) < 372 (final)	90 menit (memenuhi)
Kehalusan	<22%	15,25% (memenuhi)

Tabel 5 Hasil Pengujian Karakteristik *fly ash* + semen

Jenis Pengujian	Range Nilai	Standar Acuan
BJ (<i>Fly Ash</i>)	1,6 – 3,1	2,73 (memenuhi)
Konsistensi	25 - 29 %	25% dan 24 % (memenuhi)
Waktu Ikat	49 – 202 (intial) < 372 (final)	75 menit (memenuhi)
Kehalusan	<22%	12,75% (memenuhi)

3.2. Hasil *Mix Design*

Penelitian ini direncanakan kuat tekan mutu tinggi yaitu 45 MPa. Berdasarkan mutu kuat tekan rencana serta perhitungan yang dilakukan maka berikut kebutuhan material yang dibutuhkan dalam proses pembuatan benda uji pada Tabel 5.

Tabel 6 Kebutuhan Material 3 Variasi Benda Uji

Kode	Pasir (gr)	Air (ml)	Semen (gr)	<i>Fly Ash</i> (gr)	<i>Bestmit</i> (gr)
NM	6.857	600	1.500	-	-
FAB-10%	6.857	480	1.243	150	6,75
FAB-20%	6.857	480	1.194	300	6,00
Total	20.571	1.560	4.037	450	12,75

3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

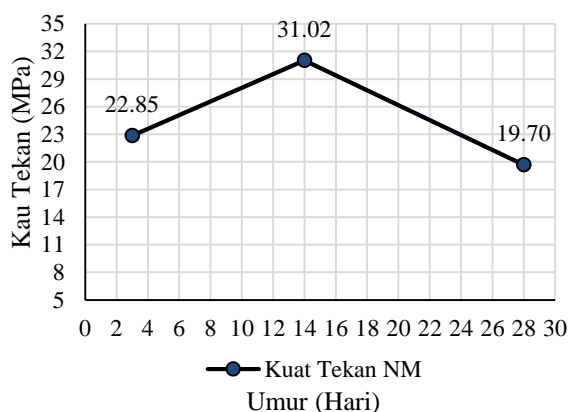
Pengujian kuat tekan mortar dilakukan menggunakan alat *Compression Testing Machine (CTM)*.

1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Normal (NM)

Mortar Normal atau (NM) merupakan mortar benda uji yang buat sebagai acuan hasil penelitian, tanpa adanya penambahan bahan tambah *fly ash* maupun zat aditif *bestmittel*. Mortar normal (NM) diuji kuat tekannya pada umur 3, 14, dan 28 hari dengan masing-masing sampel 6 sampel. Berikut hasil pengujian kuat tekan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Kuat Tekan Mortar Normal (NM)

Umur Mortar (Hari)	Kuat Tekan (MPa)	Standar Deviasi (%)
3	22,85	1,02
14	31,02	0,69
28	19,70	0,68



Gambar 2. Grafik hasil kuat tekan mortar normal (NM)

Berdasarkan Gambar 2, menunjukkan bahwa hasil kuat tekan mortar dengan campuran mortar normal mengalami peningkatan maksimum pada umur 14 hari dengan nilai rata-rata 31,024 MPa serta mengalami penurunan mutu pada umur 28 hari yaitu 19,698 Mpa. Penurunan nilai mutu mencapai 36,5% pada umur 28 hari menunjukkan penurunan yang signifikan. Pengujian ini dikatakan gagal pada umur 28 hari, karena idealnya campuran mortar normal mengalami peningkatan setiap bertambahnya umur benda uji atau umur masa *curing*, pada umur 28 hari proses hidrasi dari semen telah mencapai sekitar 70-90% dari kekuatan akhirnya dimana pada umur 28 hari pasta dan mortar akan memperoleh kekuatan yang diinginkan sehingga pengujian normal mortar tidak dapat dijadikan acuan terhadap mortar variasi campuran FAB-10% dan FAB-20%.

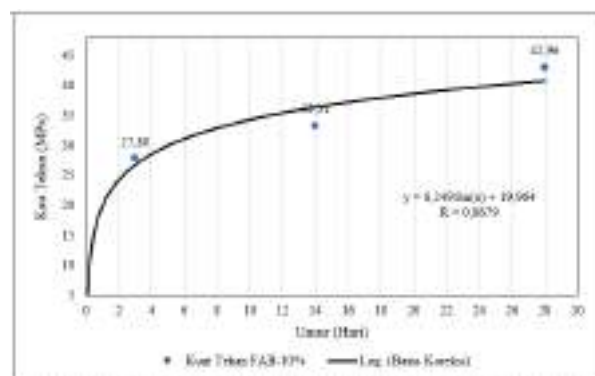
2. Hasil Pengujian Kuat Tekan FAB-10%

Pengujian menggunakan mesin kuat tekan (CTM)

Pada pengujian ini benda uji ditambahkan dengan bahan tambah berupa *fly ash* sebanyak 10% dari berat semen dan zat aditif *bestmittel* 0,5% dari berat semen. Mortar diuji pada umur 3, 14, dan 28 hari dengan masing-masing variasi umur sebanyak 6 sampel. Berikut hasil pengujian kuat tekan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Kuat Tekan Mortar variasi (FAB-10%)

Umur Mortar (Hari)	Kuat Tekan (MPa)	Standar Deviasi (%)	Koefisien (%)
3	27,80	0,48	1,74
14	33,31	0,51	1,52
28	42,96	1,33	3,09



Gambar 3. Grafik hasil kuat tekan mortar variasi *fly ash* (FAB-10%)

Berdasarkan Gambar 3, menunjukkan bahwa hasil kuat tekan mortar dengan campuran mortar FAB-10% mengalami peningkatan pada setiap umurnya dan telah mencapai mutu tinggi. Kuat tekan maksimum dapat dilihat pada umur 28 hari dengan nilai rata-rata 42,96 MPa dengan nilai korelasi yang telah dijabarkan dalam persamaan $(6,2491\ln(x) + 19,964)$ dengan nilai korelasi (R) sebesar 0,8679, menunjukkan hubungan signifikan (korelasi kuat atau bagus) antara umur dan kuat tekan yang diperoleh. Sedangkan pada standar deviasi pengujian koefisien yang diperoleh termasuk dalam kategori “**Terbaik**” sesuai dengan SNI 03-6815-2002 dengan nilai sebesar 1,33 MPa, nilai ini termasuk dalam kategori terbaik karena masuk dalam nilai standar koefisien antara < 14,1 standar kontrol beton pengujian laboratorium. Persentase peningkatan mutu pada campuran FAB-10% dengan campuran mortar normal pada tiap variasi umurnya yaitu pada umur 3 hari meningkat 21,68% dari variasi campuran normal, pada umur 14 hari peningkatan sebanyak 7,38% dari campuran normal, dan pada umur 28 hari meningkat 118,07% dari campuran normal. Sedangkan pada campuran FAB-10% sendiri pada tiap variasi umurnya meningkat sebanyak 19,81% dan 30,40%.

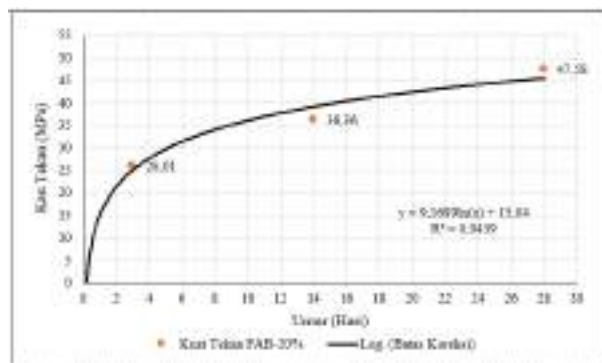
3. Hasil Pengujian Kuat Tekan FAB-20%

Pada pengujian ini benda uji ditambahkan dengan bahan tambah berupa *fly ash* sebanyak 20% dari berat semen dan zat aditif *bestmittel* 0,5% dari berat semen. Mortar diuji pada umur 3, 14, dan 28 hari dengan masing-

masing variasi umur sebanyak 6 sampel. Berikut hasil pengujian kuat tekan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Kuat Tekan Mortar variasi (FAB-20%)

Umur Mortar (Hari)	Kuat Tekan (MPa)	Standar Deviasi (%)	Koefisien (%)
3	26,01	0,57	2,19
14	36,36	1,08	2,98
28	47,58	1,03	2,17

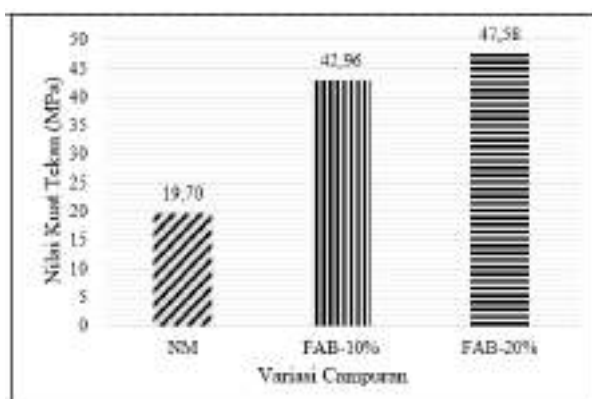


Gambar 4. Grafik hasil kuat tekan mortar variasi *fly ash* (FAB-20%)

Berdasarkan Gambar 4, menunjukkan bahwa hasil kuat tekan mortar dengan campuran *fly ash* 10% dan zat aditif *bestmittel* FAB-20% mengalami peningkatan pada setiap umurnya dan telah mencapai mutu tinggi dengan nilai optimum terdapat pada umur 28 hari hasil rata-rata 47,580 MPa dengan nilai korelasi yang telah dijabarkan dalam persamaan $(9,1689\ln(x) + 15,04)$ dengan nilai korelasi (R) sebesar 0,9439, menunjukkan hubungan signifikan (korelasi sangat kuat) antara umur dan kuat tekan yang diperoleh serta nilai pada umur 3 dan 14 hari yaitu 26,008 MPa dan 36,356 MPa. Sedangkan pada standar deviasi pengujian koefisien yang diperoleh termasuk dalam kategori “**Terbaik**” sesuai dengan SNI 03-6815-2002 dengan nilai sebesar 1,03 MPa, nilai ini termasuk kedalam kategori terbaik karena masuk dalam nilai standar koefisien antara < 1,41 standar kontrol beton pengujian laboratorium. Persentase peningkatan mutu pada campuran FAB-20% dengan campuran mortar normal pada tiap variasi umurnya yaitu pada umur 3 hari meningkat 13,82% dari variasi campuran normal, pada umur 14 hari peningkatan sebanyak 17,19% dari campuran normal, dan pada umur 28 hari peningkatan sebanyak 141,55% dari campuran normal. Sedangkan pada campuran FAB-20% sendiri pada tiap variasi umurnya meningkat sebanyak 39,79% dan 30,87% sehingga peningkatan persentase optimum terjadi pada umur 14 hari yang menunjukkan masa awal perendaman atau perawatan hingga pertengahan umur.

3.4 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Mortar

Nilai rekapitulasi kuat tekan mortar pada umur 28 hari untuk mengetahui peningkatan pada umur maksimum pengujian. Berikut pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hasil kuat tekan 28 hari

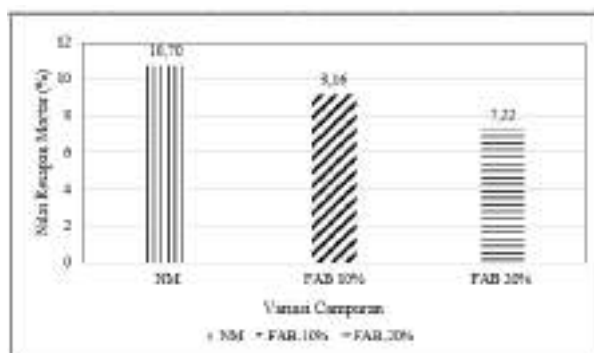
Berdasarkan Gambar 5, nilai kuat tekan 28 hari pada mortar ini mengalami peningkatan setiap bertambahnya penggunaan *fly ash* pada campuran, hal ini juga dikarenakan sifat yang terkandung dan butiran halus pada *fly ash*, selain itu penambahan zat aditif *bestmittel* yang dapat mempercepat waktu ikat pada mortar. Namun kenaikan mutu kuat tekan yang terjadi antara variasi FAB-10% terhadap variasi FAB-20% kurang signifikan, kenaikan hanya berkisar 10% berbanding terbalik dengan kenaikan mutu kuat tekan dari variasi NM terhadap variasi FAB-10% yaitu 118,07%, menunjukkan peningkatan melebihi setengah nilai mortar NM.

3.5 Pengujian Resapan Air Mortar

Pengujian air resapan mortar dilakukan hanya pada benda uji umur 28 hari pada masing-masing jenis variasi campuran. Pengujian air resapan mortar disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Air resapan mortar

Nama Benda uji	Resapan Air Mortar (%)
NM	10,70
FAB-10%	9,16
FAB-20%	7,22



Gambar 6. Resapan Air Mortar

Dari grafik pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa semakin tinggi presentasi kadar *fly ash* yang digunakan maka semakin rendah nilai penyerapan air pada mortar dengan catatan penggunaan bahan tambah zat aditif. Nilai

minimum penyerapan air terdapat pada variasi FAB-20% yaitu 7,22% dan penyerapan maksimum terjadi pada variasi NM yaitu 10,70%. Sehingga penggunaan *fly ash* semakin banyak maka penyerapan semakin tinggi pula, hal ini juga dikarenakan butiran pada *fly ash* dapat mengisi udara dalam campuran.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian bahwa dengan semakin tinggi penambahan *fly ash* serta penggunaan zat aditif *bestmittel* pada benda uji mortar maka semakin tinggi nilai kuat tekan yang dihasilkan, hal ini dikarenakan sifat yang terkandung pada *bestmittel* yang menunjukkan pengikatan atau proses hidrasi lebih cepat. Sedangkan ukuran (sifat fisis) yang digunakan dalam pembuatan mortar telah sesuai dengan standar pada SNI, yaitu semakin banyak kadar penambahan *fly ash* dan zat aditif maka benda uji semakin halus serta tidak mudah keropos. Hasil nilai kuat tekan penelitian benda uji umur 28 hari berturut-turut pada variasi FAB-10% sebesar 42,96 MPa dan pada variasi FAB-20% sebesar 47,58 MPa, dengan hasil nilai kuat tekan ini maka pengaruh penambahan proporsi *fly ash* dan zat aditif tipe E *bestmittel* terhadap mortar sesuai dengan SNI 2002 dapat dikategorikan mortar mutu tinggi. Penggunaan mortar mutu tinggi ini dapat diterapkan pada proses pengecoran bangunan dengan waktu yang relatif lebih cepat selain itu juga dapat digunakan dalam pengecoran dengan Tingkat ketahanan lebih tinggi seperti pengecoran lantai acian pada laboratorium.

Daftar Rujukan

- [1] Persero, I. S. "Presentasi Kinerja Perusahaan Public Expose, indonesia Stock Exchange Bursa Efek Indonesia", Maret 2021, [Online]. Tersedia: https://www.idx.co.id/StaticData/NewsAndAnnouncement/ANNOUNCEMENTSTOCK/From_EREP/202109/642be47723_b1469df4c8.pdf [15 Juli 2024].
- [2] Huynh, L. "BBC News Indonesia Perubahan Iklim penghasil emisi CO2 Terbesar", 17 Desember 2018, [Online]. Tersedia: BBC News: <https://www.bbc.com/indonesia/majalah-46591036> [15 Juli 2024].
- [3] Fuad, I. S. "Pengaruh Penambahan Superplasticizer Dan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Mortar Dengan Fas 0,3," *Jurnal Desiminasi Teknologi*, vol. SU-09, no. 2, pp. 144-151, Juli 2021
- [4] M. A. Sultan, R. Hakim, "Efek Penambahan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen," *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. SU-02, no. 1, pp. 19-26, Januari 2022.
- [5] Takim, A. Naiboho, D. Ningrum, "Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Dan Penyerapan Air Pada Mortar," *Jurnal Reka Buana*, vol. 01, no. 2, pp. 91-100, Agustus 2016.
- [6] M. Ervianto, F. Saleh, H. Prayuda, "Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Bahan Tambah Abut Terbang (Fly Ash) Dan Zat Adiktif (Bestmittel)," *Sinergi*, vol. 20, no. 3, pp. 109-266, Oktober 2016.
- [7] A. F. Kariri, N. A. Affandy, "Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Pelepeh Pisang Pada Beton Mutu K-200," *UkaRsT*, vol. 02, no. 2, pp. 115-124, April 2018.
- [8] Badan Standard Nasional, "Metode Pengujian Berat Jenis SNI 03-1970-1990". Jakarta 1990.
- [9] Badan Standard Nasional, "Kadar Lumpur Pasir, SNI 15-4428-1997. 1997". Jakarta 1997.
- [10] Badan Standard Nasional, "Metode Pengujian Kadar Air Agregat, SNI 03-1971-1990". Jakarta, 1990.
- [11] Badan Standard Nasional, "Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar, SNI 03-1968-1990". Jakarta, 1990.
- [12] Badan Standard Nasional, "Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar, SNI 03-1968-1990". Jakarta, 1990.
- [13] Badan Standard Nasional, "Metode Pengujian Berat Volume Pasir SNI 03-1973-1990". Jakarta, 1990.
- [14] *American Standard Testing And Material*, "Metode Uji Standar Untuk Kepadatan Semen Hidrolik. 1-2, C.-187-89. 2003". Amerika, 2003.
- [15] Badan Standard Nasional, "Metode Pengujian Berat Jenis Abu Terbang, SNI 03-6863-2002". Jakarta, 2002.
- [16] *American Standard Testing And Material*, "Metode Uji Standar Untuk Konsistensi Normal Semen Hidrolik 3-4, C.-187-86. 2003". Amerika, 2003.
- [17] *American Standard Testing And Material*, "Metode Pengujian Waktu ikat semen, C-119-92.
- [18] Badan Standard Nasional, "Metode Kehalusan Semen Portland Compress, SNI15-2531-1991". Jakarta, 1991.
- [19] Badan Standard Nasional, "Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil, SNI 03-6825-2002". Jakarta, 2002.
- [20] Badan Standard Nasional, "Tata Cara Mengevaluasi Hasil Uji Kekuatan Beton Untuk Pekerjaan Sipil, SNI 03-6815-2002". Jakarta, 2002.

JACEIT



9 772723 537002