



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL 2023

“PERAN TEKNIK SIPIL DALAM MITIGASI RESIKO BENCANA”

“MENGURANGI RESIKO BENCANA MELALUI PENINGKATAN KEAHLIAN SARJANA TEKNIK SIPIL”

14

SEPTEMBER
2023

VOLUME 1

Oktober Tahun 2023



UNIVERSITAS
KRISTEN INDONESIA

Diterbitkan oleh:

UKI PRESS

Pusat Penerbit dan Percetakan

Universitas Kristen Indonesia

Jl. Mayor Jendral Sutoyo No.2, Cawang

Jakarta Timur 13630

PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL 2023
Peran Teknik Sipil Dalam Mitigasi Resiko Bencana
“Mengurangi Resiko Bencana Melalui Peningkatan Keahlian
Sarjana Teknik Sipil”

14 September 2023
Universitas Kristen Indonesia



UKI Press
2023

PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL 2023
Peran Teknik Sipil Dalam Mitigasi Resiko Bencana
“Mengurangi Resiko Bencana Melalui Peningkatan Keahlian
Sarjana Teknik Sipil”

DEWAN REDAKSI

Penanggung Jawab : Dekan Fakultas Teknik UKI
Ka. Prodi Teknik Sipil FT UKI
Ketua : Dr. Ir. Pinondang Simanjuntak, M.T.
Anggota : Ir. Risma Masniari Simanjuntak, M.E.
Ir. Agnes Sri Mulyani, M.Sc.
Ir. Efendy Tambunan, Lrr.
Ir. Setiyadi, M.T.
Ir. Lolom Evalita Hutabarat, M.T.
Candra Christiani Purnomo, S.T., M.T
Martinus Nifotuhu Fau, S.T., M.T

REVIEWER

Prof. Ir. F. J. Putuhena, M.Sc., Ph.D.
(Bidang Sumber Daya Air)

Ir. Suntoro Tjoe, M.Eng., Ph.D
(Bidang Manajemen Konstruksi)

Dr. Pinondang Simanjuntak, M.T.
(Bidang Struktur Bangunan)

Ir. Lolom Evalita Hutabarat, M.T.
(Bidang Geoteknik)

Ir. Efendy Tambunan, lic.rer.reg
(Bidang Transportasi)

EDITOR

Ir. Lolom E. Hutabarat, M.T.
Ir. Efendy Tambunan, Lrr

DESAIN COVER

Novita Yulian Yewen

SEKRETARIAT

Program Studi Teknik Sipil
Gedung Fakultas Teknik UKI Lt.2
Jl. Mayjen Sutoyo Cawang No.2
Jakarta Timur 13630
Telp. 021-8092425 Pes. 3406

p ISSN 3026-2216

UKI Press

Jl. Mayjen Sutoyo No.2 Cawang Jakarta 13630

Telp. (021) 8092425, ukipress@uki.ac.id

Cetakan 1, 2023

KATA SAMBUTAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA



Merupakan suatu kehormatan bagi Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia (UKI) untuk menyelenggarakan Seminar Nasional Teknik Sipil 2023 melalui Program Studi Teknik Sipil pada tanggal 14 September 2023 di kampus UKI Cawang yang mengangkat topik Peran Teknik Sipil Dalam Mitigasi Resiko Bencana. Sebagai bagian dari sivitas akademik yang berfokus pada lingkungan berkelanjutan, adalah tugas kita bersama untuk memastikan sinkronisasi antara akademisi, pemerintah, dan industri melalui kegiatan Seminar Nasional seperti ini.

Sangat diharapkan agar Seminar Nasional ini menjadi kesempatan emas bagi para peneliti untuk bertukar penelitian dan informasi di bidang Teknik Sipil khususnya yang terkait dengan kebencanaan yang seringkali terjadi di negara kita.

Oleh karena itu, dengan bangga kami persembahkan prosiding ini sebagai salah satu hasil Seminar Nasional Teknik Sipil 2023. Kami berharap materi ini dapat meningkatkan kesadaran para peneliti, pemerintah, dan industri terhadap lingkungan, khususnya di bidang mitigasi kebencanaan. Kami juga berharap penelitian ini dapat memberi nilai tambah bagi kurikulum Program Studi Teknik Sipil ke depannya untuk menjawab tantangan dan kebutuhan masyarakat dan industri. Dengan demikian Program Teknik Sipil UKI memberikan kontribusi aktif untuk mengembangkan bidang Teknik Sipil yang tanggap terhadap bencana, yang terlihat pada kompetensi lulusan dan mahasiswanya.

Kami berterima kasih kepada semua orang yang membantu penerbitan prosiding ini; Secara khusus mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada Ketua Program Studi Teknik Sipil FT UKI dan Ketua Pelaksana Seminar Nasional Teknik Sipil 2023 beserta tim yang telah berhasil menyelenggarakan Seminar Nasional 2023 sekaligus membuka kerjasama yang saling memperkuat dengan berbagai pihak yaitu Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), serta Indonesian Civil Engineer Society of North America (ICESNA). Apresiasi juga diberikan atas kerja keras yang telah dilakukan dalam mengedit, merevisi, dan mempersiapkan prosiding ini hingga dapat dipublikasikan secara luas di lingkungan akademisi. Kami juga berterima kasih kepada UKI Press yang banyak membantu dalam proses penerbitannya.

Kami berharap prosiding ini akan membantu banyak akademisi, praktisi berikut industri serta pemerintah dan lembaga terkait untuk terus berkontribusi terhadap masalah kebencanaan dan pananganannya dalam menciptakan lingkungan berkelanjutan di berbagai wilayah di Indonesia. Kiranya Tuhan memberkati kita untuk menjaga bumi kita

Dicky Antonius, S.T., M.Sc.

Dekan Fakultas Teknik UKI

KATA SAMBUTAN KAPRODI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UKI



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh, Salam sejahtera bagi kita semua, Syalom, Oom Swastiastu, Namo Buddhaya, Wei De Dong Tian, Salam kebajikan, Salam Pancasila. Puji syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan berkah-Nya yang diberikan kepada kita sekalian sehingga kita bisa dipertemukan dalam acara seminar Nasional Prodi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak terkait yang telah ikut mendukung kelancaran penyelenggaraan seminar nasional ini.

Peran teknik sipil dalam mitigasi risiko bencana adalah salah satu peran yang sangat penting dalam mendorong perkembangan bidang dunia konstruksi. Bencana alam seperti gempa bumi, angin topan, banjir, tanah longsor, dan kebakaran hutan dapat menyebabkan kerusakan signifikan pada infrastruktur dan bangunan lainnya serta masyarakat, yang mengakibatkan hilangnya nyawa, kerusakan harta benda, dan gangguan ekonomi. Sebagai seorang civil engineering mengambil peran penting dalam mengurangi dampak bencana alam dengan merancang, menganalisa, membangun, dan memelihara infrastruktur dan bangunan lainnya yang mampu mengurangi berbagai resiko terjadinya bencana.

Salah satu peran mitigasi yang dilakukan adalah dengan cara merancang struktur bangunan tahan gempa, mengembangkan sistem pengendalian banjir, sistem drainase untuk mencegah kerusakan akibat banjir, dan tindakan mitigasi tanah longsor. Pentingnya mitigasi risiko bencana telah disorot dalam beberapa tahun terakhir dengan meningkatnya frekuensi dan tingkat keparahan bencana alam di seluruh dunia. Gempa bumi dan tsunami tahun 2004 di Aceh, Badai Katrina tahun 2005, Gempa Yogyakarta tahun 2006, Gempa di Jepang tahun 2011, Gempa Haiti tahun 2010, tahun 2018 Gempa Palu (Sulawesi tengah), dan tahun 2022 Gempa Cianjur. Akibatnya, kebutuhan akan ahli teknik sipil yang terlatih dalam hal mitigasi risiko bencana dan yang dapat bekerja secara kolaboratif, tanggap, dan profesional sangatlah di butuhkan, termasuk dalam hal tanggap darurat pasca bencana alam terjadi.

Peran Teknik Sipil tidak hanya merancang, membangun infrastruktur dan bangunan lainnya yang kuat, tetapi juga mengembangkan rencana tanggap darurat dan memberikan edukasi/pemahaman kepada masyarakat tentang cara menanggapi bencana alam yang terjadi. Pada Seminar ini Nasional kali ini Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia akan membahas topik seminar Nasional dengan judul “Peran Teknik Sipil dalam mitigasi resiko Gempa”.

Selain itu, di dalam meningkatkan hubungan dan kesesuaian antara lulusan dengan dunia usaha dan dunia industri di era 4.0 dan society 5.0, maka diharapkan peran Prodi Teknik Sipil melalui seminar yang dilakukan ini mampu memberikan wawasan dan pengetahuan akan Peran Teknik Sipil dalam mitigasi resiko gempa. Sehingga diharapkan nantinya dapat terjadi kolaborasi antar lulusan Teknik Sipil UKI guna menghasilkan suatu produk yang berguna bagi masyarakat maupun industri.

Sudarno P. Tampubolon, S.T., M.Sc.

Kaprodi Teknik Sipil FT UKI

KATA PENGANTAR KETUA PELAKSANA SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL 2023



Salam Sejahtera bagi kita semua. Kita bersyukur pada Tuhan atas terlaksananya Seminar Nasional Prodi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia dengan Tema: “*Peran Teknik Sipil dalam Mitigasi Resiko Bencana*” pada tanggal 14 September 2023. Kemudian dilanjutkan dengan penerbitan Prosiding sebagai hasil publikasi dari semua materi yang didiskusikan dalam Seminar. Pada kesempatan ini izinkan saya sebagai ketua pelaksana seminar untuk menyampaikan pengantar untuk penerbitan Prosiding ini sebagai bagian dari prosesi lanjutan pelaksanaan Seminar Nasional yang telah dilaksanakan. Sebelumnya saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak khususnya

Bapak/Ibu Pimpinan, Para narasumber dan para peserta yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan membangun suasana akademik dalam Seminar Nasional Teknik Sipil 2023 bersama kami di Program Studi Teknik Sipil UKI.

Tema yang dirumuskan pada pelaksanaan Seminar ini adalah sebagai bagian dari kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi pada Program Studi Teknik Sipil UKI yang memilih ke khususan pada Kebencanaan. Sebagai Implementasi dari bidang Pengajaran, Pengabdian kepada Masyarakat dan Penelitian yang dilakukan dalam rangka mencapai kekhususan yang ditetapkan. Oleh sebab itu, sebagai akademisi, peneliti, pengamat, dan praktisi di bidang Teknik Sipil dalam kaitannya dengan kebencanaan dirasakan sangat perlu mengangkat tema ini dalam Seminar Nasional Teknik Sipil 2023. Kegiatan bertujuan sebagai salah satu wadah untuk menemukan dan menyumbangkan pemikiran yang hasilnya dapat dimanfaatkan lebih lanjut dalam membangun dan mengembangkan peran Sarjana Teknik Sipil dalam Mitigasi Bencana di Indonesia di masa depan.

Seminar ini juga diharapkan dapat menjadi agenda rutin tahunan yang diselenggarakan dalam rangka mengembangkan kehususan Prodi Teknik Sipil UKI tentang Kebencanaan. Sebagai kelanjutan dari seminar ini Universitas Kristen Indonesia akan bekerjasama dengan berbagai Lembaga yaitu Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Indonesian Civil Engineer Society of North America (ICESNA) dan Universitas Tanjung Pura (UNTAN). Prosiding Seminar Nasional 2023 ini menghasilkan sebanyak 21 artikel ilmiah dimana 2 artikel berasal dari narasumber sesi pleno dan 19 paper berasal dari presentasi kelompok yang terbagi dalam Bidang Struktur, Manajemen Konstruksi, Sumber Daya Keairan, Geoteknik, Perkerasan Jalan Raya dan Transportasi dapat memberikan manfaat bagi para pembaca. Selain itu juga terdapat 3 paper terpilih dari presentasi kelompok yang diterbitkan pada Jurnal Rekayasa Teknik Sipil terindeks SINTA 5. Para pemakalah dan peserta seminar berasal dari dosen dan mahasiswa peneliti dari UKI, UNTAN dan Perguruan Tinggi lainnya. Kami siap menerima masukan sebagai bahan untuk perbaikan dimasa depan. Akhir kata kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga acara seminar dan penerbitan Prosiding ini dapat terlaksana dengan baik.

Dr. Ir. Pinondang Simanjuntak, MT

Ketua Pelaksana Seminar Nasional Teknik Sipil 2023

Susunan Panitia Seminar Nasional

Teknik Sipil 2023

Pengarah

- Ketua : Sudarno P Tampubolon, S.T., M.Sc (Ka. Prodi Teknik Sipil)
Anggota : 1. Ir. Risma M Simanjuntak, M. Eng.
2. Dr. Herwani, S.T., M.T. (Teknik Sipil UNTAN - Pontianak)
3. Dr. Elsa Tri Muktim, S.T., M.T. (Teknik Sipil UNTAN - Pontianak)

Pelaksana

- Ketua : Dr. Ir. Pinondang Simanjuntak.,M.T
Wakil Ketua : Rivaldo Germanus (2053050057)
Sekretaris : Candra Christiani Purnomo.,S.T.,M.T.
Bendahara : Ir. Agnes Sri Mulyani, M.Sc.

- Sekretariat : 1. Melias Oliviana.,S.E (Koordinator)
2. Prestasi Aswinda Zebua (2253050002)

- Acara : 1. Ir. Setiyadi, M.T (Koordinator)
2. Martinus Nifotuhu Fau, S.T., M.T.
3. Caleb Charisma (2053050035)
4. Budiman Jali (2053050038)
5. Joel Muara Bani Loi (2053050052)
6. Priska Marlen Duakaju (2153050031)

- Prosiding : 1. Ir. Lolom Evalita Hutabarat.,M.T. (Koordinator)
2. Ir. Efendy Tambunan.,lic,rer,reg.
3. Steffy C. Rebeccha Simbolon (1953050013)
4. Novita Yuliana Yewen (2153050003)

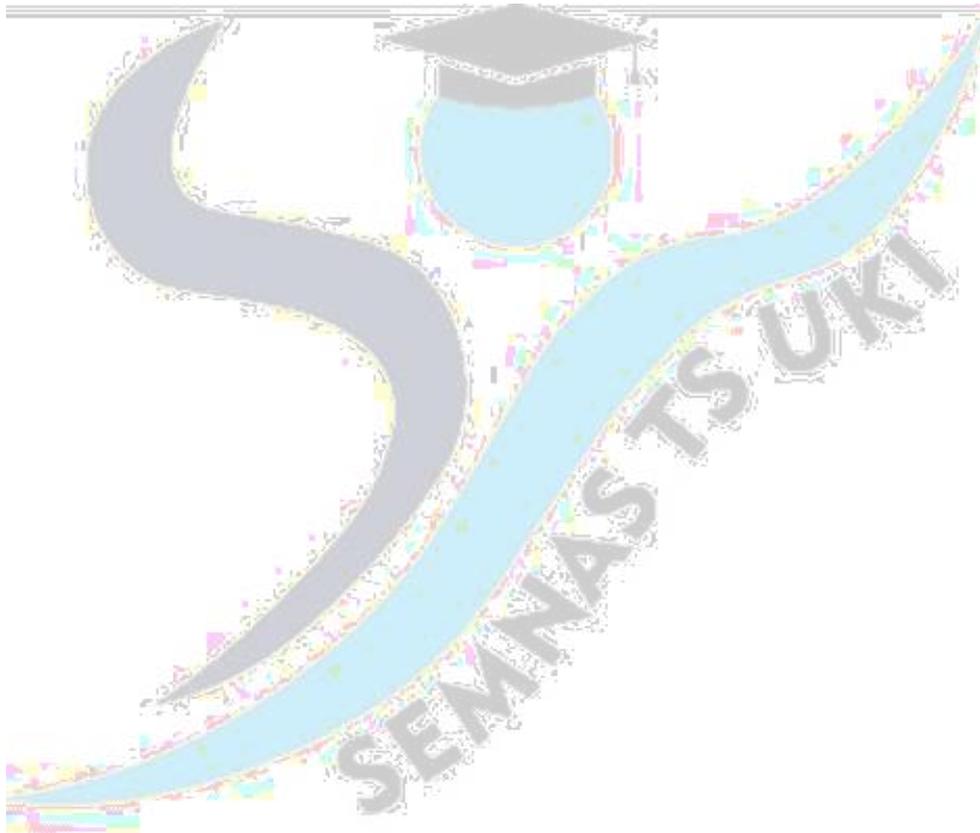
- Perlengkapan : 1. Sudarno Sababalat (Koordinator)
2. Julkifli Manurung, S.Pd
3. Erlin Ndruru (2053050032)
4. Albert Patar Selamat Manalu (2153050014)
5. William Tavarani Dachi (2053050031)
6. Immanuel Simon Z. Siregar (1853050029)

- Konsumsi : 1. Putri R. B. Purba (2053050025) – (Koordinator)
2. Andreas Sardo R. Sihombing (1953050901)
3. Andreas Samuel Kristofel (1953050014)

- Pendaftaran : 1. Ruth N. Bunitte (2053050011) - Koordinator
2. Nabil Fahri Askar (2053050007)
3. Yonathan Bewamati Zendrato (2153050027)
4. Corason Vinya Sowen Ambaho (2153050008)

5. Chitrai Keren Hapukh Atti (2053050009)
6. Adriana Vania (2053050064)

Dokumentasi : 1. Yosua Waldian (1953050011) - Koordinator
2. Gidalti Houston Bernardo Sirait (2053050062)
3. Tri Alexander Sihombing (2053050002)
4. Regina Mutiara Gultom (2153050041)



SUSUNAN ACARA SEMINAR

No	Waktu	Kegiatan	Durasi	Pelaksana
1	07.30 – 08.15	Registrasi ulang Peserta Seminar (Video company profile FT, HMJS dan Tarian IMACE)	Registrasi ulang Peserta Seminar (Video company profile FT, HMJS dan Tarian IMACE)	Panitia
2	08.15 – 08.45	ACARA PEMBUKAAN 1. Greeting (MC) 2. Doa 3. Menyanyikan lagu kebangsaan Indonesia Raya, Mars UKI. 4. Laporan Ketua Panitia (Diwakili oleh Wakil Ketua Rivaldo Jamlean) 5. Sambutan Ketua Program Studi Teknik Sipil UKI 6. Sambutan Dekan FT UKI 7. Sambutan Wakil Rektor Bidang Akademik dan Inovasi UKI sekaligus membuka secara resmi kegiatan Seminar Nasional Teknik Sipil 2023	Setiap kata sambutan berdurasi 5 menit	Panitia MC: Priska 2021 Doa pembukaan oleh Ir. Risma M. Simanjuntak, M.E.
3	08.45 – 08.55	Penandatanganan MoU dengan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Indonesian Civil Engineer Society of North America (ICESNA) dan Universitas Tanjung Pura (UNTAN)	15 menit	Panitia
4	08.55 – 09.15	Presentasi Nara Sumber Utama Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) diwakili oleh: Radito Pramono Susilo, ST, M.InterDevPrac (Penata Penanggulangan Bencana Ahli Madya) Topik: Peran Teknik Sipil Dalam Mitigasi Risiko Bencana	20 menit	Moderator Ir. Setiyadi, M.T.
5	09.15 – 09.30	Rehat	15 menit	Panitia
6	09.30 – 12.00	Presentasi Nara Sumber: Materi ke 1: Prof. Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D., IP-U., ASEAN Eng., A.-Utama (UII Yogyakarta) Topik: Peran Bidang Sipil Dalam Penanggulangan Bencana Alam	Greeting moderator berdurasi 5 menit presentasi setiap pembicara berdurasi 25 menit Tanya jawab 45 menit	Moderator Candra Christianti P, S.T, M.T.

		<p>Materi ke 2: I. Putu Ellsa Sarassantika, S.T,M.Sc., Ph.D. (Universitas Warmadewa Denpasar) Topik: Evaluation and Enhancement on The Seismic Performance of Framed Structures with Amplified-Deformation Lever-Armed Damper in Braces</p> <p>Materi ke 3: Dr. Ir. Hari Nugraha Nurjaman, MT (Ketua Umum Ikatan Ahli Pracetak dan Prategang Indonesia - IAPPI) Topik: Peran Teknik Sipil Dalam Mitigasi Resiko Bencana</p> <p>Materi ke 4: Dr. Ir. Pinondang Simanjuntak, MT (Universitas Kristen Indonesia) Topik: Analisis Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi</p> <p>TANYA JAWAB</p>		
7	12.00 – 13.00	Makan Siang	60 menit	Panitia
8	13.00 – 15.00	<p>Presentasi Nara Sumber:</p> <p>Materi ke 5: Ir. Efendy Tambunan, lic.rer.reg. (Universitas Kristen Indonesia) Topik: Dampak Bencana Alam terhadap Infrastruktur Transportasi</p> <p>Materi 6: Dr. Stefanus Barlian Soeryamassoeka, S.T., M.T., IPM. (Universitas Tanjungpura Pontianak) Topik: Strategi Pengelolaan Banjir Terpadu Sub DAS Melawi</p> <p>Materi 7: Bonny Reinhard Immanuel (Glodon Indonesia) Topik: Peran Aplikasi 5D BIM</p>	<p>Greeting moderator berdurasi 5 menit</p> <p>presentasi setiap pembicara berdurasi 25 menit</p> <p>Tanya jawab 40 menit</p>	<p>Moderator Martinus Nifotuh Fau, S.T, M.T.</p>

		dalam Industri Konstruksi		
		TANYA JAWAB		
9	15.00 – 15.15	Rehat	15 menit	Panitia
10	15.15 – 17.45	<p>Presentasi Kelompok:</p> <p>Materi kelompok-1: BIDANG STRUKTUR DAN KONSTRUKSI BANGUNAN</p> <p>Materi kelompok-2: BIDANG GEOTEKNIK, PERKERASAN JALAN DAN SUMBER DAYA AIR</p> <p>Materi kelompok-3: BIDANG TRANSPORTASI DAN MANAJEMEN KONSTRUKSI</p>	150 menit	<p>Moderator</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Caleb Carisma 2. Erlin Nduru 3. Joel Muara
11	17.45 – 18.00	<p>Pembacaan Kesimpulan Seminar</p> <p>Foto Bersama</p> <p>Doa Penutup</p>	15 menit	<p>Doa oleh</p> <p>Ir. Lolom E. Hutabarat, MT</p>

PRESENTASI KELOMPOK

No	Topik	Pemakalah	Bidang
1	Studi Kasus Perencanaan Kombinasi Sistem Pracetak dengan Isolasi Dasar pada Apartemen Pancoran Riverside II*	Martinus Nifotuhu Fau	STRUKTUR BANGUNAN
2	Metode Pelaksanaan Pembangunan Rumah Tinggal Sederhana Tahan Gempa	Soprianto Rahmad Saputra Waruwu	
3	Analisis Perilaku Struktur Bangunan Tinggi dengan Optimalisasi Penempatan Shear Wal Pada Gedung MRT Hub (Simpang Temu) Dukuh Atas, Jakarta Pusat	Daniel Natamaro	
4	Analisis Kinerja Bangunan Bertingkat Tinggi Berdasarkan Metode Time History Pada Gedung Simpang Temu MRT Dukuh Atas Jakarta*	Steffy Catharina Rebeccha Simbolon	
5	Analisis Kinerja Bangunan 2 Lantai pada Wilayah Kota Cianjur Menggunakan Metode Respons Spektrum	Dita Naomi	
6	Pengaruh Penggunaan Limbah Sekam Padi pada Uji Kuat Tekan Beton	Ruth Novitha Bunitte	
7	Analisis Anggaran Biaya dan Pengaruh Penggunaan Abu Batang Jagung Pada Beton Ramah Lingkungan	Michelle Graciella Tambunan	
8	Analisis Geoteknik Ditinjau dari Karakteristik Kuat Geser Material Longsoran pada Batas Kota Jayapura Kabupaten Keerom-Arso Sta. 66+327)*	Edoward JP Pardede	GEOTEKNIK, PERKERASAN JALAN DAN SUMBER DAYA AIR
9	Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Kawasan Rawan Longsor di Kota Kupang Nusa Tenggara Timur	Stella Samderubun	
10	Mitigasi Bencana Longsor di Kabupaten Nias, Sumatera Utara Menggunakan Metode Pembobotan	Artikan Grace SevtJulman Telaumbanua	
11	Perbaikan Tanah Ekspansif Menggunakan Berbagai Bahan Tambahan dan Alat yang Berbeda	Albert Patar Selamat Manalu	
12	Analisis Pengaruh Rendaman Pada Beton Aspal Menggunakan Berbagai Jenis Pasir	Paskalis Halawa	
13	Efektivitas Saluran Kalimalang dalam Menaggulangi Banjir	Desma Sari	
14	Analisa Hujan Dengan Alat Ukur Hujan Otomatis	Satria Dayvano Mangelep	

15	Analisis Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa Menuju Kampus Universitas Kristen Indonesia	Adriana Vania	TRANSPORTASI DAN MANAJEMEN KONSTRUKSI
16	Analisis Kualitas Pelayanan Kawasan Parkir Berbayar di Kampus Universitas Kristen Indonesia	William Tavarani Dachi	
17	Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Cawang, Jakarta Timur	Evan Axel Diaz	
18	Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Kalimalang Bekasi	Rio Imanuel Silalahi	
19	Kajian Manajemen Risiko Bencana Alam untuk Mendukung Peyandang Disabilitas	Putri Rimbun Berlian Purba	
20	Analisa Faktor-Faktor Dominan Penyebab Keterlambatan Proyek Bangunan Apartemen LRT City	Fristi Tumiwa	
21	Kajian Adaptasi Kontraktor Menghadapi Kondisi Pandemi Covid-19	Matildah Pretty	
22	Kajian Manajemen Konstruksi Pada Mitigasi Bencana	Tri Alexander Sihombing	

Daftar Isi

Kata Sambutan Dekan Fakultas Teknik UKI.....	i
Kata Sambutan Kaprodi Teknik Sipil FT UKI.....	ii
Kata Pengantar Ketua Pelaksana Seminar Nasional Teknik Sipil 2023.....	iii
Susunan Pelaksana Seminar Nasional Teknik Sipil 2023.....	iv
Susunan Acara Seminar Nasional Teknik Sipil 2023.....	vi
Technical Session Seminar Nasional Teknik Sipil 2023.....	ix
Daftar Isi	xi

BIDANG STRUKTUR

Metode Pelaksanaan Pembangunan Rumah Tinggal Sederhana Tahan Gempa (Soprianto R.S.Waruwu, Pinondang Simanjuntak).....	1-6
Analisis Perilaku Struktur Bangunan Tinggi Dengan Optimalisasi Penempatan Shear Wall (Daniel Natamaro, Pinondang Simanjuntak, Agnes Sri Mulyani)	7-21
Analisis Kinerja Bangunan 2 Lantai Pada Wilayah Kota Cianjur menggunakan Metode Respons Spektrum (Dita Naomi, Sudarno P. Tampubolon).....	23-27
Pengaruh Penggunaan Limbah Sekam Padi Pada Uji Kuat Tekan Beton (Ruth Novitha Bunitte, Sudarno P. Tampubolon).....	29-35
Analisa Anggaran Biaya Dan Pengaruh Penggunaan Abu Batang Jagung Pada Beton Ramah Lingkungan (Michelle Graciella Tambunan, Sudarno P. Tampubolon)	37-42

BIDANG GEOTEKNIK, PERKERASAN JALAN, SUMBER DAYA AIR

Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Kawasan Rawan Longsor di Kota Kupang Nusa Tenggara Timur (Stella Samderubun, Gresia Enjelina Siahaan, Lolom Evalita Hutabarat).....	43-50
Mitigasi Bencana Longsor Di Kabupaten Nias Sumatera Utara Menggunakan Metode Pembobotan (Artikan Grace S. Telaumbanua, Lolom Evalita Hutabarat).....	51-57
Perbaikan Tanah Ekspansif Menggunakan Berbagai Bahan Tambahan Dan Alat Yang Berbeda (Albert Patar Selamat Manalu, Risma Masniari Simanjuntak, Lolom Evalita Hutabarat).....	59-66
Analisis Pengaruh Rendaman Pada Beton Aspal Menggunakan Berbagai Jenis Pasir (Paskalis Halawa, Risma Masniari Simanjuntak)	67-76
Efektivitas Saluran Kalimalang Dalam Menaggulangi Banjir (Desma Sari, Setiyadi)	77-85
Analisa Hujan Dengan Alat Ukur Hujan Otomatis (Satria Dayvano Mangelep, Setiyadi)	87-92

BIDANG MANAJEMEN KONSTRUKSI, TRANSPORTASI

Analisis Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi (Pinondang Simanjuntak).....	93-101
Dampak Bencana Alam terhadap Infrastruktur Transportasi (Efendy Tambunan)	103-108
Analisis Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa Menuju Kampus Universitas Kristen Indonesia (Adriana Vania, Chitrai K.H. Atti, Clijster A. Mamoribo, Nabil F. Askar, Natasha Christiani, Revival R.N. Telaumbanua, Gidalti H. Sirait, Efendy Tambunan)	109-116
Analisis Kualitas Pelayanan Kawasan Parkir Berbayar di Kampus Universitas Kristen Indonesia (William T. Dachi, Erlin Ndruru, Hafis Giawa, Caleb C.D. Sarumaha, Elpidar Y. Laia, Goklas P. Sihombing, Edward Gultom, Efendy Tambunan)	117-128
Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Cawang, Jakarta Timur (Evan Axel Diaz, Korintus Raja Pandapotan, Crespo Sinaga, Alventinus Bago, Enos Hulu, Joyman Buulolo, Efendy Tambunan).....	129-135
Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Kalimalang Bekasi (Rio I. Silalahi, Ruth N. Bunitte, Michelle G. Tambunan, Putri R. B. Purba, Serina T. A. Aritonang, Stevany J. Simbiak, Efendy Tambunan)	137-144
Kajian Manajemen Resiko Bencana Alam Untuk Mendukung Penyandang Disabilitas (Putri Rimbun Berlian Purba, Candra Christianti Purnomo)	145-152
Analisa Faktor-Faktor Dominan Penyebab Keterlambatan Proyek Bangunan Apartemen LRT City (Fristi Tumiwa, Pinondang Simanjuntak)	153-159
Kajian Adaptasi Kontraktor Menghadapi Kondisi Pandemi Covid 19 (Matildah Pretty, Pinondang Simanjuntak).....	161-166
Kajian Manajemen Konstruksi Pada Mitigasi Bencana Akibat Gempa (Tri Alexander Sihombing, Candra Christianti Purnomo).....	167-173



SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL 2023

PERAN TEKNIK SIPIL DALAM MITIGASI RISIKO BENCANA

KEYNOTE SPEAKER



Letjen TNI Suharyanto,
S.Sos., M.M.
Kepala BNPB



Prof. Sarwidi
Uli Yogyakarta



Dr. Ir. Hari Nugraha
Nurjaman, MT.
Ketua IAPPI-Ikatan Asosiasi
Pracetak dan Prategang Indonesia



I Putu Ellsa Sarasantika,
S.T., M.Sc, Ph.D.
Universitas Warmadewa Bali



Dr. Stefanus Barlian
S., S.T., M.T., IPM.
Dosen Teknik Sipil
Universitas Tanjungpura



Dr. Ir. Pinondang
Simanjuntak, MT
Kepala Pusat Studi Bencana
TS UKI



Ir. Efendy Tambunan,
Ir.Lic, rer, reg
Kepala Lab Transportasi
TS UKI



Boni Reinhard Immanuel
Glodon Cubicost Indonesia



Tanggal :
14 September 2023



Hybrid
Graha William Soeryadjaya
UKI Cawang



Waktu :
08.00 - 16.00 WIB

Media Partner :



SEMNAS_TSUKI



semnasts@uki.ac.id



Semnas Uki



Website : snts.uki.ac.id

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia
Gedung Fakultas Teknik Kampus UKI Lt.2
Jl. Mayjen Sutoyo Cawang
Jakarta Timur 13630

METODE PELAKSANAAN PEMBANGUNAN RUMAH TINGGAL SEDERHANA TAHAN TERHADAP GEMPA

Soprianto Rahmad Saputra Waruwu¹, Pinondang Simanjuntak²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: sopriantowaruwu@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: pinondang.simanjuntak@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Building damage caused by earthquake disasters is caused by low-quality materials and building techniques that do not follow construction rules. This situation is due to Indonesia's location in an area with high earthquake activity due to the meeting of the world's three main tectonic plates, namely, the Indian Ocean - Australia in the south. However, another factor that causes buildings to be damaged is the lack of understanding and awareness of earthquake-resistant housing. Therefore, efforts must improve people's knowledge of earthquake-resistant simple house construction methods. One solution to earthquake-resistant house construction is the role of the government in providing earthquake-resistant house socialization to the community, including providing certified training to builders related to the earthquake-resistant house construction process.

Keywords: Construction, Development, Earthquake-resistant House

ABSTRAK

Kerusakan bangunan yang diakibatkan oleh bencana gempa disebabkan oleh mutu bahan yang rendah dan teknik membangun yang tidak sesuai dengan kaidah konstruksi, hal ini disebabkan karena faktor letak Indonesia yang berada dengan daerah besarnya aktivitas gempa bumi yang sangat tinggi akibat adanya pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia yaitu: Samudera India –Australia di sebelah selatan. Namun, faktor lain yang menyebabkan bangunan rusak adalah karena kurangnya pemahaman dan kesadaran akan rumah tahan gempa. Oleh sebab itu, upaya-upaya untuk meningkatkan pemahaman masyarakat terkait metode pembangunan rumah sederhana tahan gempa perlu untuk dilakukan. Salah satu solusi pembangunan rumah tahan gempa adalah adanya peran pemerintah dalam memberikan sosialisasi rumah tahan gempa terhadap masyarakat, termasuk memberikan pelatihan bersertifikat tentang proses pembangunan rumah tahan gempa kepada para tukang bangunan.

Kata Kunci: Konstruksi, Pembangunan, Rumah Tahan Gempa

1. PENDAHULUAN

Keberadaan Negara Indonesia yang berada di lokasi tingginya aktivitas gempa bumi, yang didasari atas pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia yakni Samudera India–Australia, dan sebagian besar berada di dalam wilayah Indonesia di sebelah selatan, Samudera Pasifik (Prihatmaji et al., 2013). Akibat guncangan gempa tidak saja hanya mengakibatkan bangunan rumah yang rusak atau hancur tetapi efek bangunan yang tidak tahan gempa menyebabkan banyaknya korban jiwa. Sehingga daerah-daerah di Indonesia yang terdampak perlu diberikan pemahaman pengetahuan tentang tata merencanakan suatu konstruksi bangunan yang terjamin aman dalam segi keamanan dan kekuatan rumah, yang mampu berdiri dengan kokoh meski diterjang gempa dahsyat kapan pun. Kerusakan bangunan paling berbahaya yaitu rumah-rumah sederhana yang dibangun tanpa kekuatan struktur yang lengkap (Yoresta, 2018). Rumah tinggal sederhana adalah rumah yang dibangun dengan menggunakan material bangunan yang

Soprianto R. S. Waruwu, P. Simanjuntak, Metode Pelaksanaan Pembangunan Rumah Tinggal
Sederhana Tahan Terhadap Gempa

seadanya dengan struktur yang tidak lengkap dan tidak kuat. Perencanaan dan pelaksanaan pembangunan yang tidak mengikuti prosedur bangunan tahan gempa yang terkadang hanya mengikuti kebiasaan tukang yang mengerjakan sesuai pengalamannya dan bukan berdasarkan pengetahuan serta ilmu tahan gempa merupakan penyebab adanya rumah-rumah yang tidak sesuai dengan pedoman rumah tahan gempa (Hadibroto & Ronitua, 2018). Rumah tahan gempa adalah rumah yang dibangun dengan pertimbangan dalam segi keamanan dan kekuatan rumah, sehingga mampu berdiri dengan kokoh meski diterjang gempa skala besar. Rumah tinggal sederhana adalah rumah yang proses pembangunannya hanya menggunakan material bangunan seadanya terdiri dari struktur yang tidak kuat dan tidak lengkap. Struktur yang tidak kuat Hal ini disebabkan karena faktor tidak adanya prosedur perencanaan dan pedoman teknis pelaksanaan yang baik, ditambah tukang yang mengandalkan kemampuan mengerjakan sesuai kebiasaan (Rinaldi & Purwantiasning, 2015).

Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dasar (Dasar et al., 2022), menjelaskan konstruksi bangunan yang didesain sesuai dengan pedoman tahan gempa seharusnya menimbulkan kerusakan bangunan yang ringan. Responisasi dan kesiapsiagaan masyarakat akan kesiapan terhadap ancaman bahaya gempa masih sangat kurang. Kurangnya respon masyarakatnya terhadap ancaman gempa dibuktikan dengan banyaknya rumah rusak dan hancur akibat potensi gempa. Hal ini memperjelas bahwa pembangunan rumah-rumah tersebut tidak berdasarkan petunjuk teknis pembangunan tahan gempa yang sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) dikeluarkan oleh PU (SNI 1726, 2019). Seperti yang terjadi di lapangan tentang permasalahan pembangunan rumah sederhana yang dilaksanakan oleh tukang kebanyakan tidak menggunakan SNI pedoman bangunan rumah tahan gempa. Ketidaktahuan maupun keterbatasan akses dalam memperoleh informasi pedoman bangunan tahan gempa menjadi alasan tidak digunakannya SNI. Sehingga, akibat tidak digunakannya pedoman SNI dalam pembangunan rumah menjadi faktor menyebabkan adanya resiko korban jiwa saat terjadi gempa bumi.

Salah satu prinsip dasar keamanan dalam rumah tinggal adalah ketika terjadi gempa bumi skala ringan, maka otomatis bangunan tidak mengalami kerusakan apapun, kemudian ketika terjadinya gempa bumi skala sedang, maka bangunan tersebut hanya mengalami kerusakan pada beberapa elemen non struktur namun tidak ada kerusakan pada elemen penyusun utama yaitu elemen struktur, dan yang terakhir ialah ketika terjadi gempa bumi skala besar atau kuat maka konstruksi bangunan tersebut boleh mengalami keruntuhan dan kerusakan tetapi dapat dilakukan perbaikan kembali sehingga dapat difungsikan untuk di tempati. Pemahaman tentang pedoman bangunan tahan gempa lebih ditekankan dapat dipahami oleh para tukang bangunan dan tidak lepas harus dimengerti oleh masyarakat. Karena hal yang sangat penting untuk membangun rumah di daerah potensi gempa adalah memiliki pengetahuan tentang pedoman konstruksi bangunan tahan gempa. Buruh dan tukang bangunan yang kurang terhadap teknik pembangunan rumah tahan gempa menjadi factor yang akan menyebabkan adanya kualitas bangunan yang rendah dan tidak kuat ketika diterjang oleh goncangan gempa. Sehingga sangat diperlukan pedoman-pedoman pelaksanaan pembangunan rumah tinggal tahan terhadap gempa dapat dikuasai dan dipahami oleh tukang dan masyarakat. Sehingga, Tukang menjadi garda terdepan yang mewujudkan rumah tahan terhadap bencana alam dalam pelaksanaan Pembangunan (Anshari et al., 2020).

Kerusakan dan keruntuhan pada bangunan salah satu disebabkan oleh bencana alam yaitu gempa bumi. Namun, rusaknya bangunan akibat gempa karena material yang digunakan apa adanya untuk membangun dan tidak sesuai kaidah konstruksi bangunan

tahan gempa merupakan salah satu strategi pengurangan (mitigasi) risiko bencana (Herman et al., 2010). Dari beberapa hal itu adapun dipengaruhi oleh masyarakat yang tidak mau tau akan bangunan rumah tahan gempa, hal ini karena lebih mementingkan penghematan biaya daripada keamanannya itu sendiri. Oleh karena itu, penulis akan lebih dalam memaparkan solusi terkait kurang pemahaman masyarakat terhadap rumahnya tinggalnya, termasuk memberikan penjelasan pedoman-pedoman pelaksanaan pembangunan rumah sederhana layak huni tahan gempa.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini ialah menggunakan metode penelitian dengan kajian literatur yang memakai dan mencari keterkaitan teori yang hampir sama sesuai studi kasus yang dibahas dari beberapa referensi dan sumber penelitian yang sudah publikasi. Secara prinsip ringkasan yang tertulis terkait artikel yang berasal dari buku, jurnal, dan dokumen lain yang menjelaskan teori serta informasi baik yang sudah terjadi atau pada saat ini mengorganisasikan pustaka ke dalam topik dan dokumen yang dibutuhkan disebut kajian pustaka (Creswell & Creswell, 2009). Adapun data yang dipakai penulis dalam penelitian ini ialah data yang didapatkan dari studi literatur. Kemudian melakukan analisis dari data-data yang sudah didapatkan dengan metode analisis deskriptif. Mendeskripsikan fakta-fakta yang kemudian disusul dengan analisis, tidak semata-mata menguraikan, melainkan juga memberikan pemahaman dan penjelasan secukupnya merupakan pengertian metode analisis deskriptif.

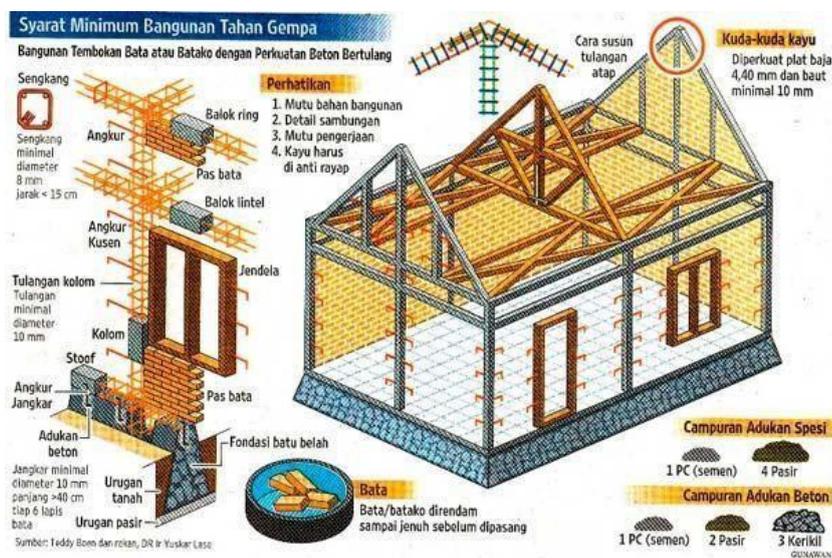
3. PEMBAHASAN

Konstruksi bangunan tahan gempa merupakan konstruksi bangunan yang kokoh terhadap guncangan dan ancaman gempa, dengan sikap bertahan dari kerusakan dan kerobohan disertai bersifat fleksibel untuk meredam getaran gempa yang terjadi. Penggunaan material yang sesuai aturan dan metode pelaksanaan yang memenuhi unsur bangunan tahan gempa sangat mempengaruhi kekuatan dan ketahanan bangunan. Salah satu material yang menjadi pilihan untuk bangunan tahan gempa rumah sederhana seperti bata ringan, galvalum untuk atap, serta beton bertulang. Salah satu karakteristik bangunan tahan gempa adalah menggunakan sistem penahan gempa, struktur sistem penahan gaya dinamik gempa, dan mencapai standar konfigurasi struktur tahan gempa.

3.1 Standar Teknis Bangunan Tahan Gempa

Hal yang perlu diperhatikan dalam pembangunan rumah sederhana agar memiliki struktur bangunan tahan gempa adalah dengan memperkuat seluruh struktur bangunan dengan sambungan-sambungan dipasang dan dibuat sesuai dengan standar bangunan tahan gempa. Sambungan tersebut seperti sambungan tulangan antar kolom dan balok, sambungan tulangan antar kolom dan sloof, dan sambungan kuda-kuda serta pembesian pondasi. Berikut ini merupakan gambar detail pedoman pelaksanaan pembangunan rumah sederhana yang sesuai dengan standar rumah tahan gempa.

Soprianto R. S. Waruwu, P. Simanjuntak, Metode Pelaksanaan Pembangunan Rumah Tinggal Sederhana Tahan Terhadap Gempa



Gambar 1. Syarat Minimum Bangunan Tahan Gempa
 Sumber:(Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2021)

Pada gambar di atas menjelaskan secara menyeluruh pembangunan rumah tahan gempa terhadap komponen rumah yaitu struktur dan nonstruktur yang terdiri dari fondasi, sloof, kolom, ring balok, dinding dan atap. Setiap bagian struktur konstruksi rumah sangat berkaitan dan tidak hanya asal bangun tanpa memenuhi syarat bangunan tahan gempa. Tentunya dalam hal ini, para tukang dan masyarakat perlu disosialisasikan agar mendapatkan pemahaman yang jelas terhadap pembangunan rumah. Karena yang membuat banyak korban jiwa saat terjadi gempa bumi adalah bukan karena gempanya melainkan karena struktur rumah yang tidak kuat dan kapasitas material yang dipakai sangat rendah. Hal ini ditandai dengan rumah-rumah yang masih memmbangun rumah tanpa struktur yang lengkap seperti; menggunakan rangka atap dengan bambu, tidak ada pembesian pada sloof, tidak ada ikatan tulangan antara sloof dan kolom termasuk tidak adanya pembesian antara kolom dan balok. Dan bahkan ada beberapa rumah yang tidak memakai tulangan pada pondasi. Berikut adalah prinsip-prinsip yang di gunakan dalam perencanaan dan pelaksanaan pedoman pembangunan tahan gempa terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Komponen	Standar Teknis
Pondasi	Kekuatan pondasi sangat mempengaruhi bangunan untuk kokoh berdiri tegak dalam merespon getaran dan acaman gempa bumi dengan memperhatikan kondisi batuan dasar pada penempatan pondasi.
Denah Bangunan	Sebisa mungkin membuat konsep bangunan dengan desain yang simetris dan sederhana agar terhindar dari dilatasi akibat ancaman gempa bumi.
Konsep desain kapasitas	Mengupayakan konsep perencanaan bangunan dengan desain kapasitas, yaitu seluruh elemen struktur bangunan dilakukan peningkatan daktalitas dan elemen struktur lain diberikan perlindungan agar dapat bergerak elastik terhadap struktur yang lain.
Hubungan Balok dan Kolom (HBK)	Perilaku Hubungan Balok dan Kolom (HBK) mempengaruhi Integritas menyeluruh Sistem Rangka Pemikul Momen (SPRM)
Hubungan Pondasi	Beban struktur vertikal dan horizontal bangunan disalurkan dalam tanah

dan Struktur Atas melalui struktur bawah yang disebut pondasi. Seluruh beban struktur atas yang dipikul struktur bawah diharuskan tidak mengalami kegagalan lebih dahulu daripada struktur atas.

Sumber: (Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2021)

3.2 Peran Pemerintah Terhadap Kesadaran Masyarakat Terhadap Rumah Tahan Gempa

Peran pemerintah sangat dibutuhkan terhadap setiap pelaksanaan pembangunan rumah, sehingga masyarakat tidak menganggap sepele pembangunan rumah karena kesalahan pembangunan rumah berdampak negatif bagi yang menghuninya bahkan bisa memakan korban jiwa. Keterlibatan pemerintah dalam memberikan sosialisasi pembangunan rumah tahan gempa berdampak positif bagi kalangan masyarakat. Sosialisasi tersebut bisa berupa pelatihan kepada para tukang-tukang sesuai dengan ahlinya masing-masing dengan benefit sertifikat. Sertifikat yang dimiliki oleh setiap tukang inilah menjadi pegangan bahwa mereka telah memahami dan mengikuti pelatihan terhadap metode-metode pelaksanaan rumah tahan gempa. Selain itu, pemerintah memberikan sosialisasi terhadap pemahaman pentingnya kesadaran akan rumah tahan gempa. Sosialisasi yang dimaksudkan bisa berupa memanfaatkan media yang sedang tren pada masa kini untuk menyebarkan informasi. Dengan begitu memudahkan masyarakat untuk menerima informasi terkait sosialisasi metode-metode pelaksanaan rumah tahan gempa. Sehingga peran pemerintah tersebut berdampak positif bagi masyarakat untuk membangun rumah.

Tidak cukup dengan sosialisasi, pemerintah juga terlibat dalam pembuatan buku pedoman khusus proses pelaksanaan pembangunan rumah tahan gempa. Buku pedoman tersebut dibuat dengan bahasa yang mudah dimengerti oleh kalangan masyarakat dengan memberikan penjelasan foto dan teks. Setiap bagian perbagian pembangunan struktur rumah dijelaskan dengan memberikan contoh dan fungsi penggunaan metode dalam pembangunan rumah tahan gempa. Melalui buku pedoman tersebut masyarakat percaya diri dalam membangun rumahnya yang tahan gempa ditambah dengan tukang-tukang yang sudah bersertifikat khusus tentang bangunan rumah tahan gempa. Oleh karena itu, ini merupakan solusi utama bagi penulis untuk memberikan pemahaman terhadap kesadaran masyarakat tentang bangunan rumah tahan gempa. Pelatihan-pelatihan bersertifikat yang diberikan kepada para tukang, sosialisasi kepada masyarakat serta pembuatan buku pedoman teknis dan metode-metode pelaksanaan pembangunan rumah tahan gempa sangat berdampak positif bagi masyarakat dan mengurangi korban jiwa akibat rumah yang tidak tahan gempa.

4. KESIMPULAN

Konstruksi bangunan yang kuat terhadap gempa merupakan bangunan yang bisa merespon guncangan gempa, yang mempunyai kekuatan untuk bertahan dari kerobohan dan bersifat fleksibel untuk meredam getaran gempa. Yang perlu diperhatikan dalam pembangunan rumah sederhana agar memiliki struktur bangunan tahan gempa adalah dengan memperkuat seluruh struktur bangunan dengan sambungan-sambungan dipasang dan dibuat mengikuti standar tahan gempa. Setiap bagian struktur konstruksi rumah sangat berkaitan dan tidak hanya asal bangun tanpa memenuhi syarat bangunan tahan gempa. Tentunya dalam hal ini, para tukang dan masyarakat perlu disosialisasikan agar mendapatkan pemahaman yang jelas terhadap pembangunan rumah. Adapun prinsip yang digunakan dalam pedoman perencanaan bangunan tahan gempa yaitu; kekuatan pondasi, denah bangunan, konsep desain kapasitas, hubungan sambungan balok dan kolom, serta

Soprianto R. S. Waruwu, P. Simanjuntak, Metode Pelaksanaan Pembangunan Rumah Tinggal
Sederhana Tahan Terhadap Gempa

pondasi harus lebih kuat dari bangunan atas. Peran pemerintah sangat dibutuhkan terhadap setiap pelaksanaan pembangunan rumah dengan memberikan sosialisasi pembangunan rumah tahan gempa berupa pelatihan kepada para tukang-tukang sesuai dengan ahlinya masing-masing dengan benefit sertifikat, sosialisasi kepada masyarakat dan pembuatan buku pedoman teknis tentang metode-metode pelaksanaan pembangunan rumah tahan gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshari, B., Kencanawati, N. N., Fajrin, J., Hartana, H., & Suroso, A. (2020). Sosialisasi Dan Pelatihan Pembuatan Bangunan Rumah Tahan Gempa Di Desa Pemenang Timur Kabupaten Lombok Utara. *Jurnal PEPADU*, 1(1), 120–124. <https://doi.org/10.29303/jurnalpepadu.v1i1.84>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. 3rd Edition*, SAGE Publications, Inc.
- Dasar, A., Patah, D., & Apriansyah. (2022). Sosialisasi Membangun Rumah Sederhana Tahan Gempa Untuk Para Tukang Di Desa Mekkatta Kecamatan Malunda, Majene-Sulawesi Barat. *Panrita Abdi-Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat, LP2M Universitas Hasanudin*, 6(4), 753–760.
- Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2021). Konstruksi Bangunan Tahan Gempa. <https://Dpu.Kulonprogokab.Go.Id/Detail/596/Konstruksi-Bangunan-Tahan-Gempa#:~:Text=Ciri%2Dciri%20fisik%20bangunan%20tahan,Strukturnya%20meenuhi%20standar%20anti%20gempa>.
- Hadibroto, B., & Ronitua, S. (2018). Perbaikan Dan Perkuatan Bangunan Sederhana Akibat Gempa. *Jurnal Educational Building*, ISSN : 2477-4898, 4(1), 46–55.
- Herman, N. D., Yustiarini, D., Maknun, J., & Busono, T. (2010). Dampak Pelatihan Konstruksi Bangunan Tahan Gempa Terhadap Perbaikan Kinerja Buruh Bangunan. *INVOTEC, Februari 2010*, 6(16), 470–475.
- Prihatmaji, Y. P., Pramono, W. B., & Nugroho, C. A. (2013). Penyuluhan Bangunan Rumah Tahan Gempa Sebagai Optimalisasi Mitigasi Gempa Bumi. *Jurnal Inovasi Dan Kewirausahaan, Seri Pengabdian Masyarakat 2013* ISSN: 2089-3086, 2(3), 233–239.
- Rinaldi, Z., & Purwantiasning, A. W. (2015). Suku Besemah Di Kota Pagaralam Sumatera Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 005(November), 1–10.
- SNI 1726. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. In *Badan Standardisasi Nasional Indonesia* (Issue 8).
- Yoresta, F. S. (2018). Analisis Ketahanan Gempa Rumah Tembokan Beton Bertulang di Perumahan Graha Arradea. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 24(1), 54. <https://doi.org/10.14710/mkts.v24i1.18097>

**ANALISIS PERILAKU STRUKTUR BANGUNAN TINGGI DENGAN
OPTIMALISASI PENEMPATAN SHEAR WAL PADA GEDUNG MRT HUB
(SIMPANG TEMU) DUKUH ATAS, JAKARTA PUSAT**

Natamaro Daniel¹, Pinondang Simanjuntak², Agnes Sri Mulyani²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: natamarodaniel27@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: pinondang.simanjuntak@uki.ac.id

Email: agnes.mulyani@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

This article examines the impact of earthquakes on building construction, particularly emphasizing the use of shear walls. Shear walls function as cantilevered flexible beams capable of withstanding shear and twist stresses. The location of shear walls must maintain symmetry and the building mass's center of gravity. The study took a quantitative approach as a result of the experimental computation method of the ETABS V19 software. Three models with varied shear wall positions were used to examine the modifications. According to the research findings, the initial modeling change results in an average deviation of 23,925 mm in the X direction and 55,562 mm in the Y direction in the corresponding static analysis. Hence, the average deviation value in the dynamic analysis of the response spectrum is 22,767 mm in the X direction and 52.3307 mm in the Y direction. The third modeling change successfully minimized structural deviations in both directions. Aside from that, the number of people participating in the third modeling reached more than 90%, meeting the conditions stated by SNI 03-1726-2019. Based on the findings, it is possible to infer that the first modeling adjustment produces the best optimal building structure behavior with deviations and reduced shear wall volumes considering economic concerns while also meeting SNI requirements for mass participation.

Keywords: drift between floors, dynamic response, shear walls, structural behavior

ABSTRAK

Paper ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh gempa terhadap konstruksi bangunan dengan fokus pada penggunaan dinding geser atau shear wall. Dinding geser bekerja sebagai balok lentur kantilever yang mampu menahan gaya geser dan gaya puntir. Penempatan dinding geser harus mempertahankan kesimetrisan dan titik berat massa bangunan. Penelitian dilakukan dengan pendekatan kuantitatif, merupakan hasil dari metode eksperimen perhitungan software ETABS V19. Modifikasi dianalisis dengan cara dibuat 3 pemodelan dengan penempatan shear wall yang berbeda-beda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi pemodelan pertama menghasilkan nilai simpangan rata-rata pada analisis statik ekuivalen adalah sebesar 23,925 mm pada arah X dan 55.562 mm pada arah Y. Sedangkan dalam analisis dinamik respon spektrum, nilai simpangan rata-rata adalah sebesar 22,767 mm pada arah X dan 52,3307 mm pada arah Y. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi pemodelan ketiga berhasil mengurangi simpangan struktur pada kedua arah. Selain itu, jumlah partisipasi massa yang terjadi pada pemodelan ketiga tersebut mencapai lebih dari 90%, hal itu sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan oleh SNI 03-1726-2019. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa modifikasi pemodelan pertama menghasilkan perilaku struktur bangunan dengan optimalisasi terbaik dengan simpangan dan penggunaan volume shear wall yang lebih kecil dalam pertimbangan faktor biaya serta memenuhi persyaratan SNI yang terkait dengan partisipasi massa

Kata kunci: dinding geser, perilaku struktur, respon dinamik, simpangan antar lantai

1. PENDAHULUAN

Dasar suatu konstruksi bangunan dapat berdiri dengan baik apabila didukung dengan keamanan yang baik juga, oleh karena itu diperlukan analisis struktur yang teliti pada setiap tingkatan bangunan agar mampu menerima beban yang akan datang. Beban ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang tidak diprediksi setelah selesai masa konstruksi bangunan tersebut, salah satu yang mungkin akan terjadi, yaitu beban gempa, dimana arah datangnya beban gempa sulit untuk diperkirakan dan sangat krusial terhadap pengaruh keutuhan dan karakteristik suatu struktur bangunan. Indonesia terletak di daerah yang memiliki potensi gempa bumi yang sangat tinggi karena berada di jalur Cincin Api Pasifik. Dikatakan Jalur Cincin Api Pasifik, karena Indonesia dilalui pertemuan antara tiga lempeng bumi yaitu lempeng Pasifik, lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Eurasia. Akibat tiga lempeng ini sering terjadi gempa bumi di Indonesia dan seringkali mengakibatkan kerusakan dan kerugian materi yang besar, termasuk kerusakan pada bangunan dan infrastruktur. Dalam Analisis struktur bangunan, kondisi tersebut menimbulkan kebutuhan tentang pengembangan dan perbaikan konstruksi bangunan yang lebih tahan terhadap gempa bumi. Untuk itu pemerintah Indonesia telah menetapkan standar bangunan yang harus memenuhi persyaratan keamanan gempa untuk mencegah kerugian dan kehilangan jiwa akibat gempa bumi. Oleh karena itu, dalam setiap perencanaan terhadap gedung supaya bangunan tahan terhadap gempa harus memenuhi peraturan yang sudah ditetapkan dalam SNI 03-1726-2019.

Paper ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh gempa terhadap konstruksi bangunan dengan fokus pada penggunaan dinding geser atau *shear wall* yang bekerja sebagai balok lentur kantilever yang mampu menahan gaya geser dan gaya puntir.

2. METODE PENELITIAN

Digunakan pendekatan kuantitatif yang dilakukan dengan metode eksperimen dengan program simulasi perhitungan software komputer untuk melihat analisis yang dibuat kemudian dibandingkan dengan hasil analisis program ETABS V19. Studi kasus yang diambil adalah Gedung MRT Simpang temu dukuh atas, Jakarta Pusat. Modifikasi struktur bangunan yang dianalisis dibuat menjadi 3 pemodelan dengan penempatan shear wall yang berbeda-beda untuk mendapatkan hasil optimalisasi yang terbaik dengan membandingkan dan melakukan pengecekan perilaku struktur gedung, seperti kontrol perioda struktur, kontrol gaya geser, kontrol simpangan antar lantai (drift), pengecekan ketidakberaturan, perbandingan perilaku struktur analisis, perpindahan (displacement), simpangan antar lantai (drift), nilai simpangan horizontal, perpindahan antar lantai.

2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data Gedung MRT Simpang Temu Dukuh Atas, Jakarta Pusat berupa:

2.1.1. Lokasi dan Fungsi Gedung

Proyek pembangunan MRT Hub Dukuh Atas terletak di kawasan Sudirman, Dukuh Atas, Kota Jakarta Pusat terletak pada lokasi yang strategis karena terdapat Stasiun Sudirman, MRT Dukuh Atas di sekitar kawasan SCBD, Mall Grand Indonesia, gedung perkantoran, dekat dengan Halte Dukuh Atas dan Tosari. dan fungsi gedung kantor MRT adalah tempat transit, dan retail.

2.1.2. Jumlah lantai Gedung

Proyek Simpang Temu MRT Hub Dukuh Atas terdiri dari 1-unit dengan 3 Zona, dengan jumlah lantai adalah 2 basement dan 12 lantai dengan tinggi bangunan 60 meter.

2.1.3. Spesifikasi Material Struktur

Struktur bangunan menggunakan beton dengan mutu f_c' 30 MPa untuk seluruh struktur utama bangunan, dengan pembagian f_c' 40 MPa khusus, pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Mutu Material Beton

Jenis	LT. 1 – LT 4	LT 5 - LT 8	LT 9- LT 12
Pelat	30 MPa	30 MPa	30 MPa
Balok	30 MPa	30 MPa	30 MPa
Kolom	40 MPa	30 MPa	30 MPa
Dinding Geser	40 MPa	30 MPa	30 MPa

Sedangkan baja tulangan digunakan batang baja ulir f_y 420 MPa (BJTS-420B) dengan diameter 10, 13, 16, 19, 22, 25, 29, 32 mm, untuk semua tulangan struktur utama sesuai SNI 2052:2017 seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Mutu Material Beton

Jenis profil	Penggunaan
ASTM A-36	Baja profil
ASTM A-325	Baut untuk struktur utama
ASTM A-307	Baut untuk struktur utama dan Batang angkur

2.2. Preliminary Design pada Elemen

Berikut dimensi balok, pelat, kolom dan dinding geser yang digunakan seperti terlihat pada Tabel 3, 4, 5 dan 6 berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Dimensi Balok

Jenis Balok	Tipe Balok	Dimensi (mm)
Balok Induk	G1	600 x 800
	G1A	800 x 800
	G1 X	400 x 700
	G2	500 x 800
	G2A	500 x 800
	G2X	500 x 800
	G3	700 x 900
	G3X	500 x 800
	G4	500 x 700
	G4A	500 x 700
	G4B	600 x 900
	G4X	400 x 800
	G5	500 x 700

	G5A	500 x 700
	G5B	600 x 900
	G6	500 x 400
	G6A	500 x 400
	G7	400 x 700
	G8	500 x 800
	G9	600 x 700
	G10	400 x 700
Balok Anak	B1	300 x 700
	B1X	300 x 700
	B2	400 x 700
	B3	300 x 700
	B3X	400 x 700
	B4	400 x 700
	B4X	400 x 700
	B5	250 x 700
	B5X	250 x 700
	B6X	300 x 700
	B7	250 x 400
	B8	400 x 700

Tabel 4. Rekapitulasi Dimensi Pelat

Jenis Pelat	Dimensi (mm)
Pelat dua arah	120

Tabel 5. Rekapitulasi Dimensi Kolom

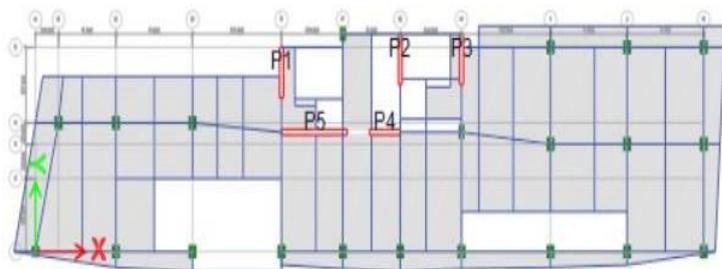
Tipe Kolom	LT. 1 – LT 4	LT 5 - LT 8	LT 9- LT 12
K1	1000 × 1000	800 × 1000	800 × 800
K1B	1000 × 1000	800 × 1000	800 × 800
K2	800 × 1400	800 × 1200	800 × 800
K3	600 × 1350	600 × 1200	600 × 1050
K4	1000 × 1000	900 × 900	800 × 800

Tabel 6. Rekapitulasi Dimensi Dinding Geser

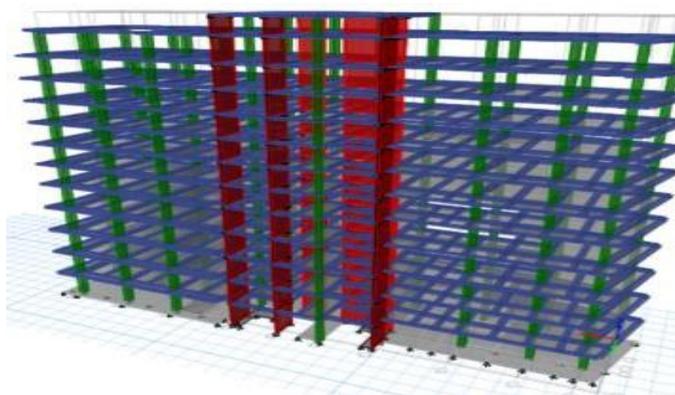
Tipe	LT. 1 – LT 4	LT 5 - LT 8	LT 9- LT 12
SW 1	T = 500	T = 400	T = 400
SW 2	T = 500	T = 400	T = 400
SW 3	T = 500	T = 400	T = 400
SW 4	T = 500	T = 400	T = 400
SW 5	T = 500	T = 400	T = 400
SW 6	T = 500	T = 400	T = 400
SW 7	T = 500	T = 400	T = 400

2.3. Pemodelan Struktur

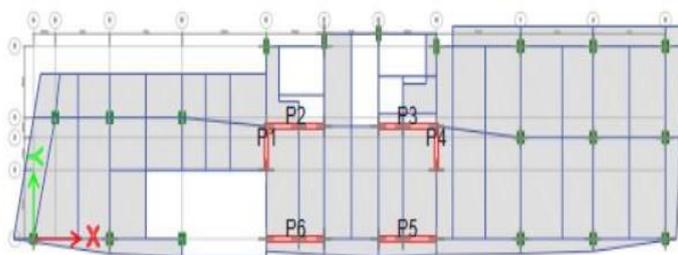
Pada gambar 1 disajikan pemodelan struktur berdasarkan penempatan *shear wall* yang berbeda dengan software yang digunakan adalah ETABS V19.



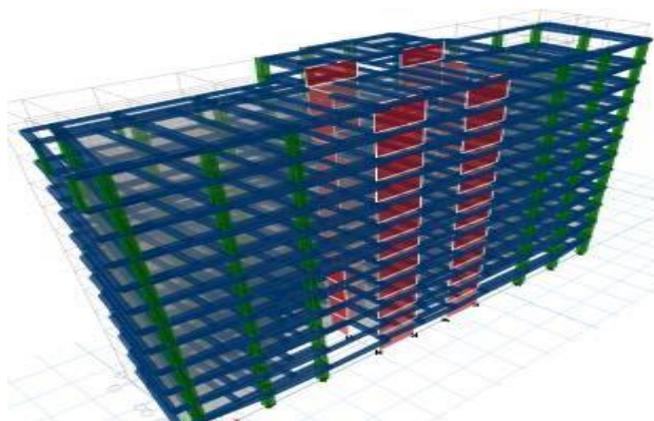
Gambar 1. Denah Shear wall Eksisting



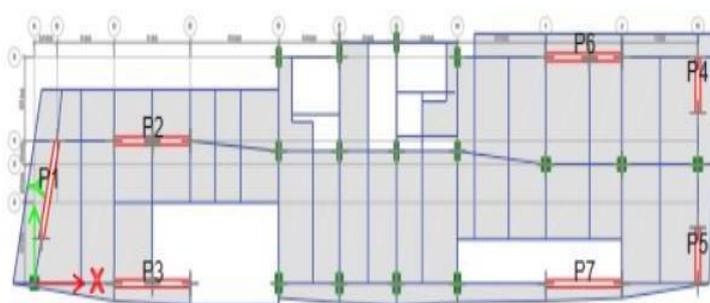
Gambar 2. Pemodelan 3D Shear wall Eksisting



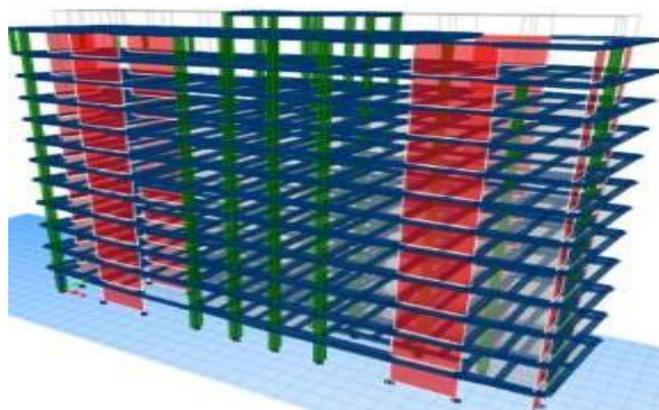
Gambar 3. Denah Shear wall Modifikasi 1



Gambar 4. Pemodelan 3D Shear wall Modifikasi 1



Gambar 5. Denah Shear wall Modifikasi 2



Gambar 6. Pemodelan 3D Shear wall Modifikasi 2

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kontrol Periode Stuktur

Ketinggian struktur dari lantai bawah sampai dengan lantai atas yaitu 57,7 m, dan dapat diperoleh batas periode struktur yang diizinkan, dengan persamaan:

$$T_a = C_t \cdot h_n^x = 0,0488 \cdot 57,7^{0,75} \quad (1)$$

Dimana $T_a = 1,0216$ detik, dengan mencek persyaratan: $T_{max} \leq C_u \cdot T_a$ maka $C_u \cdot T_a = 1,4 \times 1,0216 = 1,430$ detik. Maka diperoleh hasil seperti terlihat pada Tabel 7

Tabel 7. Periode Struktur dengan Modifikasi Shear wall

Pemodelan	Tmax perhitungan ETABS v.19 (detik)	Keterangan
Eksisting	0.983	Aman
Modifikasi 1	0.814	Aman
Modifikasi 2	0.556	Aman

3.2 Pengecekan Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.9.1, diperlukan analisis yang mencakup jumlah ragam yang memadai untuk memastikan bahwa partisipasi massa ragam yang dikombinasikan mencapai minimal 90% dari massa aktual dalam setiap arah horizontal ortogonal dari respons yang dianalisis oleh model. Hasil rekapitulasi partisipasi massa pada masing masing pemodelan modifikasi disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Massa Setiap Modifikasi *Shear wall*

Mode	Existing		Modifikasi 1		Modifikasi 2	
	Sum UX	Sum UY	Sum UX	Sum UY	Sum UX	Sum UY
Atap	0.0006	0.2172	0.0003	0.4296	0.0137	0.7203
LMR	0.0115	0.723	0.0004	0.7193	0.6787	0.7351
12	0.7203	0.7289	0.6716	0.7195	0.6933	0.7352
11	0.7204	0.7368	0.6716	0.7279	0.6942	0.8658
10	0.721	0.8516	0.6716	0.8543	0.7169	0.8671
9	0.854	0.8519	0.845	0.8543	0.871	0.8689
8	0.8541	0.8527	0.8478	0.8544	0.8715	0.9094
7	0.8542	0.9054	0.8478	0.9113	0.8717	0.9343
6	0.8548	0.9067	0.8478	0.9115	0.8826	0.9344
5	0.9106	0.9067	0.8478	0.941	0.8862	0.9396
4	0.911	0.9106	0.8781	0.9412	0.8917	0.9405
3	0.911	0.9365	0.9041	0.9412	0.8921	0.947
2	0.9292	0.9368	0.9092	0.9415	0.8972	0.9577
1	0.9416	0.9371	0.911	0.9415	0.935	0.958

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dengan program ETABS, dapat diamati bahwa partisipasi massa pada bangunan existing mencapai 90% pada mode ke-5. Sementara itu, pada pemodelan Modifikasi *shear wall* 1, partisipasi massa mencapai 90% pada mode ke-3, dan pada pemodelan Modifikasi *shear wall* 2, partisipasi massa mencapai 90% pada mode ke-1. Informasi ini menunjukkan pada mode-mode tertentu, masing-masing model bangunan telah mencapai persyaratan partisipasi massa sebesar 90% seperti yang ditentukan oleh SNI

3.3 Kontrol Gaya Geser

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, diperoleh nilai gaya geser dasar nominal dari hasil analisis ragam respons struktur pada arah X dan Y. Nilai ini harus memenuhi persyaratan bahwa gaya geser dasar yang dihasilkan dari analisis ragam respons spektrum minimal mencapai 100% dari nilai gaya geser statik yang dihasilkan pada Tabel 9:

Tabel 9. Gaya Geser Dasar Statik

Pemodelan	Gaya Geser Statik dan dinamik				Kontrol $V_d \geq V_s$	
	Dinamik FX (kN)	Statik FX (kN)	Dinamik FY (kN)	Statik FY (kN)	Arah X	Arah Y
Eksisting	4803.7459	-4803.7276	5857.7176	-5867.0955	Ok	Ok
Modifikasi 1	4817.617	-4817.0553	5664.4168	-5676.1556	Ok	Ok
Modifikasi 2	4830.6646	-4830.6305	5766.1743	-5765.9818	Ok	Ok

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS yang ditinjau dari respon spektrum, dikarenakan nilainya paling maksimum dibanding statik ekuivalen, maka input data yang diperoleh pada Tabel 10.

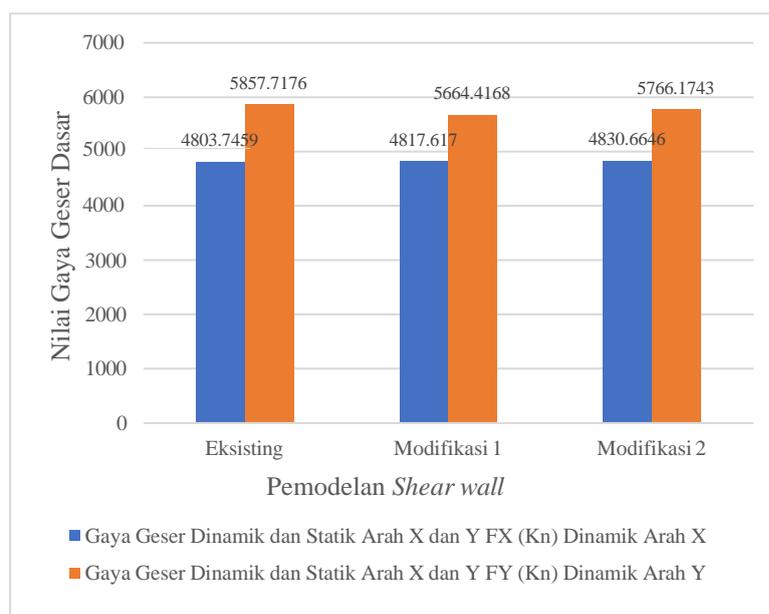
Tabel 10. Perhitungan Respons Spektra

Arah Gempa Dinamik	Respons Spektra (kN)		
	Eksisting	Modifikasi 1	Modifikasi 1
X base shear	4803.7459	4817.617	4830.6646
Y base shear	5857.7176	5664.4168	5766.1743

Sehingga di dapatkan juga persentase perbandingan Base shear dinamik respon spektrum arah X bangunan Pemodelan Modifikasi 1 lebih besar 0,14% dari pada existing dan Base shear bangunan Pemodelan Modifikasi 2 lebih besar 0,27%.

3.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Untuk simpangan yang terjadi pada lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi peraturan yang disyaratkan. Maka dari itu, penentuan simpangan yang terjadi pada lantai ijin (Δ_a) dilakukan dengan rumus $0,020hsx$, dimana hsx merupakan tinggi lantai yang Gaya Geser dinamik arah Y bangunan Pemodelan Modifikasi 1 lebih kecil 1,31% daripada existing seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Gaya Geser Dinamik Respons Spektrum Arah X dan Y

Terlihat bahwa gaya geser dinamik tidak melebihi $\Delta a/\rho$ untuk semua tingkat, dengan nilai ρ (faktor redundansi) = 1,3. Penentuan Simpangan di antara lantai (Δ) menurut pasal 7.8.6 dan batasan izinnya (Δa) ditentukan menurut pasal 7.12.1. seperti terlihat pada Tabel 11, 12, 13, 14, 15, 16 berikut ini:

Tabel 11. Simpangan Antar Lantai Statik Ekuivalen Eksisting

Mode	H_{sx} (m)	Arah X		Arah Y		izin $\Delta a/\rho$ (mm)	Kontrol ($\Delta_{x,y} \leq \Delta a/\rho$)	
		δx (mm)	Δx (mm)	δy (mm)	Δy (mm)		Arah X	Arah Y
Atap	3	107.652	24.2	-111	32.8	57.69	Ok	Ok
LMR	4.5	102.704	39.6	64.3	33.5	86.54	Ok	Ok
12	4.2	95.091	40.8	74.3	46.7	80.77	Ok	Ok
11	4.2	87.852	44.7	83.1	52.6	80.77	Ok	Ok
10	4.2	79.787	48.5	90.9	59.4	80.77	Ok	Ok
9	4.2	70.916	51.7	97.5	65.9	80.77	Ok	Ok
8	4.2	61.345	53.7	102.1	69.7	80.77	Ok	Ok
7	4.2	51.295	54.4	104.9	72.6	80.77	Ok	Ok
6	5	41.002	63.1	122.8	88.0	96.15	Ok	Ok
5	5	28.931	56.5	110.2	82.9	96.15	Ok	Ok
4	5	17.992	45.7	89.3	70.5	96.15	Ok	Ok
3	5	9.065	32.5	63.0	52.0	96.15	Ok	Ok
2	5	2.655	13.2	25.0	21.3	96.15	Ok	Ok
1	0	0	0	0	0	0	Ok	Ok

Tabel 12. Simpangan Antar Lantai Dinamik Eksisiting

Mode	H _{SX} (m)	Arah X		Arah Y		izin $\Delta a/\rho$ (mm)	Kontrol ($\Delta x,y \leq \Delta a/\rho$)	
		δx (mm)	Δx (mm)	δy (mm)	Δy (mm)		Arah X	Arah Y
Atap	3	97.606	24.398	123.801	51.953	57.69	Ok	Ok
LMR	4.5	93.17	37.532	114.355	41.883	86.54	Ok	Ok
12	4.2	86.346	37.587	106.74	43.642	80.77	Ok	Ok
11	4.2	79.512	40.959	98.805	48.059	80.77	Ok	Ok
10	4.2	72.065	44.391	90.067	52.393	80.77	Ok	Ok
9	4.2	63.994	47.460	80.541	56.463	80.77	Ok	Ok
8	4.2	55.365	49.616	70.275	59.582	80.77	Ok	Ok
7	4.2	46.344	50.804	59.442	62.062	80.77	Ok	Ok
6	5	37.107	59.664	48.158	50.985	96.15	Ok	Ok
5	5	26.259	53.966	38.888	51.915	96.15	Ok	Ok
4	5	16.447	44.440	29.449	89.953	96.15	Ok	Ok
3	5	8.367	32.384	13.094	44.231	96.15	Ok	Ok
2	5	2.479	13.635	5.052	27.786	96.15	Ok	Ok
1	0	0	0	0	0	0	Ok	Ok

Tabel 13. Simpangan Antar Lantai Statik Ekuivalen Modifikasi 1

Mode	H _{SX} (m)	Arah X		Arah Y		izin $\Delta a/\rho$ (mm)	Kontrol ($\Delta x,y \leq \Delta a/\rho$)	
		δx (mm)	Δx (mm)	δy (mm)	Δy (mm)		Arah X	Arah Y
Atap	3	60.924	21.08	141.431	35.33	57.69	Ok	Ok
LMR	4.5	57.091	32.41	135.007	28.97	86.54	Ok	Ok
12	4.2	51.199	30.86	129.739	54.53	80.77	Ok	Ok
11	4.2	45.589	31.36	119.824	60.02	80.77	Ok	Ok
10	4.2	39.888	31.62	108.911	65.32	80.77	Ok	Ok
9	4.2	34.139	31.45	97.034	70.35	80.77	Ok	Ok
8	4.2	28.42	30.69	84.243	73.07	80.77	Ok	Ok
7	4.2	22.84	29.20	70.958	74.92	80.77	Ok	Ok
6	5	17.531	31.53	57.337	88.80	96.15	Ok	Ok
5	5	11.799	26.28	41.191	81.91	96.15	Ok	Ok
4	5	7.021	19.99	26.299	68.50	96.15	Ok	Ok
3	5	3.387	13.44	13.845	51.66	96.15	Ok	Ok
2	5	0.944	5.19	4.452	24.49	96.15	Ok	Ok
1	0	0	0	0	0	0	Ok	Ok

Tabel 14. Simpangan Antar Lantai Dinamik Modifikasi 1

Mode	H _{SX} (m)	Arah X		Arah Y		izin $\Delta a/\rho$ (mm)	Kontrol ($\Delta x,y \leq \Delta a/\rho$)	
		δx (mm)	Δx (mm)	δy (mm)	Δy (mm)		Arah X	Arah Y
Atap	3	57.953	20.064	57.953	31.73	57.69	Ok	Ok
LMR	4.5	54.305	31.7955	54.305	55.31	86.54	Ok	Ok
12	4.2	48.524	30.0245	48.524	54.98	80.77	Ok	Ok
11	4.2	43.065	30.327	43.065	58.49	80.77	Ok	Ok
10	4.2	37.551	30.3215	37.551	62.03	80.77	Ok	Ok
9	4.2	32.038	29.9035	32.038	65.17	80.77	Ok	Ok
8	4.2	26.601	28.8915	26.601	67.04	80.77	Ok	Ok
7	4.2	21.348	27.2965	21.348	68.11	80.77	Ok	Ok
6	5	16.385	29.227	16.385	49.95	96.15	Ok	Ok
5	5	11.071	24.442	11.071	63.88	96.15	Ok	Ok
4	5	6.627	18.623	6.627	65.63	96.15	Ok	Ok
3	5	3.241	17.8255	3.241	63.97	96.15	Ok	Ok
2	5	0.944	5.192	0.944	26.34	96.15	Ok	Ok
1	0	0	0	0	0	0	Ok	Ok

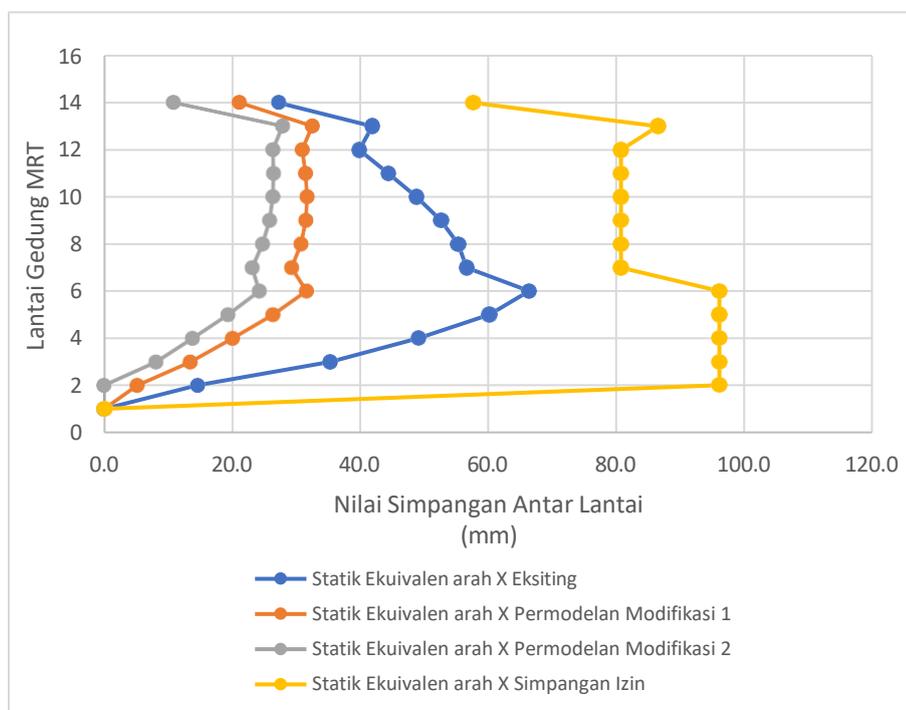
Tabel 15. Simpangan Antar Lantai Statik Ekuivalen Modifikasi 2

Mode	H _{SX} (m)	Arah X		Arah Y		izin $\Delta a/\rho$ (mm)	Kontrol ($\Delta x,y \leq \Delta a/\rho$)	
		δx (mm)	Δx (mm)	δy (mm)	Δy (mm)		Arah X	Arah Y
Atap	3	46.667	10.8	75.251	18.7165	57.69	Ok	Ok
LMR	4.5	44.699	27.8	71.848	34.837	86.54	Ok	Ok
12	4.2	39.636	26.3	65.514	29.315	80.77	Ok	Ok
11	4.2	34.854	26.4	60.184	32.7635	80.77	Ok	Ok
10	4.2	30.05	26.3	54.227	36.2395	80.77	Ok	Ok
9	4.2	25.268	25.8	47.638	39.182	80.77	Ok	Ok
8	4.2	20.582	24.7	40.514	41.0135	80.77	Ok	Ok
7	4.2	16.088	23.1	33.057	41.921	80.77	Ok	Ok
6	5	11.897	24.2	25.435	48.664	96.15	Ok	Ok
5	5	7.495	19.3	16.587	42.5315	96.15	Ok	Ok
4	5	3.979	13.8	8.854	31.8065	96.15	Ok	Ok
3	5	1.474	8.1	3.071	16.8905	96.15	Ok	Ok
2	5	0	0	0	0	96.15	Ok	Ok
1	0	0	0	0	0	0	Ok	Ok

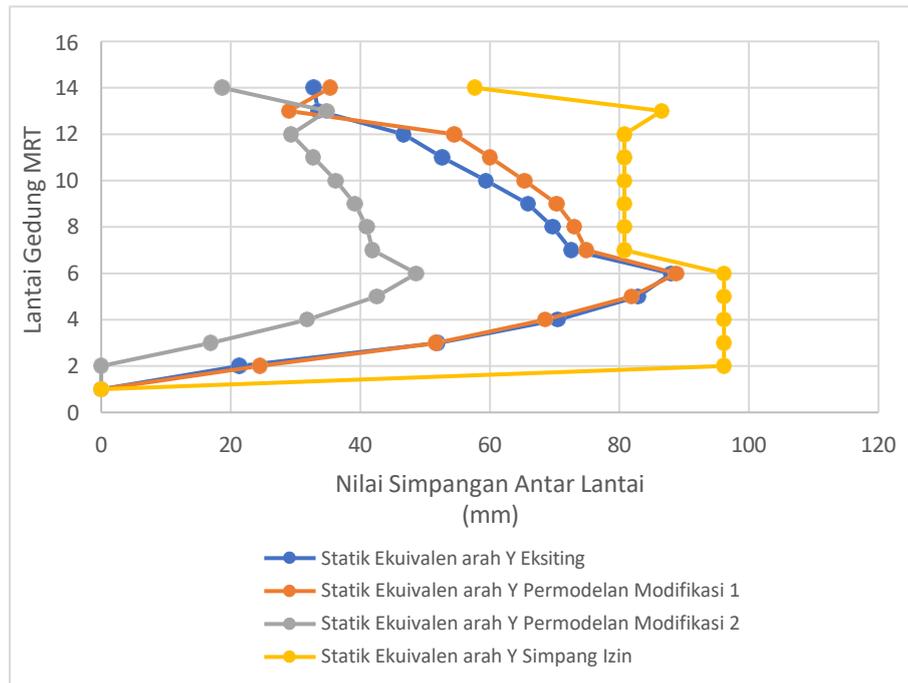
Tabel 16. Simpangan Antar Lantai Dinamik Modifikasi 2

Mode	H _{sx} (m)	Arah X		Arah Y		izin $\Delta a/\rho$ (mm)	Kontrol ($\Delta x,y \leq \Delta a/\rho$)	
		δx (mm)	Δx (mm)	δy (mm)	Δy (mm)		Arah X	Arah Y
Atap	3	46.163	2.1175	46.163	-5.0435	57.69	Ok	Ok
LMR	4.5	45.778	28.413	45.778	41.591	86.54	Ok	Ok
12	4.2	40.612	26.796	40.612	40.282	80.77	Ok	Ok
11	4.2	35.74	26.9445	35.74	41.503	80.77	Ok	Ok
10	4.2	30.841	26.8455	30.841	42.482	80.77	Ok	Ok
9	4.2	25.96	26.334	25.96	42.911	80.77	Ok	Ok
8	4.2	21.172	25.289	21.172	42.4105	80.77	Ok	Ok
7	4.2	16.574	23.639	16.574	40.964	80.77	Ok	Ok
6	5	12.276	24.904	12.276	44.8965	96.15	Ok	Ok
5	5	7.748	19.976	7.748	37.4165	96.15	Ok	Ok
4	5	4.116	14.267	4.116	27.511	96.15	Ok	Ok
3	5	1.522	8.371	1.522	16.9015	96.15	Ok	Ok
2	5	0	0	0	0	0	Ok	Ok
1	0	0	0	0	0	0	Ok	Ok

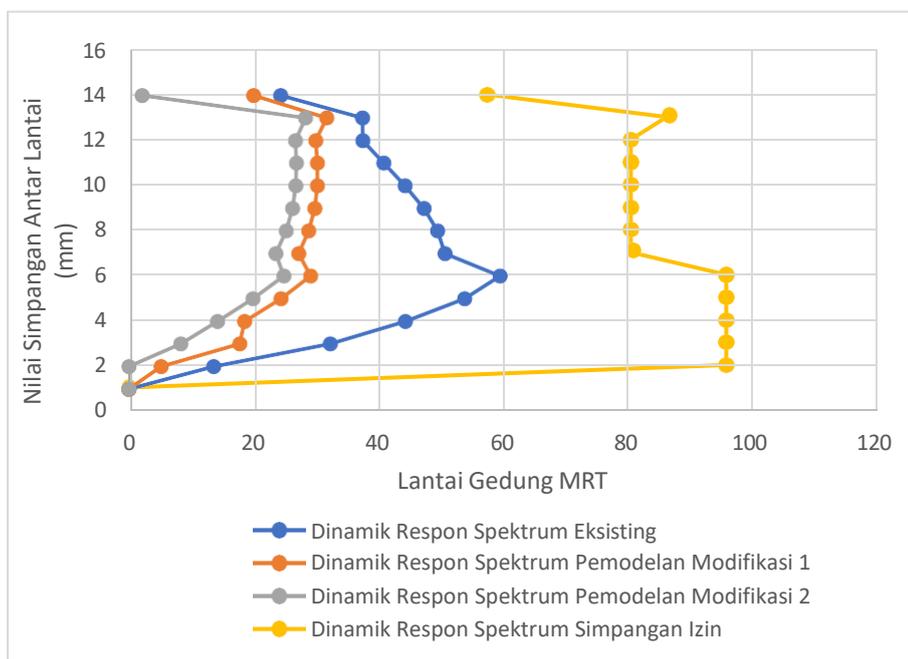
Adapun simpangan antar lantai dapat dilihat pada Gambar 7, 8, 9, 10, 11 dan 12 berikut ini



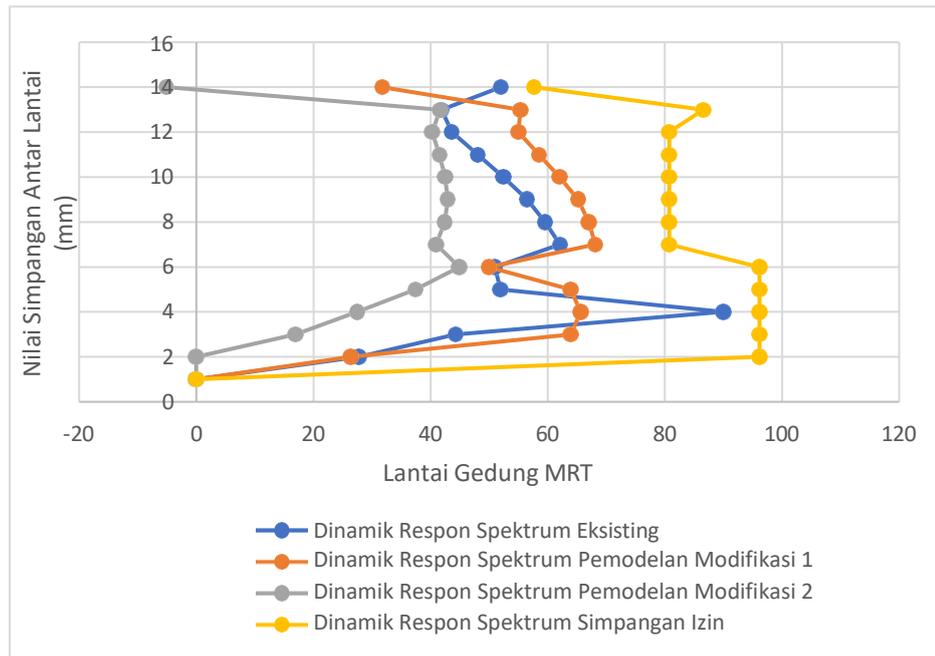
Gambar 7. Simpangan Antar Lantai Statik Ekuivalen Pemodelan 1 Shear wall arah X



Gambar 8. Simpangan Antar Lantai Dinamik Pemodelan 1 Shear wall arah Y



Gambar 9. Simpangan Antar Lantai Statik Ekuivalen Pemodelan 2 Shear wall arah X



Gambar 10. Simpangan Antar Lantai Dinamik Pemodelan 2 Shear wall arah Y

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisis mengenai pemodelan modifikasi struktur pada variasi penempatan *shear wall* yang berbeda untuk mendapatkan pengoptimalisasian terbaik, terkait tinggi bangunan dengan ketidakberaturan horizontal, dapat disimpulkan Penempatan *shear wall* pada pemodelan eksisting memiliki nilai simpangan antar lantai paling terbesar dikarenakan penempatannya mengesampingkan titik pusat massa dan titik kristis atau sisi lemah dari struktur bangunan dan hanya berfokus keamanan pada saat keadaan darurat sehingga diletakkan dekat tangga darurat oleh karena itu perlu dilakukan pengecekan analisis untuk mendapatkan optimalisasi terbaik. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi pemodelan pertama menghasilkan perilaku struktur bangunan dengan optimalisasi terbaik dan juga dengan pertimbangan penggunaan volume dapat mengurangi simpangan antar lantai terhadap sumbu X dan sumbu Y. Pemodelan pertama menghasilkan nilai simpangan rata-rata pada analisis statik ekuivalen adalah sebesar 23,925 mm pada arah X dan 55.562 mm pada arah Y. Sedangkan dalam analisis dinamik respon spektrum, nilai simpangan rata-rata adalah sebesar 22,767 mm pada arah X dan 52,3307 mm pada arah Y. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi pemodelan pertama berhasil mengurangi simpangan struktur pada kedua arah dikarenakan pada pemodelan modifikasi ini penempatan *shear wall* dilakukan di titik berat massa dari struktur gedung MRT sehingga juga dapat mengurangi deformasi dari struktur gedung MRT pemodelan *shear wall* eksisting. Selain itu, jumlah partisipasi massa yang terjadi pada Kedua pemodelan tersebut mencapai di atas 90%, sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan oleh SNI. Hal ini menunjukkan bahwa partisipasi massa dalam respons struktur telah diakomodasi dengan baik oleh kedua pemodelan. Dengan demikian, Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa modifikasi pemodelan pertama menghasilkan perilaku struktur bangunan dengan optimalisasi terbaik dengan simpangan dan penggunaan volume *shear wall* yang lebih kecil dalam pertimbangan faktor biaya serta memenuhi persyaratan SNI yang terkait dengan partisipasi massa.

DAFTAR PUSTAKA

- Fauziah, L. (2013). Pengaruh Penempatan dan Posisi Dinding Geser Terhadap Simpangan Bangunan Beton Bertulang Bertingkat Banyak Akibat Beban Gempa. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 1(No. 7).
- Ibnu Syamsi, M. (2018). Respon Model Gedung Beton Bertulang dengan Penambahan Dinding Pengisi terhadap Beban Gempa. *Semesta Teknika*, 21(1), 33–42.
- Friandini, B., & Saputro, D. N. (2018). Analisis Gaya Geser Dasar Seismik Berdasarkan SNI-03-1726-2002 dan SNI 1726:2012 pada Struktur Gedung Bertingkat. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 19(2).
- Islamy, D. EL, Desmaliana, E., & Diredja, N. V. (2019). Kajian Perbandingan Kinerja Struktur Dinding Geser Komposit Berdasarkan Tingkatan Gedung. (Hal. 20-29). *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 5(3).
- Purba, hotma lamtio. (2014). Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Beraturan Dan Ketidakteraturan Horizontal Sesuai Sni 03-1726-2012. *Universitas Sriwijaya*, 2(4).
- Rendra, R., Kurniawandy, A., & Djauhari, Z. (2016). Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa Dengan Metode Respon Spektrum Dan Time History. *Proceedings ACES (Annual Civil Engineering Seminar)*, 1, 153–160.
- Santoso, T. R., Parahyangan, U. K., Teknik, F., Studi, P., & Sipil, T. (2022). Studi pengaruh penempatan dinding geser terhadap kinerja struktur gedung beton bertulang sistem ganda dengan ketidakberaturan sistem nonparalel.
- Rahmadani, M., Aprillin, R., & Murtinugraha, E. (2019). Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan Secara Horizontal Dengan Dilatasi Terhadap Gempa. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 14(2).
- Widorini, T., Crista, N. H., & Purnijanto, B. (2021). Analisis Dinding Geser pada Desain Bangunan Gedung Bertingkat yang Tidak Beraturan. *Teknika*, 16(1).
- Wiryadi, I. G. G., & Sudarsana, I. K. (2019). Analisis Pengaruh Bentuk Dinding Geser Beton Bertulang Terhadap Kapasitas dan Luas Tulangan. *Jurnal Spektran*, 7(2).

[halaman ini sengaja dikosongkan]

ANALISIS KINERJA BANGUNAN 2 LANTAI PADA WILAYAH KOTA CIANJUR MENGUNAKAN METODE RESPONS SPEKTRUM

Dita Naomi¹, Sudarno P. Tampolon²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: ditaomi@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: sudarno.tampolon@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Earthquakes often occur in Indonesia due to its scope in the Pacific Ring of Fire. Indonesia is located on three earth plates (Pacific, Eurasian, and Indo-Australian), which are active and experiencing movement. In the condition of the earth's plates that have shifted, broken, or even stuck up, it is a natural disaster that impacts the structure of the building and its surroundings. In structural planning carried out with simple static analysis, the behavior of the structure is expected to run with good performance during an earthquake. One thing that is considered to minimize the impact of an earthquake is to arrange the layout of the building structure. This paper aims to produce a building design resistant to earthquake loads using SNI 1726: 2019. The modeling is carried out using ETABS software to simulate the earthquake load.

Keywords: earthquake-resistant building, layout, building structure

ABSTRAK

Gempa bumi sering terjadi di Indonesia dikarenakan lingkungannya berada di cincin api pasifik (ring of fire), negara Indonesia sendiri terletak di 3 lempeng bumi (Pasifik, Eurasia, dan Indo-Australia) yang termasuk aktif dan mengalami pergerakan. Dalam keadaan kondisi lempeng bumi yang mengalami pergeseran, pecah, atau bahkan mencuat keatas hal tersebut merupakan bencana alam yang berdampak bagi struktur bangunan dan sekitarnya. Dalam perencanaan struktur dilakukan dengan analisis statik yang sederhana, perilaku struktur tersebut diharapkan berjalan dengan kinerja yang baik saat terjadi gempa. Hal yang diperhatikan untuk meminimalisir dampak gempa bumi salah satunya adalah mengatur tata letak dari struktur bangunan. Penulisan ini bertujuan menghasilkan desain bangunan yang tahan terhadap beban gempa dengan menggunakan SNI 1726:2019. Dalam simulasi beban gempa dilakukan pemodelannya menggunakan software SAP2000.

Kata kunci: bangunan tahan gempa, tata letak, struktur bangunan

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi sering terjadi di Indonesia dikarenakan lingkungannya berada di cincin api pasifik (ring of fire), negara Indonesia sendiri terletak di 3 lempeng bumi (Pasifik, Eurasia, dan Indo-Australia) yang termasuk aktif dan mengalami pergerakan. Dalam keadaan kondisi lempeng bumi yang mengalami pergeseran, pecah, atau bahkan mencuat keatas hal tersebut merupakan salah satu bencana alam yang berdampak bagi struktur bangunan dan sekitarnya. Salah satu hal terpenting yang perlu diingat saat merancang sebuah bangunan, terutama bangunan bertingkat, adalah kemampuan struktur menahan gaya lateral. Bangunan lebih rentan terhadap gaya gempa dan tekanan lateral lainnya sebanding dengan tingginya. Perencanaan struktur digunakan untuk mengurangi dampak beban gempa bumi dari bagian struktur bangunan, jenis material bangunan yang digunakan, konfigurasi struktur. Beberapa kriteria bangunan yang menjadi acuan dalam melakukan perencanaan di lingkup daerah yang rawan terjadinya gempa bumi, antara lain:

Dita Naomi, S. P. Tampolon, Analisis Kinerja Bangunan 2 Lantai pada wilayah kota Cianjur menggunakan Metode Respons Spektrum

- a. Dalam tahap mendistribusikan massa, kekakuan dan kekuatan terhadap tinggi dari bangunan difokuskan untuk menerus.
- b. Struktur dalam konstruksi harus berukuran kompak, simetris, dan bentuknya sederhana.
- c. Perencanaan struktur harus mempunyai kekakuan yang cukup karena itu dihindari struktur yang terlalu langsing.

Dalam perencanaan struktur dilakukan dengan analisis statik yang sederhana, perilaku struktur tersebut diharapkan berjalan dengan kinerja yang baik saat terjadi gempa. Hal yang diperhatikan untuk meminimalisir dampak gempa bumi salah satunya adalah mengatur tata letak dari struktur bangunan (Siswanto & Salim, 2018). Pergeseran lempeng bumi yang besar sangat berdampak dengan kerusakan bangunan tempat tinggal dan bangunan infrastruktur masyarakat, hal tersebut merupakan dampak yang dapat dirasakan secara langsung oleh masyarakat maupun pemerintah. Daya dukung suatu rumah berbanding lurus dengan kualitas tanah pendukungnya. Beberapa solusi struktural, seperti sistem rangka pendukung dan sistem ganda, tersedia untuk digunakan pada struktur tinggi guna menahan gempa. Untuk menahan gempa, sistem rangka momen bertumpu pada balok dan kolom struktur, sedangkan sistem rangka ganda menggunakan dinding geser atau dinding struktur untuk menahan tegangan lateral yang timbul (Setia et al., 2021). Konstruksi tingkat tinggi harus memperhatikan kestabilan pada struktur yang mengalami perubahan deformasi yang umumnya lebih besar dibandingkan struktur stabil akibat beban yang diterima (Rienanda dkk., 2019).

Untuk memperkirakan bagaimana perilaku beban lateral, perencana struktur menggunakan berbagai teknik analisis linier (elastis) dan non-linier (inelastis) dalam perencanaan struktur tahan gempa. Analisis statis lateral merupakan jenis analisis linier. Pendekatan linier mencakup analisis statis ekuivalen dan analisis dinamis respons spektrum. Metode analisis non-linier mencakup analisis statis beban dorong (pushover) dan analisis riwayat riwayat (*static non-linear/pushover analysis*) sebagaimana hasil penelitian yang dilakukan oleh Utami (Utami dan Warastuti, 2019). Dalam tahap proses pembangunan ataupun perkuatan bangunan yang sudah ada, perencanaan tahan gempa berbasis kinerja (*performance-based seismic design*) menjadi acuan peraturan yang harus diikuti.

Diperoleh beberapa metode yang digunakan dalam menganalisa perencanaan struktur bangunan gedung tahan terdapat gempa, dari linear (elastik) dan non-linear (inelastik) yang dipergunakan untuk memprediksi perilaku terhadap beban lateral. Metode analisis linear meliputi analisis statik lateral. Metode analisis linear meliputi analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik respons spektrum, sedangkan metode analisis non-linear meliputi analisis non-linear meliputi analisis statik beban dorong (*static non-linear/pushover analysis*) dan analisis riwayat waktu (*in-elastic dynamic time history analysis*) (Tatya Putri Utami & Niken Warastuti, 2019). Terdapat peraturan perencanaan yaitu perencanaan tahan gempa berbasis kinerja (*performance-based seismic design*) merupakan acuan peraturan dalam proses pembangunan yang berlangsung sampai dengan perkuatan bangunan yang sudah ada sebelumnya.

Indonesia termasuk negara yang sering terjadi gempa bumi, gempa itulah yang kerap kali mengakibatkan kerusakan, langkah untuk mengurangi kerusakan pada bangunan adalah:

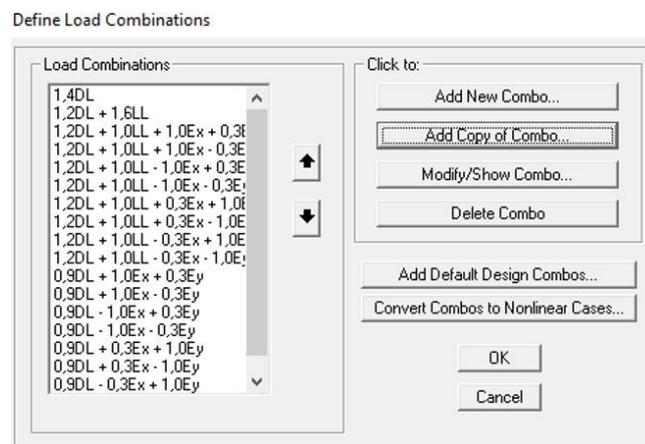
- a. Pada perencanaan bangunan difokuskan untuk tahan terhadap goncagan gempa
- b. Untuk bangunan yang rusak secepatnya membuat perbaikan agar kuat

- c. Memulihkan atau memperkuat bangunan yang pernah mengalami kerusakan ringan hingga besar akibat gempa di masa lalu sehingga bangunan tersebut tetap kuat dan kaku seperti sebelum kerusakan terjadi.

Pada tanggal 21 November 2022 pukul 13.21 WIB terjadi gempa bumi di daerah Cianjur, Jawa Barat dengan magnitudo (M) sebesar 5,6. Untuk perihal diatas diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai bangunan tahan terhadap gempa menggunakan desain bangunan 2 lantai di daerah Cianjur, Jawa barat. Pada penelitian ini menggunakan ketentuan mutu $f'c$ beton 40 MPa dan mutu baja tulangan f_y 345 MPa. Struktur bangunan yang tahan terhadap beban gempa dengan menggunakan SNI 1726:2019 yaitu Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Dalam simulasi beban gempa dilakukan pemodelannya menggunakan software ETABS.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, alat yang diperlukan adalah perangkat lunak ETABS dan Respons Spektrum Desain Indonesia 2021. Pengumpulan data, pemodelan, analisis beban dan kesesuaian, evaluasi kinerja struktur, merupakan bagian dari metodologi penelitian ini. Informasi kontraktor yang dikumpulkan dapat mencakup gambar-gambar yang sudah dibangun, hasil investigasi tanah yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis tanah di lokasi, dan kecepatan angin dasar serta pembacaan curah hujan di area tersebut. Selain itu juga tentunya mengacu pada aturan-aturan yang dapat menjadi standar perencanaan, seperti SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, SNI 2847:2019, Peta Bahaya dan Sumber Gempa Bumi Indonesia 2017, dan PPURG 1987. Dalam penelitian ini, digunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1726:2019 pasal 4.2.2.1 pada Gambar 1.



Gambar 1. Kombinasi Pembebanan

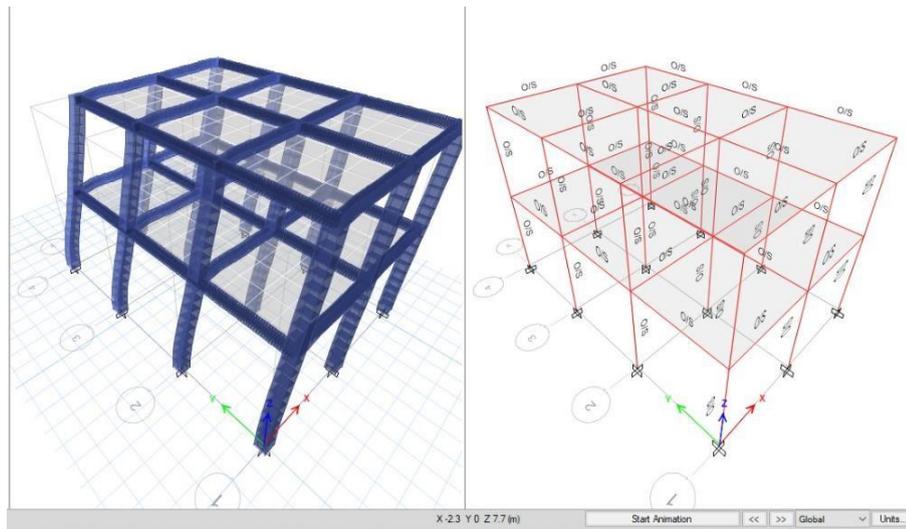
Dalam penulisan ini menggunakan metode kuantitatif. Perencanaan bangunan menggunakan peraturan SNI 1726:2019 untuk mengetahui standar perencanaan pembebanan dan pembangunan yang sudah ditetapkan dalam peraturan tersebut, yang bertujuan bangunan tahan terhadap beban gempa. Analisis data dilakukan dengan SAP 2000. Pada penggunaan software ETABS menggunakan metode elemen yang didukung dengan analisis statis, dinamis, linear ataupun non-linear. Pada perencanaan rumah sederhana berikut menggunakan luas 10×12 meter yang terdiri 2 lantai menggunakan software AutoCAD dan langkah selanjutnya

Dita Naomi, S. P. Tampolon, Analisis Kinerja Bangunan 2 Lantai pada wilayah kota Cianjur menggunakan Metode Respons Spektrum

menggunakan software ETABS untuk mengetahui struktur yang dirancang ini apakah sudah tahan terhadap beban gempa.

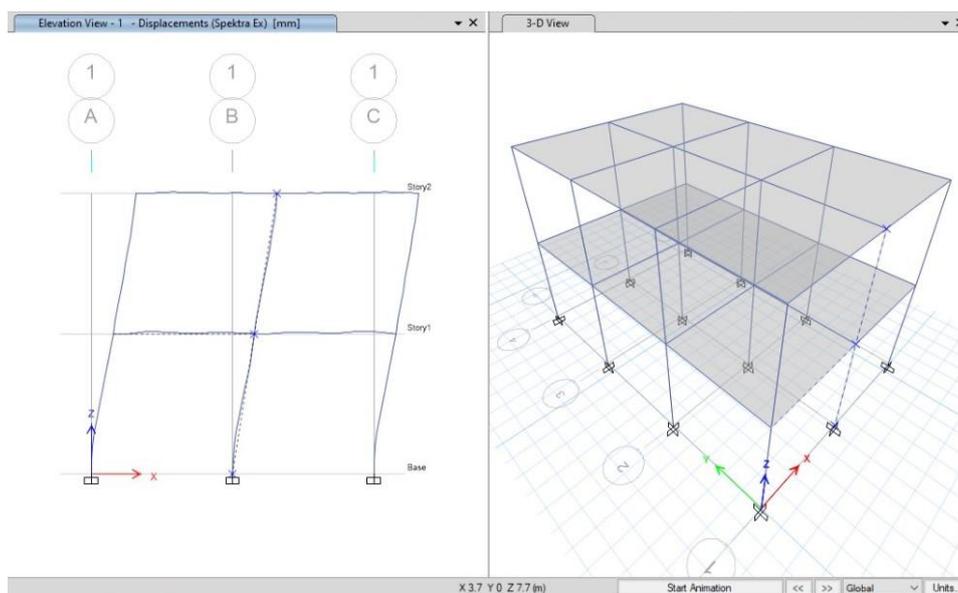
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Beban mati, beban hidup, beban hidup atap, beban gempa, dan beban hujan merupakan komponen pembebanan utama yang diperhitungkan dalam proses desain. Sedangkan untuk beban gravitasi yang digunakan dalam perhitungan mengacu kepada SNI 1727:2020 dan PPURG 1987. Beban angin dan gempa merupakan beban lateral yang juga bekerja pada struktur selain beban gravitasi. Kombinasi beban yang digunakan adalah metode ultimit (*ultimate limit state*) yang tercantum pada pasal 4.2.2 SNI 1726:2019. Perencanaan struktur bangunan 2 lantai terbagi 3 tahap yaitu dengan membuat struktur bangunan 2 lantai yang berlokasi Cianjur. Perencanaan denah rumah tinggal sederhana dengan 2 lantai menggunakan AutoCAD, langkah selanjutnya yaitu melakukan analisa menggunakan ETABS yang berada pada Gambar 2.



Gambar 2. Analisa Struktur Bangunan Menggunakan ETABS

Perencanaan bangunan 2 lantai yang telah dimodelkan menggunakan ETABS kemudian langkah selanjutnya yaitu mendapatkan hasil kondisi pasca setelah gempa, kondisi pasca gempa pada bangunan ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kondisi Struktur Pasca Simulasi Gempa

4. KESIMPULAN

Pada penelitian analisis kinerja bangunan bertingkat 2 lantai di Kota Cianjur ini yaitu analisis model bangunan menggunakan respons spektrum untuk mengetahui perpindahan (*displacement*) bangunan pasca gempa. Diharapkan dengan dilaksanakannya penelitian ini baik dari masyarakat dan pemerintah dapat membangun bangunan rumah tinggal yang aman terhadap beban gempa di daerah wilayah Cianjur. Dengan melaksanakan sesuai dengan peraturan yang sudah ditetapkan langkah tersebut dapat mengurangi tingkat kerusakan pada suatu bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Rienanda, F. E., Kumaat, E. J., & Windah, R. S. (2019). Pengaruh bracing pada bangunan bertingkat rangka baja yang berdiri di atas tanah miring terhadap gempa. *Jurnal Sipil Statik*, 7(6).
- Setia, L., Wibowo, B., & Zebua, D. (2021). Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil Analisis Pengaruh Lokasi Dinding Geser Terhadap Pergeseran Lateral Bangunan Bertingkat Beton Bertulang 5 Lantai. *Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 4(1), 16–20.
- Siswanto, A. B., & Salim, M. A. (2018). Kriteria Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(July), 59–72.
- Tatya Putri Utami, & Niken Warastuti. (2019). Analisis Kekuatan Bangunan Terhadap Gaya Gempa Dengan Metode Pushover Studi Kasus Gedung Asrama Pusdiklat Ppatk, Depok. *Jurnal Infrastruktur*, 3(2), 99–106. <https://doi.org/10.35814/infrastruktur.v3i2.709>

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SEKAM PADI PADA UJI KUAT TEKAN BETON

Ruth Novitha Bunitte¹, Sudarno P. Tampolon²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: ruthnovitha25@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: sudarno.tampolon@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

The development of the use of concrete in the industrial or non-industrial world encourages changes in the criteria for concrete. Changes in the criteria for concrete follow the development of the times and the improvement of the quality of concrete that can be achieved. As one of the primary building materials, especially multi-story buildings or buildings with a wide enough area, concrete will require Adding mineral materials (additives) in concrete can be an alternative way to produce high-quality concrete. Materials containing pozzolan can be considered as one of the mineral additives. Pozzolan is a mineral additive that contains silica and alumina as its primary content. Rice husk ash has a high silica content so it can be categorized as a pozzolan. Replacing 10% of the weight of cement with rice husk ash can increase the compressive strength of concrete to the planned compressive strength.

Keywords: Concrete, Rice Husk Ash, Compressive Strength Enhancement

ABSTRAK

Perkembangan penggunaan beton dalam dunia industri ataupun non industri, mendorong adanya perubahan kriteria pada beton. Perubahan kriteria pada beton mengikuti perkembangan jaman serta peningkatan mutu beton yang dapat dicapai. Beton sebagai salah satu bahan utama bangunan, terutama bangunan bertingkat ataupun bangunan yang memiliki luasan yang cukup lebar, akan membutuhkan beton dengan kekuatan tekan yang tinggi supaya dapat menahan beban yang besar. Penambahan bahan mineral (additive) dalam beton dapat menjadi salah satu cara alternatif untuk menghasilkan beton mutu tinggi. Bahan yang mengandung pozzolan dapat dikatakan sebagai salah satu bahan tambah mineral. Pozzolan merupakan bahan tambah mineral yang mengandung silika dan alumina sebagai kandungan utamanya. Abu sekam padi memiliki kandungan silika yang tinggi sehingga dapat dikategorikan sebagai pozzolan. Penggantian 10% berat semen dengan abu sekam padi dapat meningkatkan kuat tekan beton dengan kuat tekan yang telah direncanakan.

Kata kunci: Beton, Abu Sekam Padi, Peningkatan Kuat Tekan

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan pesat populasi manusia diperkirakan selalu meningkat disetiap tahun mendatang. Sekitar tahun 2050 diperkirakan lebih dari 85% penduduk dunia akan tinggal di perkotaan (Santoso, 2017). Dengan meningkatnya populasi pada suatu negara maka kualitas pelayanan publik juga harus lebih ditingkatkan, hal ini dapat ditandai dengan perkembangan industri yang berhubungan dengan perkembangan fasilitas atau sarana dan prasarana publik. Kemajuan industri di dunia akan diiringi dengan peningkatan penggunaan beton, hal ini disebabkan karena pembangunan fisik baik industri maupun non industri secara umum menggunakan beton (Kusumaningrum et al., 2017). Pengaruh beton yang sangat berarti pada dunia konstruksi menuntut peningkatan kualitas beton agar mencapai target mutu beton yang direncanakan serta memiliki kekuatan tekan yang tinggi. Beton sebagai salah satu bahan

Ruth N. Bunitte, S. P. Tampolon, Pengaruh Penggunaan Limbah Sekam Padi Pada Uji Kuat Tekan Beton

konstruksi yang direncanakan untuk dapat menahan beban yang besar, harus memenuhi salah satu kriteria yaitu memiliki kuat tekan yang tinggi. Memperhatikan komponen penyusun beton menjadi salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mendapatkan beton mutu tinggi (Suhirkam & Latief, 2006).

Menurut Badan Pusat Statistik, hasil survei KSA pada tahun 2021 menunjukkan luas panen padi di Indonesia sebesar 10,41 juta hektar (Zain et al., 2011). Dengan besar luas panen padi tersebut, menjadikan Indonesia sebagai salah satu penghasil limbah sekam padi terbesar. Inovasi penggunaan limbah sekam padi terus bertambah guna mengurangi jumlah limbah yang terus bertambah seiring dengan panen padi. Dalam penggunaannya kali ini, didasarkan pada perkembangan konstruksi pembangunan yang semakin bertambah, dan dikaitkan dengan jumlah limbah sekam padi yang melimpah. Penggantian abu sekam padi terhadap berat semen tidak dapat dilakukan secara berlebihan, jika berlebihan, maka akan mengakibatkan rasio kalsium/silika tidak proporsional pada campuran beton (Bakri, 2012). Rasio kalsium/silika disini, berperan sebagai rasio pembentuk CSH (Kalsium-Silikat-Hidrat) yang dapat mempengaruhi kekuatan tekan pada campuran beton.

Pembakaran limbah sekam padi menghasilkan suatu abu yang memiliki kandungan SiO₂ lebih dari 70%, hingga dapat dikatakan sebagai pozzolan (Sandya & Musalamah, 2019). Hal ini menjadikan abu hasil pembakaran sekam padi memiliki potensi pengembangan pada bidang teknik sipil, yang dapat dimanfaatkan penggunaannya sebagai bahan pengganti semen. Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen yang mampu memberikan beberapa keuntungan seperti meningkatkan kuat tekan beton karena kandungan silika yang dimiliki, mengurangi biaya terhadap penggunaan semen, serta mampu mengurangi dampak polusi yang dihasilkan dari pembuatan semen (Bakri, 2009). Selama beberapa dekade, penggunaan Abu sekam padi sebagai bahan pozzolan yang sangat reaktif dalam produksi telah diteliti, terutama dinegara berkembang (Zain et al., 2011). Sifat dan kualitas abu bervariasi karena perbedaan kondisi pembakaran, lokasi geografis dan kehalusan (Kumar et al., 2022). Abu sekam padi yang sangat reaktif diperoleh saat abu sekam padi dibakar dalam kondisi yang terkendali. Abu sekam padi berpotensi sebagai bahan campuran beton yang tergolong murah karena pada dasarnya merupakan limbah yang mengandung silika yang tinggi berupa silika amorf yang mencapai 95% (Bui et al., 2012) dan reaktivitas ini dikaitkan dengan kandungan silika amorf yang tinggi dan memiliki luas permukaan luar yang sangat besar yang diatur oleh struktur berpori partikel (Aprianti et al., 2015; Bakri & Baharuddin, 2010). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggantian 10% berat semen dengan abu sekam padi (Triastuti & Nugroho, 2017; Yahya, 2017; Yusrianto et al., 2021).

2. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode studi literatur. Penelitian terdahulu mengenai pengaruh substitusi abu sekam padi pada campuran beton terhadap peningkatan kuat tekan menjadi dasar metodologi kajian literatur penelitian ini. Kuat tekan beton akan diuji sebelum dan sesudah semen diganti dengan abu sekam padi, dan hasilnya akan dirangkum. Menemukan informasi yang relevan adalah langkah pertama dari pendekatan tinjauan pustaka. Persyaratan pertama adalah data relevan dengan kajian abu sekam padi sedangkan syarat kedua terkait pemanfaatan abu sekam padi sebagai pengganti semen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Abu Sekam Padi Untuk Campuran Beton

Padi menghasilkan beras sebagai bahan makan pokok masyarakat Indonesia, menjadi salah satu produk utama pertanian di Indonesia. Sekam padi sebagai salah satu produk yang muncul akibat proses penggilingan padi ini menjadi suatu limbah dan menjadi salah satu permasalahan lingkungan, karena jumlahnya yang terus bertambah dan belum dimanfaatkan secara optimal sesuai dengan keadaan lingkungan yang terus berubah seiring zaman. Limbah sekam padi dapat bertambah 20% - 25% dari berat keseluruhan pada masa panen padi. Dengan butir sekam padi yang tidak begitu halus (± 3 mm) dan bobotnya yang ringan, menjadikan sekam padi memerlukan tempat yang luas untuk penyimpanannya. Tingginya tingkat konsumsi beras di Indonesia sebagai makanan pokok, dapat memberikan perkiraan jumlah limbah sekam padi yang akan dihasilkan dari tahun ke tahun.

Salah satu komponen beton terpenting adalah semen Portland, yang pembuatannya dapat melepaskan sekitar satu ton gas karbon dioksida ke atmosfer per ton semen. Hal ini menjadi masalah karena tidak ramah lingkungan bagi perkembangan lingkungan yang berkelanjutan dan oleh karena itu berbahaya bagi lingkungan. Salah satu cara untuk membatasi pelepasan karbon dioksida adalah dengan mengurangi produksi semen Portland. Karena industri konstruksi terus berkembang, jumlah semen Portland yang digunakan untuk memproduksi beton perlu dikurangi (Islam et al., 2012; Pandarangga & Satyarno, 2023; Yusrianto et al., 2021).

Jika kedua permasalahan tersebut dikaitkan satu sama lain, maka timbul suatu inovasi yang dapat mengurangi permasalahan tersebut. Beton sebagai salah satu bahan konstruksi yang umum digunakan pada suatu bangunan, menjadi objek pengembangan inovasi tersebut. Pembuatan beton dengan limbah sekam padi yang kandungannya mampu menjadikan sekam padi sebagai bahan pengganti semen, menjadikan hal tersebut sebagai salah satu inovasi yang ingin dikembangkan sebagai suatu pemecah kedua permasalahan tersebut (Febriyanti & Khaidir, 2023; Raharja et al., 2019; Suhirkam & Latief, 2006).

3.2 Kuat Tekan Beton

Penelitian yang dilakukan sebelumnya (Suhirkam & Latief, 2006) untuk mencapai kekuatan beton K-400 menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran $15 \times 15 \times 15$ cm, menggunakan campuran abu sekam padi. Pengujian kuat tekan menghasilkan kuat tekan beton terbesar $456,89 \text{ kg/cm}^2$, dengan penggantian sekam padi sebesar 10% seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Kuat Tekan Beton (Suhirkam & Latief, 2006)

Benda Uji	Kuat Tekan Rata-Rata sesuai umur beton (kg/cm^2)			
	7	14	21	28
BN4	269,78	366,22	402,52	414,07
BN4, A-2, 5	273,63	368,44	418,07	421,33
BN4, A-5	326,07	370,67	419,56	431,41
BN4, A-7, 5	337,63	381,19	419,70	444,30
BN4, A-10	345,63	389,78	421,78	456,89

Keterangan :
 BN4 : Pencampuran abu sekam padi sebanyak 0%

Ruth N. Bunitte, S. P. Tampolon, Pengaruh Penggunaan Limbah Sekam Padi Pada Uji Kuat Tekan Beton

- BN4.A-2,5 : Pencampuran abu sekam padi sebanyak 2,5%
 BN4.A-5 : Pencampuran abu sekam padi sebanyak 5%
 BN4.A-7,5 : Pencampuran abu sekam padi sebanyak 7,5%
 BN4.A-10 : Pencampuran abu sekam padi sebanyak 10%

Hasil lainnya (Raharja et al., 2019) memperlihatkan bahwa dengan kuat rencana f_c sebesar 80 MPa memperlihatkan pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan dan modulus elastis beton mutu tinggi (Tabel 2). Benda uji berbentuk bola dengan diameter 7,62 cm dan tinggi 15,24 cm. Beton dengan substitusi abu sekam padi 15% mempunyai kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 101,07 MPa (Tabel 3).

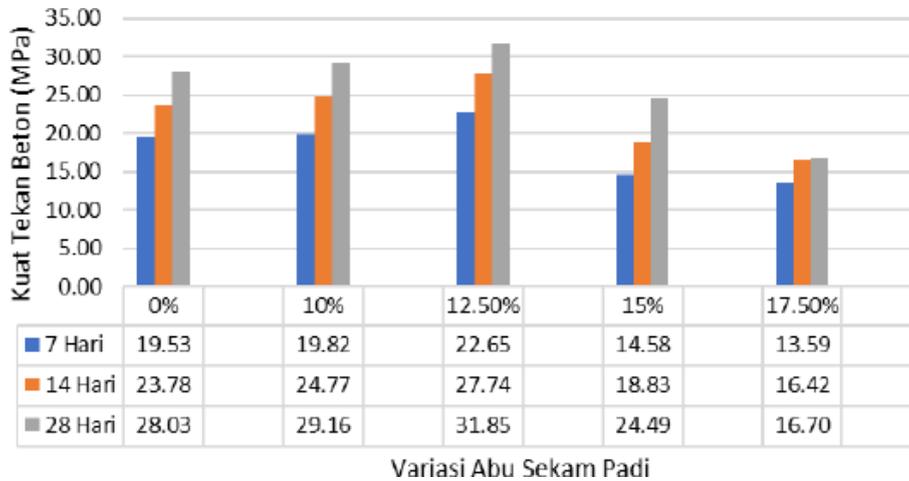
Tabel 2. Benda Uji Beton (Raharja et al., 2019)

Kode Benda Uji	Abu Sekam Padi (%)	Jumlah Benda Uji	Ukuran Benda Uji (in)	Umur Benda Uji
BKTN	0	3	Ø3 – H6	28
BKT1	2,5	3	Ø3 – H6	28
BKT2	5,0	3	Ø3 – H6	28
BKT3	7,5	3	Ø3 – H6	28
BKT4	10	3	Ø3 – H6	28
BKT5	15	3	Ø3 – H6	28

Tabel 3. Hasil Kuat Tekan Beton (Raharja et al., 2019)

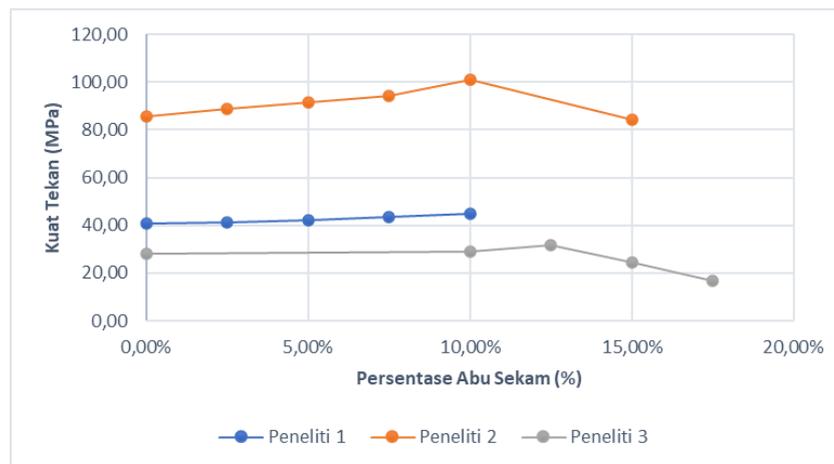
No	Kode Benda Uji	P maks (kN)	f_c (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
1	BKTN A	425	87,96	85,55
2	BKTN B	400	82,79	
3	BKTN C	415	85,89	
4	BKTN A	445	92,10	88,65
5	BKTN B	410	84,86	
6	BKTN C	430	89,00	
7	BKTN A	435	90,03	91,41
8	BKTN B	465	96,24	
9	BKTN C	425	87,96	
10	BKTN A	470	97,28	94,17
11	BKTN B	435	90,03	
12	BKTN C	460	95,21	
13	BKTN A	485	100,38	101,07
14	BKTN B	505	104,52	
15	BKTN C	475	98,31	
16	BKTN A	390	80,72	84,17
17	BKTN B	430	89,00	
18	BKTN C	400	82,79	

Penelitian berikutnya (Febriyanti & Khaidir, 2023) terkait pengaruh penggunaan abu sekam padi dari Kecamatan Tebo Tengah sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton, menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian kuat tekan menghasilkan kuat tekan beton terbesar 31,85 MPa, dengan penggantian abu sekam padi sebesar 12,5% seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengujian Kuat Tekan Beton (Febriyanti & Khaidir, 2023)

Dari ketiga peneliti dan mengkonversi satuan hasil uji peneliti pertama, maka dapat dibuat perbandingan pengujian kuat tekan beton seperti terlihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Perbandingan Kuat Tekan Beton dengan campuran abu sekam padi berdasarkan studi literatur (Febriyanti & Khaidir, 2023)

Padi menghasilkan beras sebagai bahan makan pokok masyarakat Indonesia, menjadi salah satu produk utama pertanian di Indonesia. Sekam padi sebagai salah satu produk yang muncul akibat proses penggilingan padi ini menjadi suatu limbah dan menjadi salah satu permasalahan lingkungan, karena jumlahnya yang terus bertambah dan belum dimanfaatkan secara optimal sesuai dengan keadaan lingkungan yang terus berubah seiring zaman. Limbah sekam padi dapat bertambah 20% - 25% dari berat keseluruhan pada masa panen padi. Dengan butir sekam padi yang tidak begitu halus (± 3 mm) dan bobotnya yang ringan, menjadikan sekam padi memerlukan tempat yang luas untuk penyimpanannya. Tingginya tingkat konsumsi beras di Indonesia sebagai makanan pokok, dapat memberikan perkiraan jumlah limbah sekam padi yang akan dihasilkan dari tahun ke tahun.

Ruth N. Bunitte, S. P. Tampolon, Pengaruh Penggunaan Limbah Sekam Padi Pada Uji Kuat Tekan Beton

Produksi salah satu bahan utama pembuatan beton yakni semen portland, mampu menghasilkan kira-kira 1 ton gas CO₂ yang dibuang ke atmosfer dalam memproduksi 1 ton semen portland. Hal ini juga menjadi suatu permasalahan, karena prosesnya yang tidak ramah lingkungan akan berdampak buruk dalam pengembangan lingkungan yang berkelanjutan. Pengurangan jumlah produksi semen portland menjadi salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi jumlah gas CO₂ ke atmosfer. Untuk mewujudkan hal tersebut, maka harus dilakukan pengurangan penggunaan semen portland dalam pembuatan beton, seiring dengan pertumbuhan konstruksi yang semakin berkembang.

Jika kedua permasalahan tersebut dikaitkan satu sama lain, maka timbul suatu inovasi yang dapat mengurangi permasalahan tersebut. Beton sebagai salah satu bahan konstruksi yang umum digunakan pada suatu bangunan, menjadi objek pengembangan inovasi tersebut. Pembuatan beton dengan limbah sekam padi yang kandungannya mampu menjadikan sekam padi sebagai bahan pengganti semen, menjadikan hal tersebut sebagai salah satu inovasi yang ingin dikembangkan sebagai suatu pemecah kedua permasalahan tersebut.

4. KESIMPULAN

Substitusi abu sekam padi terhadap berat semen sebesar 10% dapat meningkatkan kuat tekan beton karena kandungan silika yang dapat dijadikan sebagai pozzolan dan pembakaran limbah sekam padi harus di bakar secara terkendali agar menghasilkan abu amorf yang dapat meningkatkan reaktifitas. Penambahan abu sekam padi pada beton bermanfaat meminimalisir pengaruh limbah sekam padi terhadap pencemaran lingkungan karena pemanfaatannya dapat digunakan pada bidang konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprianti, E., Shafigh, P., Bahri, S., & Farahan, J. N. (2015). Supplementary Cementitious Materials Origin from Agricultural Wastes - A Review, *Construction and Building Materials* 74(April):176–87. *Construction and Building Materials*, 74, 176-187.
- Bakri. (2009). Komponen Kimia Dan Fisik Abu Sekam Padi Sebagai Scm Untuk Pembuatan Komposit Semen. *Perennial*, [Http://Journal.Unhas.Ac.Id/Index.Php/Perennial](http://Journal.Unhas.Ac.Id/Index.Php/Perennial), ISSN: 1412-7784, 5(1), 9. <https://doi.org/10.24259/perennial.v5i1.184>
- Bakri. (2012). Peranan Abu Sekam Padi untuk Mengurangi Porositas Conblock Ringan Sekam Padi. *Perennial*, [Http://Journal.Unhas.Ac.Id/Index.Php/Perennial](http://Journal.Unhas.Ac.Id/Index.Php/Perennial), ISSN: 1412-7784, 8(1), 6–12.
- Bakri, & Baharuddin. (2010). Absorpsi Air Komposit Semen Sekam Padi Dengan Penambahan Pozzolan Abu Sekam Padi Dan Kapur Pada Matriks Semen. *Perennial*, [Http://Journal.Unhas.Ac.Id/Index.Php/Perennial](http://Journal.Unhas.Ac.Id/Index.Php/Perennial), ISSN: 1412-7784, 6(2), 70–78.
- Bui, L. A. T., Chen, C. T., Hwang, C. L., & Wu, W. S. (2012). Effect of silica forms in rice husk ash on the properties of concrete. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, 19(3), 252–258. <https://doi.org/10.1007/s12613-012-0547-9>
- Febriyanti, E., & Khaidir, I. (2023). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Dari Kecamatan Tebo Tengah Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Beton. *Skripsi Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta*, 1(1), 145-146.
- Islam, M. N., Mohd Zain, M. F., & Jamil, M. (2012). Prediction of strength and slump of rice husk ash incorporated high-performance concrete. *Journal of Civil Engineering and Management*, 18(3), 310–317. <https://doi.org/10.3846/13923730.2012.698890>
- Kumar, S., Adediran, A., Rodrigue, C., Mohammed, S., & Leklou, N. (2022). Production , characteristics , and utilization of rice husk ash in alkali activated materials : An overview of fresh

- and hardened state properties. *Construction and Building Materials*, 345(June), 128341. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128341>
- Kusumaningrum, D. C., Abdi, F. N., & Haryanto, B. (2017). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Agregat Kasar Korallong Iram Dan Agregat Halus Pasir Mahakam. *Jurnal Teknologi Sipil*, 1(2), 50–55.
- Pandarangga, A., & Satyarno, I. (2023). Perancangan Campuran Adukan dan Pengendalian Mutu Beton. *Sipilpedia E-Book*.
- Raharja, S., As'ad, S., & Sunarmasto. (2019). Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Dapat Meningkatkan Kuat Tarik pada Beton Mutu Normal. *Jurnal IPTEK*, 22(2), 51–58. <https://doi.org/10.31284/j.iptek.2018.v22i2.435>
- Sandya, Y., & Musalamah, S. (2019). Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen. *EDUCATIONAL BUILDING, Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan Dan Sipil ISSN-E: 2477-4901, ISSN-P: 2477-4898*, 5(2), 59–63.
- Santoso, B. (2017). Urban 2050 : ledakan perkotaan di Indonesia karena mobilitas penduduk dan kebijakan poros maritim. In *Calpulis, Yogyakarta*.
- Suhirkam, D., & Latief, A. (2006). Pengaruh penggantian sebagian semen dengan abu sekam padi terhadap kekuatan beton K-400. *Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya*, 6, 3–8.
- Triastuti, & Nugroho, A. (2017). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan. *Jurnal Teknik Sipil, Jurnal Teoretis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 24(2), 139–144. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.2.4>
- Yahya, H. (2017). Kajian Beberapa Manfaat Sekam Padi di Bidang Teknologi Lingkungan: Sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah Pertanian Bagi Masyarakat Aceh di Masa Akan Datang. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 266–270.
- Yusrianto, Tanijaya, J., & Tonapa, S. R. (2021). Pemanfaatan Rice Husk Ash dan Bottom Ash Sebagai Bahan Campuran pada Beton. *Paulus Civil Engineering Journal*, 2(4), 273–281. <https://doi.org/10.52722/pcej.v2i4.185>
- Zain, M. F. M., Islam, M. N., Mahmud, F., & Jamil, M. (2011). Production of rice husk ash for use in concrete as a supplementary cementitious material. *Construction and Building Materials*, 25(2), 798–805. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.07.003>

ANALISIS ANGGARAN BIAYA DAN PENGARUH PENGGUNAAN ABU BATANG JAGUNG PADA BETON RAMAH LINGKUNGAN

Michelle Graciella Tambunan¹, Sudano P Tampubolon²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: michellegraciellatambunan@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: sudarno.tampubolon@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

One of the crops that is widely produced in Indonesia is corn. Corn production results will produce waste that requires processing so that it is not wasted and will pollute the environment. The most waste produced in corn production is corn stalks. As many as 30% of the old corn plants are ready to harvest. Corn stalks are leftover material that is ready to be used. The remaining corn stalk harvest can be used as a concrete mixture. The chemical compounds contained in corn stalks in the form of ash are similar to the compounds contained in cement, such as Silica (SiO₂) at 66.83%. Corn stalk ash can be used as a partial substitute for cement for making concrete because it contains quite a lot of silica. As much as 7% corn stalk ash as a partial replacement for cement can increase the compressive strength of concrete with a design compressive strength of 40MPa. Concrete production has decreased by 6% from the total price of average concrete production using corn stalk ash as a partial replacement for cement.

Keywords: concrete; corn; price

ABSTRAK

Salah satu hasil tanaman pertanian yang banyak diproduksi di Indonesia adalah jagung. Hasil dari produksi jagung akan menghasilkan limbah yang memerlukan pengelolaan supaya tidak terbuang secara percuma dan akan mencemari lingkungan. Limbah yang paling banyak dihasilkan dalam produksi jagung adalah batang jagung. Sebanyak 30% dari tanaman jagung tua sudah siap panen, batang jagung menjadi bahan sisa yang siap untuk dimanfaatkan. Sisa hasil panen batang jagung bisa dimanfaatkan sebagai bahan campuran beton. Senyawa kimia yang terkandung dalam batang jagung dalam bentuk abu memiliki kemiripan dengan senyawa yang dikandung oleh semen, seperti Silika (SiO₂) sebesar 66,83%. Abu batang jagung dapat digunakan sebagai pengganti parsial dari semen untuk pembuatan beton karena kandungan silika yang cukup besar. Sebanyak 7% abu batang jagung untuk pengganti parsial semen dapat meningkatkan kuat tekan beton dengan kuat tekan rencana 40MPa. Harga produksi beton mengalami penurunan sebesar 6% dari harga tota produksi beton normal dengan menggunakan abu batang jagung sebagai pengganti parsial semen.

Kata kunci: beton; jagung; harga

1. PENDAHULUAN

Bertumbuhnya penduduk yang cukup signifikan di Indonesia menyebabkan beberapa pengaruh bagi beberapa faktor di Indonesia, seperti meningkatnya pembangunan infrastruktur sipil, meningkatnya produksi limbah karena aktivitas ekonomi. Berkembangnya Pembangunan struktur, tahapan konstruksi menggunakan beton sebagai komponen utama dalam Pembangunan. Beton merupakan material campuran yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, air dan semen sebagai pengikat dan pengisi ruang kosong antar agregat kasar dan agregat halus yang jika diperlukan bahan *additive* dan *admixture*. Beton ramah lingkungan adalah

beton yang tersusun dari material yang tidak merusak lingkungan. Dalam pembuatan beton yang sesuai dengan dibutuhkan, tahapan konstruksi beton menghabiskan biaya yang paling besar dikarenakan harga bahan baku yang relative tinggi. Selain itu, tahapan konstruksi beton mengakibatkan kualitas lingkungan dan kesehatan manusia menurun karena udara tercemar oleh hasil pengolahan semen. Permasalahan lingkungan menjadi suatu permasalahan yang harus diperhatikan karena kurang kesadaran masyarakat akan hal tersebut. Berbagai cara dapat dilakukan untuk menanggulangi masalah seperti ini, salah satunya dengan menggunakan bahan – bahan ramah lingkungan untuk dimanfaatkan limbahnya. Inovasi untuk mengurangi segala kondisi yang tidak baik dapat berupa pemanfaatan limbah batang jagung untuk campuran beton. Produksi jagung di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 54,74 kuintal per hektar berdasarkan data BPIJ. Jawa Barat menjadi provinsi dimana tingkat produktivitas jagus tertinggi yaitu mencapai 69,96 ku/ha (Badan Pusat Informasi Jagung, 2020). Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan abu batang jagung dengan maksimal untuk digunakan menjadi bahan campuran beton yang dapat meningkatkan kuat beton itu sendiri. Sehingga, kadar semen yang digunakan dalam *mix design* beton dapat dikurangi tanpa mengakibatkan kuat beton rencana menjadi berkurang

2. METODE PENELITIAN

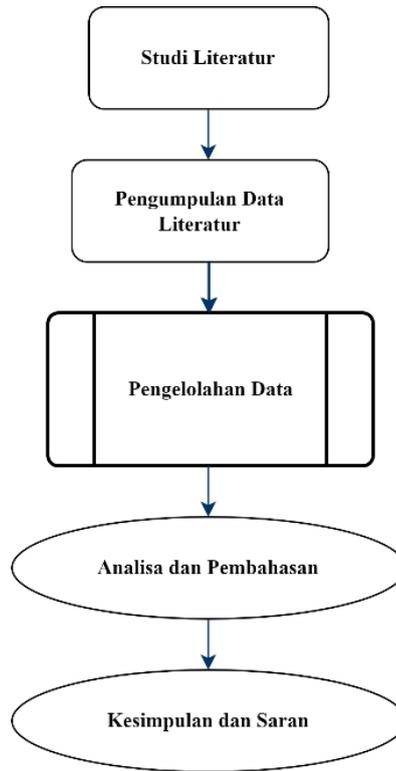
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dengan pengumpulan data dari studi literatur. Penelitian ini diawali dengan literatur – literatur dengan tujuan mendapatkan gambaran yang jelas mengenai pokok pembahasan yang akan dibahas di dalam penelitian dan penyusunan kajian ilmiah ini. Metode penelitian yang dilakukan terkait dengan pembuatan beton berbentuk silinder 150 mm x 300 mm, dengan penggunaan abu batang jagung sebagai bahan pengganti semen terhadap kuat tekan yang dilakukan setelah sampel mencapai umur 28 hari

2.1. Studi Literatur

Metode studi literatur adalah serangkaian metode dengan pengumpulan data Pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelolah bahan penelitian. (Zed, 2008:3). Pengumpulan data yang digunakan berasal dari journal, artikel ilmiah, literatur yang berisikan tentang konsep yang teliti. Melakukan studi literatur ini dilakukan peneliti setelah mereka menentukan topik penelitian dan ditetapkan rumusan masalah sebelum mereka terjun ke lapangan untuk mengumpulkan data yang diperlukan (Darmadi, 2011)

2.2. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Studi Literatur

Hasil analisis studi literatur tentang pengaruh penggunaan abu batang jagung pada beton ramah lingkungan dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Studi Literatur

Topik Penelitian	Nama Peneliti	Hasil yang didapatkan																		
Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung dan Silica Fume terhadap Kuat Lentur Beton	Muhammad Azizi Surbakti (Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara)	<table border="1"> <caption>Data for Gambar 1.1: Kuat Tarik Belah (Mpa)</caption> <thead> <tr> <th>Variasi Beton</th> <th>Kuat Tarik Belah (Mpa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BN</td> <td>3.54</td> </tr> <tr> <td>BP-3</td> <td>3.07</td> </tr> <tr> <td>BP-5</td> <td>3.84</td> </tr> <tr> <td>BP-7</td> <td>3.91</td> </tr> </tbody> </table>	Variasi Beton	Kuat Tarik Belah (Mpa)	BN	3.54	BP-3	3.07	BP-5	3.84	BP-7	3.91								
Variasi Beton	Kuat Tarik Belah (Mpa)																			
BN	3.54																			
BP-3	3.07																			
BP-5	3.84																			
BP-7	3.91																			
Pemanfaatan Abu Limbah Bonggol Jagung Sebagai Bahan Tambah dengan Variasi Suhu Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Beton	Achmad Eizco Hardiputro, Kusno Adi Sambowo, Ririt Aprilin Soekarsono	<table border="1"> <caption>Data for Gambar 1.2: Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari</caption> <thead> <tr> <th>Variasi Penambahan Abu Tongkol Jagung (%)</th> <th>Hasil Kuat Tekan (Mpa)</th> <th>Kuat Tekan Rencana (20,75 Mpa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>21.875</td> <td>20.75</td> </tr> <tr> <td>2.5</td> <td>23.049</td> <td>20.75</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>23.771</td> <td>20.75</td> </tr> <tr> <td>7.5</td> <td>23.369</td> <td>20.75</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>22.045</td> <td>20.75</td> </tr> </tbody> </table>	Variasi Penambahan Abu Tongkol Jagung (%)	Hasil Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rencana (20,75 Mpa)	0	21.875	20.75	2.5	23.049	20.75	5	23.771	20.75	7.5	23.369	20.75	10	22.045	20.75
Variasi Penambahan Abu Tongkol Jagung (%)	Hasil Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rencana (20,75 Mpa)																		
0	21.875	20.75																		
2.5	23.049	20.75																		
5	23.771	20.75																		
7.5	23.369	20.75																		
10	22.045	20.75																		

Pengaruh Penambahan Abu Batang Jagung Manis Sebagai Pengganti Semen Untuk Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Mutu Tinggi

M. Dzaky
Handayani
(Universitas Islam
Riau)



3.2 Pembahasan

Dampak dan manfaat yang ditimbulkan karena digunakannya abu batang jagung sebagai dalam pembuatan beton adalah sebagai berikut:

- Limbah batang jagung yang belum termanfaatkan menjadi bermanfaat.
- Polusi yang dihasilkan karena pembuatan semen menjadi berkurang karena abu batang jagung dimanfaatkan sebagai pengganti semen.
- Biaya yang dikeluarkan dalam pembuatan beton menggurang karena digantinya beberapa persen semen menjadi abu batang jagung.
- Nilai kuat tekan beton menjadi bertambah karena abu batang jagung .
- Nilai slump yang rendah jika menggunakan abu batang jagung dengan presentase yang tinggi.

3.3 Analisa Harga

Dari harga satuan pembuatan beton yang berlaku saat ini dapat dibuat Analisa perbandingan harga seperti terlihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Campuran beton normal dan beton denga abu batang jagung

Material	Jenis Beton	
	Beton Normal (kg)	Beton ABJ 7% (kg)
Semen	2,40	2,22
Pasir	3,61	3,61
Kerikil	5,42	5,42
Air	1,01	1,01
Abu Batang Jagung	0	0,17

Tabel 3. Rincian Anggaran Biaya Beton Normal dan Beton dengan Abu batang jagung

Bahan	Beton Normal ^{a)}			Beton Campuran ^{b)}		
	Berat Beton Normal (kg)	Harga Beton Normal (Rp./kg-m ³)	Jumlah (Rp.)	Berat Beton Campuran (kg)	Harga Beton Campuran (Rp./kg-m ³)	Jumlah (Rp.)
Semen	2,40	1.100,00	2.640,00	2,22	1.100,00	2.442,00
Pasir	3,61	235.000	606,00	3,61	235.000	606,00
Kerikil	5,42	225.000	678,00	5,42	225.000	678,00
Air	1,01	0	0	1,01	0	0
Abu batang jagung	0	0	0	0,17	0	0
		Total/sampel	3.924,00		Total/sampel	3.726,00
		Total 3 sampel	11.772,00		Total 3 sampel	11.178,00

Keterangan: ^{a)} 1m³ = 1.400 kg; ^{b)} 1m³ = 1.800 kg

Harga beton normal 1 sampel adalah Rp 3.924,00 dan harga beton normal untuk 3 sampel adalah Rp 11.772,00. Harga beton dengan campuran abu batang jagung sebagai pengganti semen 7% untuk 1 sampel adalah Rp 3.726,00 dan harga beton campuran abu batang jagung untuk 3 sampel adalah Rp 11.178,00. Dengan demikian, perbandingan harga antara beton normal dengan beton abu batang jagung sebesar 7% sebagai pengganti semen berselisih Rp 594,00 dimana harga abu batang jagung 6% lebih murah dibanding dengan harga beton normal. Keunggulan dari beton ini adalah nilai kuat tekan yang tinggi tanpa harus mengeluarkan biaya yang terlalu mahal dan ramah bagi lingkungan karena mengurangi penggunaan semen yang juga mengurangi proses pembuatan semen.

4. KESIMPULAN

Penggunaan abu batang jagung pada campuran beton sebagai pengganti semen sebesar 7% mengakibatkan berkurangnya penggunaan semen sehingga mengurangnya biaya 6% untuk pembuatan beton. Penggunaan limbah sebagai bahan penambah atau pengganti material pada beton merupakan langkah tepat untuk mengurangi limbah yang berlebih, mengurangi biaya pembuatan beton, mengurangi polusi akibat dari pembuatan semen sebagai salah satu material utama pembuatan beton. Untuk itu diperlu penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan abu batang jagung sebagai pengganti semen dengan beberapa variasi presentase dan rencana anggaran biaya yang terjadi pada variasi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- A Rivai, M., Kimi, S., & Revisdah, R. (2020). Inovasi Beton Ramah Lingkungan. *Bearing : Jurnal Penelitian Dan Kajian Teknik Sipil*, 6(2). <https://doi.org/10.32502/jbearing.2829201962>
- Abdi, F. N., Sutanto Heri, & Fithrah, A. Al. (2019). *Kuat Tekan Beton Dengan Rasio Volume 1 : 2 : 3 Menggunakan Agregat Di Kalimantan Timur (Senoni, Long Iram, Batu Besaung, Penajam Dan Sambera) Berdasarkan SNI 03- 2834-2000*. Universitas Mulawarman Samarinda.
- Amiruddin, C. (2019). *Perbandingan Metode Pengujian Non-Destructive Test Dengan Destructive Test Pada Beton Silinder Mutu Rendah 12 MPa*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Handayani, M. D. (2020). *Pengaruh Penambahan Abu Batang Jagung Manis Sebagai Pengganti Semen Untuk Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Mutu Tinggi*. Universitas Islam Riau.
- Hardiputranto, A. R., Kusno Adi Sambowo, & Ririt Aprilin Soekarsono. (2021). Pemanfaatan Abu Limbah Bonggol Jagung Sebagai Bahan Tambah Dengan Variasi Suhu Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Beton. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 16(2). <https://doi.org/10.21009/jmenara.v16i2.20112>
- Kurnianingsih, O., Pradana H.S, C. G., & Rahmi, A. T. (2022). Inovasi Penggunaan Serat Masker dan Botol Plastik Pada Campuran Beton Ramah Lingkungan. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 11(2). <https://doi.org/10.36055/fondasi.v11i2.16817>
- Kusuma, C. (2011). Pengaruh Variasi Penambahan Serbuk Alumunium Terhadap Kuat Tekan Beton Non Pasir Dengan Bahan Tambah Serbuk Gypsum. *Wendehorst Baustoffkunde*, 2400.
- Lestari, R. A., & Budianto, J. (2020). Pengaruh Penambahan Fly Ash Kulit Jagung Dan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Kadar 7%, 8%, 9%. *Pengaruh*

- Penambahan Fly Ash Kulit Jagung Dan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Kadar 7%, 8%, 9%.*
- Mulyati, S. D., & Febrianto, V. (2011). *Korelasi Nilai Kuat Tekan Beton Antara Hammer Test Dan Compression Test Pada Benda Uji Silinder Dan Core Drill*. Univeritas Diponegoro.
- Purwanto, D. (2015). *Studi Pengaruh Volume Fraksi Serat Kawat Terhadap Kuat Tekan , Kuat Tarik Belah , Dan Kuat Lentur Beton Ringan*. Univeritas Atma Jaya Yogyakarta.
- Putra, A. E. (2017). *Pemanfaatan Serat Aluminium Dari Usaha Mikro Menengah Di Kec. Tampan Sebagai Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton*. Universitas Islam Riau.
- Rahman, D. F. (2017). *Pengaruh Abu Sekam Padi Sebagai Material Pengganti Semen Pada Campuran Beton Self Compacting Concrete (SCC) Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton*. Universitas Surabaya.
- Riko, K. (2016). *Hubungan Lama Tinggal Dengan Gambaran Sitologi Impresi Sel Goblet Dan Epitel Konyungtiva Pada Penduduk Di Sekitar Pabrik Pt.Semen Padang*. Universitas Andalas.
- Safarizki, H. A., Marwahyudi, M., & Pamungkas, W. A. (2021). *Beton Ramah Lingkungan Dengan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Era New Normal*. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 4(2). <https://doi.org/10.20961/jrrs.v4i2.42978>
- Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa, (2012)

SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK PEMETAAN KAWASAAN RAWAN LONGSOR DI KOTA KUPANG NUSA TENGGARA TIMUR

Stella Mellinia Samderubun¹, Gresia Enjelina Siahaan¹, Lolom Evalita Hutabarat²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: stellasamder09@gmail.com

Email: gresiasiahaan16185@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: lolom.hutabarat@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Landslides are one of the most common hydrometeorological disasters in Indonesia. According to the BNPB's annual data, there were 719 landslide events in Indonesia in 2019, which grew to 1,054 in 2020. Landslide disaster mitigation is required to reduce landslide damage. One mitigation method is mapping landslide-prone areas using a Geographic Information System (GIS) to identify and map areas at high risk of landslides or ground movement. Based on the rainfall and slope conditions in Kupang, it is possible to deduce that the rainfall in Kupang falls into the extreme rain category. This heavy rainfall is the primary reason for Kupang's propensity for landslides.

Keywords: Geographic Information System, landslides, rainfall, slope gradient

ABSTRAK

Salah satu bencana hidrometeorologi yang paling sering terjadi di Indonesia adalah tanah longsor. Semakin meningkatnya jumlah kejadian tanah longsor di Indonesia dapat dilihat pada data tahunan BNPB dimana pada tahun 2019, terdapat 719 kejadian tanah longsor di Indonesia, dan meningkat menjadi 1.054 kejadian pada tahun 2020. Dibutuhkan adanya mitigasi bencana longsor, agar dapat mengurangi kerusakan akibat longor. Salah satu mitigasi yang dapat dilakukan adalah pemetaan wilayah rawan longsor dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mengidentifikasi dan memetakan wilayah yang berisiko tinggi terjadi longsor atau gerakan tanah. Berdasarkan curah hujan dan kondisi lereng di kota Kupang maka dapat disimpulkan bahwa curah hujan di kota Kupang termasuk dalam kategori hujan ekstrim. Dengan curah hujan ekstrim tersebut menjadi faktor dominan kota Kupang berpotensi mengalami kelongsoran.

Kata kunci: curah hujan, kemiringan lereng, Sistem Informasi Geografis, tanah longsor

1. PENDAHULUAN

Pada 2021 lalu, beberapa daerah di Nusa Tenggara Timur dilanda Siklon Seroja yang membawa serta serangkaian bencana dan menyebabkan kerugian masif baik kerugian materiil maupun korban jiwa. Salah satu bencana dengan dampak serius dari siklon seroja adalah tanah longsor. Longsor ini dikarenakan siklon seroja membawa hujan lebat berkepanjangan dengan intensitas tinggi sehingga tanah di Nusa Tenggara Timur yang sebagian besar merupakan tanah lempung menjadi jenuh air dan labil (Kompas.com, 2021). Hal ini dapat terjadi karena tanah lempung merupakan tanah yang dapat menyerap banyak air saat terjadi hujan, akibatnya berat tanah lempung meningkat dan menyebabkan pergeseran dan longsor. Selain karena siklon seroja dan curah hujan yang tinggi, topografi daerah NTT yang sebagian besar merupakan pegunungan dan lereng yang curam juga menjadi salah satu penyebab terjadinya longsor.

Stella M. Samderubun, G.E. Siahaan, L.E. Hutabarat, Pemetaan Kawasan Rawan Longsor di Kupang NTT
Menggunakan Sistem Informasi Geografis

Salah satu bencana hidrometeorologi yang paling sering terjadi di Indonesia adalah tanah longsor. Semakin meningkatnya jumlah kejadian tanah longsor di Indonesia dapat dilihat pada data tahunan BNPB dimana pada tahun 2019, terdapat 719 kejadian tanah longsor di Indonesia, dan meningkat menjadi 1.054 kejadian pada tahun 2020. Berdasarkan data terakhir, sebanyak 1.321 kejadian tanah longsor terjadi di 2021, meningkat 25% dari tahun 2020. Berdasarkan data BNPB tahun 2021, terjadi sebanyak 1.321 tanah longsor di Indonesia dan 24 diantaranya terjadi di Nusa Tenggara Timur (BNPB, 2021; Budiana et al., 2023). Berikut data bencana longsor yang terjadi di Nusa Tenggara Timur pada 2021 seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Kejadian Longsor di wilayah NTT Tahun 2021

Wilayah	Jumlah kejadian Longsor
Sumba Timur	1
Kupang	5
Alor	1
Lembata	1
Flores Timur	1
Sikka	1
Ngada	2
Rote Ndao	4
Manggarai Barat	5
Manggarai Timur	2
Kota Kupang	1

Sumber: (BPS, 2022)

Dibutuhkan adanya mitigasi bencana longsor, agar dapat mengurangi kerusakan akibat longor. Salah satu mitigasi yang dapat dilakukan adalah pemetaan wilayah rawan longsor dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mengidentifikasi dan memetakan wilayah yang berisiko tinggi terjadi longsor atau gerakan tanah (Dennis F. Niode et al., 2016; Lamawulo, 2022; Puay et al., 2022; Rahmad et al., 2018; Sulistyoy, 2016).

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan aplikasi komputer yang berfungsi untuk mengumpulkan, memeriksa, mengintegrasikan, serta menganalisa semua informasi yang berkaitan dengan permukaan bumi. Secara prinsip, aplikasi ini merupakan gabungan dari tiga unsur pokok yaitu sistem, informasi, dan geografis (Sulistyoy, 2016). Tujuan penggunaan SIG dalam kaitannya dengan bencana tanah longsor adalah sebagai antisipasi untuk mencegah bahaya yang berpotensi menjadi bencana longsor. Selain itu diharapkan juga mengurangi efek kerusakan bila terjadi bencana longsor.

Kemampuan Sistem Informasi Geografis (SIG) sangat efektif dalam proses identifikasi, pemetaan, dan pengembangan strategi mitigasi resiko longsor di daerah-daerah yang rentan. Langkah-langkah yang diambil untuk tujuan mengimplementasikan SIG yaitu; SIG dapat digunakan untuk menganalisis data yang sudah dikumpulkan untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang berisiko tinggi longsor, hal tersebut dapat dilibatkan dalam pembuatan indeks resiko dengan mempertimbangkan faktor seperti kemiringan lereng, tipe tanah, dan sejarah longsor. Perlu dilakukan suatu studi awal terkait pemahaman serta upaya mitigasi terhadap bencana longsor dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis. Hal ini bertujuan untuk dapat membuat perancangan strategi mitigasi yang lebih baik dalam rangka mengurangi potensi kerusakan akibat dari bencana longsor di wilayah di Nusa Tenggara Timur.

2. METODE PENELITIAN

Dalam paper digunakan studi kepustakaan dengan mengumpulkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan juga menganalisis data histori yang berhasil dikumpulkan. Adapun cakupan wilayah yang diteliti adalah beberapa daerah di provinsi seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Wilayah Studi di Nusa Tenggara Timur. Sumber: (Map Data, 2023)

Nusa Tenggara Timur masuk dalam 10 provinsi teratas dengan 24 kejadian tanah longsor pada tahun 2021. Longsor termasuk dalam kategori erosi yang merupakan proses pergerakan berpindahnya massa tanah secara alami. Berbeda dengan jenis erosi lainnya, longsor terjadi dalam waktu yang singkat dengan volume yang besar karena tanah dalam kondisi jenuh air (Rismayanti et al., 2017). Oleh karena perpindahan massa tanah yang besar dan sekaligus, tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh longsor pun besar. Tingkat kerentanan gerakan tanah dapat juga ditentukan menggunakan metode storie dimana parameter karakteristik yang digunakan mencakup karakteristik fisik wilayah yang terdiri dari faktor internal (kemiringan lereng) dan faktor eksternal (geologi, curah hujan, tata guna lahan) dari lereng yang mengalami kelongsoran sebagai input untuk menentukan indeks storie (Sugianti et al., 2014). Potensi terjadi longsor di suatu wilayah dapat terjadi karena faktor internal yang terdapat pada lahan tersebut atau pun faktor eksternal pada lingkungan di sekitar lahan yang mengalami kelongsoran tersebut sebagaimana terlihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 2. Faktor Internal Penyebab Kelongsoran

Parameter	Potensi terhadap kelongsoran		
	rendah	sedang	tinggi
Kemiringan lereng	Datar-landai (<25°)	Miring (25°-45°)	Curam (>45°)
Jenis tanah	Berpasir	Lanau	Lempung
Permeabilitas tanah	Excessive	Moderate	Well
Elevasi muka air tanah	Elevasi muka air tanah rendah	Elevasi muka air tanah normal atau	Elevasi muka air tanah tinggi

Stella M. Samderubun, G.E. Siahaan, L.E. Hutabarat, Pemetaan Kawasan Rawan Longsor di Kupang NTT
 Menggunakan Sistem Informasi Geografis

sedang

Sumber: (Rahman, 2010)

Longsor dapat terjadinya bila air yang masuk ke tanah dan batuan berlebih dan meresap sehingga bobot tanah menjadi lebih berat. Tanah akan menjadi licin saat air tersebut tidak dapat menembus lapisan tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir sehingga tanah di atasnya akan bergerak mengikuti lereng (ESDM, 2005).

Tabel 3. Faktor Eksternal Penyebab Kelongsoran

Indikator	Potensi terhadap kelongsoran		
	rendah	sedang	tinggi
Geologi	Costal deposit, Alluvium	Andesit, breccia formation, decite, colluviums, jonggrangan formation, sentolo formation	Adesit tua, bermelen, peniron formation, halang formation
Curah Hujan	<1000-1500 mm/tahun	1500-2500 mm/tahun	>2500 mm/tahun
Penggunaan Lahan	Waterbody, grass	Bush, open space, forest, mix garden	Settlement, dry land, paddy field
Kegempaan	Gempa bumi mikro, gempa bumi intensitas rendah	Gempa bumi intensitas sedang	Gempa bumi intensitas tinggi

Sumber: (Rahman, 2010)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Mitigasi Bencana

Mitigasi bencana merupakan kegiatan yang dilakukan sebagai antisipasi terjadinya bencana. Mitigasi merupakan langkah awal penganggulangan bencana melalui suatu alat bantu yang berupa sistem sistem peringatan dini yang bertujuan untuk mengurangi potensi kerusakan dan korban jiwa akibat bencana. Undang-undang mendefinisikan mitigasi sebagai serangkaian upaya mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik, penyadaran, maupun peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (Nasution, 2011). Sehingga pemerintah telah membentuk lembaga yang bertanggung jawab melakukan mitigasi disetiap kejadian bencana tersebut (PP No. 8, 2007).

Mitigasi longsor merupakan serangkaian upaya yang dilakukan untuk mengurangi risiko terjadinya longsor dan kerusakan yang diakibatkannya. Tujuan mitigasi longsor adalah meminimalisir dampak negatif yang disebabkan oleh bencana longsor. Longsor sendiri merupakan pergerakan masa tanah atau batuan berpindah dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah akibat dorongan air, angin, atau gaya gravitasi. Longsor dapat terjadi jika air meresap dan menambah bobot tanah sehingga tanah menjadi lebih berat. Jika air tersebut tidak dapat menembus ke lapisan tanah kedap air maka tanah menjadi licin dan lapisan kedap air tersebut akan berfungsi sebagai bidang gelincir yang mengakibatkan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng (Lamawulo, 2022).

Intensitas curah hujan yang tinggi merupakan salah satu penyebab longsor. Hujan dapat meningkatkan kandungan air di dalam tanah atau batuan yang kemudian mengurangi ketahanan atau kestabilan tanah atau batuan tersebut. Selain itu volume air hujan yang besar akan menyebabkan terjadinya aliran permukaan yang berpotensi menyebabkan terjadinya erosi pada kaki lereng. Selain itu berbagai aktifitas yang dilakukan dalam proses konstruksi

pada wilayah tersebut sehingga menambah sudut kemiringan lereng juga berpotensi menyebabkan longsor (Sugianti et al., 2014). Tahapan mitigasi yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Mitigasi Bencana Kelongsoran Lereng

Tahapan Mitigasi	Tujuan Mitigasi	Hasil Mitigasi
Identifikasi lahan	pengelompokkan daerah yang rentan terhadap bencana longsor melalui pemetaan resiko, serta mengevaluasi faktor yang dapat memicu terjadinya bencana longsor	jenis tanah, kemiringan lereng, curah hujan
Membuat sistem Pemantauan	mendeteksi perubahan cuaca yang terjadi yang dapat menyebabkan terjadinya bencana longsor, serta melakukan pemantauan kondisi lingkungan yang memicu potensi terjadinya longsor	Suhu udara, curah hujan,
Membangun sistem peringatan dini	Pemberitahuan yang efektif kepada masyarakat yang tinggal di wilayah tersebut sebagai peringatan saat adanya potensi bencana longsor di wilayah tersebut	Level ancaman bahaya longsor

Hal ini sangat diperlukan untuk mencegah dan/atau mengurangi dampak resiko bencana longsor yang dapat sangat merugikan. Salah satu hal penting dalam mitigasi bencana longsor adalah tersedianya informasi dan peta kawasan rawan bencana longsor. Sementara itu, untuk memperoleh informasi dan peta kawasan rawan longsor tersebut, dapat dilakukan dengan teknologi berbasis SIG.

3.2. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis atau juga yang lebih dikenal dengan singkatan SIG merupakan aplikasi komputer yang berkemampuan menganalisis data fisik spasial untuk keperluan manipulasi dan pemodelan. Ini sangat dibutuhkan untuk menentukan kawasan rawan bencana longsor (Sulistyo, 2016).

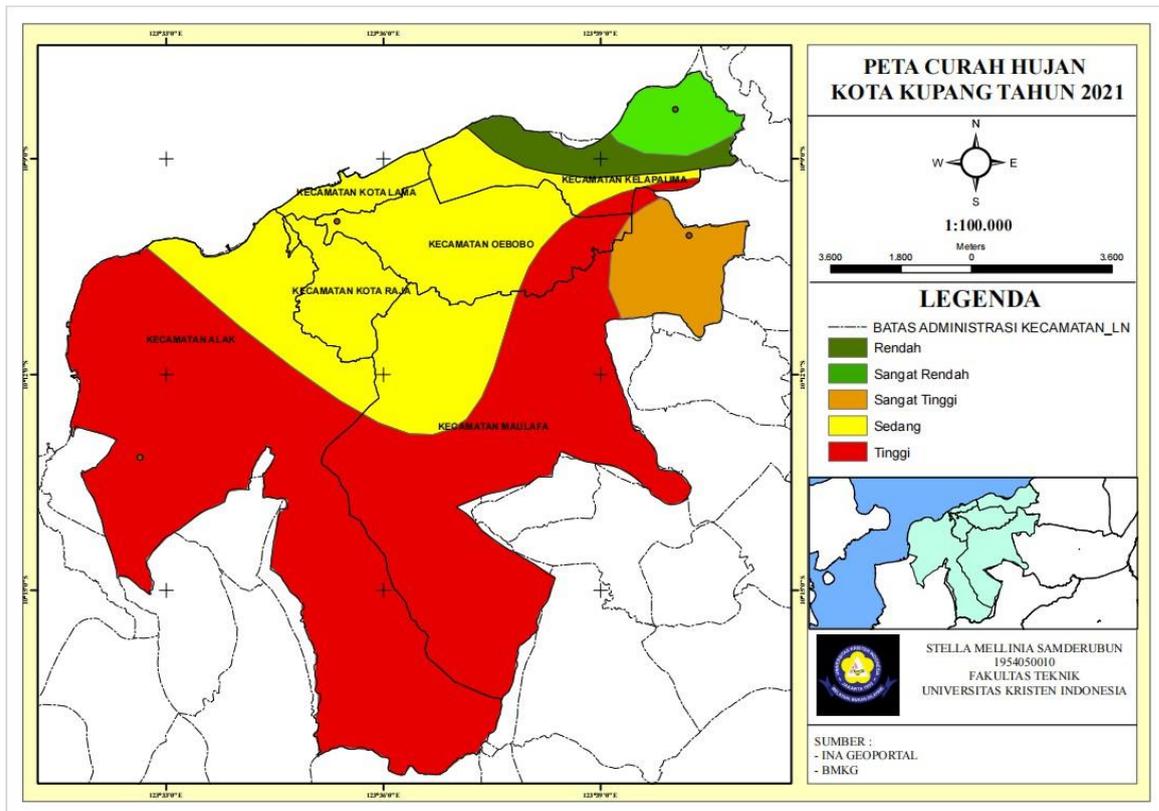
SIG merupakan suatu sistem berbasis komputer yang terdiri dari empat kemampuan menangani dan bereferensi geografis, yaitu pemasukan, pengelolaan atau manajemen data dengan menyimpan atau mengaktifkan kembali, memanipulasi dan menganalisis, serta hasil luaran data (Dennis F. Niode et al., 2016). SIG merupakan suatu perangkat computer yang berfungsi mengumpulkan, menyimpan, menemukan kembali, mentransformasikan dan mempertunjukkan ruang data dari dunia nyata untuk suatu perangkat tujuan khusus.

3.3. Curah Hujan

Intensitas curah hujan yang tinggi seringkali memicu terjadinya bencana tanah longsor. Volume air hujan yang tinggi dapat membuat tanah jenuh dan membuat kemampuan menahan gaya geser dari partikel-partikel tanah berkurang sehingga menjadi cepat longsor. Selain itu, air yang meresap ke dalam tanah mengisi rongga-rongga di antara partikel tanah dan membuat tanah menjadi lebih padat dan berat. Hal ini dapat menyebabkan penurunan kestabilan lereng karena meningkatnya berat masa tanah pada lereng tersebut.

Bencana longsor di Nusa Tenggara Timur juga dipengaruhi oleh curah hujan. Berdasarkan data curah hujan di Kota Kupang pada bulan April 2021 yang didapat dari Badan Pusat Statistik terlihat pada Gambar 2 bahwa wilayah yang mengalami curah hujan cukup tinggi meliputi kecamatan Alak dan Kecamatan Mualafa.

Stella M. Samderubun, G.E. Siahaan, L.E. Hutabarat, Pemetaan Kawasan Rawan Longsor di Kupang NTT
 Menggunakan Sistem Informasi Geografis



Gambar 2. Peta Curah Hujan Kota Kupang

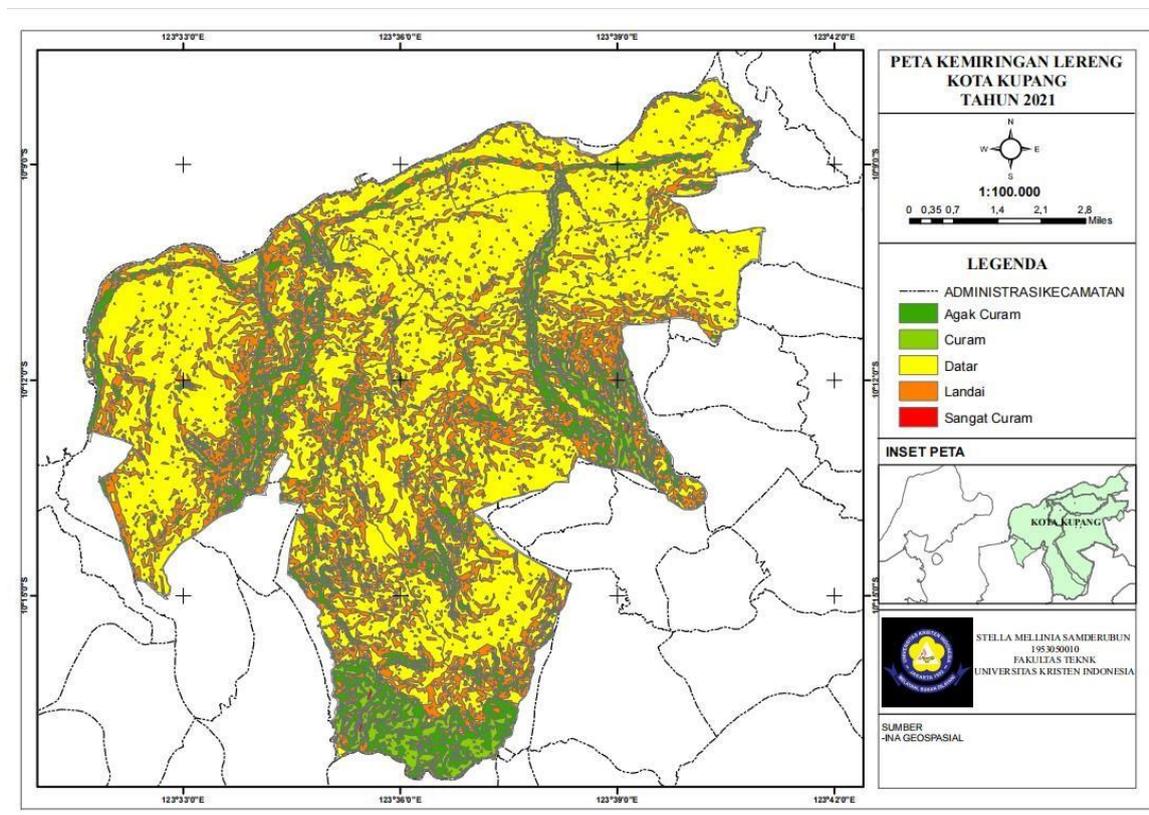
3.4. Kemiringan Lereng

Faktor lainnya yang memicu terjadinya bencana longsor adalah kemiringan lereng. Kemiringan lereng atau kemiringan permukaan tanah yang sangat curam lebih rentan terhadap longsor. Ketika permukaan tanah tersebut terlalu curam, gaya gravitasi menjadi lebih besar dari daya tahan tanah dan batuan di permukaan tanah arah ke bawah. Pengaruh curah hujan yang tinggi di lereng yang curam juga dapat memicu terjadinya bencana longsor, hal tersebut diakibatkan karena air hujan yang jatuh ke permukaan tanah dapat menyebabkan berat tanah yang jenuh air menjadi lebih besar. Selain itu, terjadinya perubahan kemiringan lereng menjadi pemicu terjadinya bencana longsor. Perubahan kemiringan yang terjadi bisa karena akibat dari aktivitas manusia atau terjadi secara alamiah (seperti gempa bumi). Kemiringan lereng di kota Kupang dibagi menjadi 5 kelas kemiringan lereng. Data kemiringan lereng seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Kemiringan Lereng di wilayah Kupang

Kelas	Kemiringan lereng (%)	Klasifikasi	Luas (km ²)
1	0 – 8	Datar	90,9793
2	8 - 15	Landai	37,5839
3	15 - 25	Agak curam	16,9209
4	25 – 40	Curam	4,6614
5	>40	Sangat curam	0,1252

Gambar 2 memperlihatkan curah hujan tergolong tinggi pada wilayah dengan kemiringan lereng yang agak curam sampai curam seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng Kota Kupang

4. KESIMPULAN

Berdasarkan tabel dan gambar curah hujan dan kelerengan di kota Kupang maka dapat disimpulkan bahwa curah hujan di kota Kupang termasuk dalam kategori hujan ekstrim. Dengan curah hujan ekstrim tersebut menjadi faktor dominan kota Kupang berpotensi mengalami kelongsoran. Sementara itu kemiringan lereng di kota kupang didominasi dengan klasifikasi datar (0 – 8%) dengan luas daerah 90,97929 km². Namun juga terdapat daerah-daerah curam (25 – 40%) dengan luas daerah 4,66138 km² dan daerah sangat curam (> 40%) dengan luas daerah 0,12524 km² yang berpotensi terjadi longsor

DAFTAR PUSTAKA

- BNPB. (2021). *Kejadian Bencana Sepanjang Tahun 2021*. <https://bnpb.go.id/berita/bnpb-verifikasi-5-402-kejadian-bencana-sepanjang-tahun-2021>.
- BPS. (2022). *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2022*. In *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia*. Jakarta. BPS Indonesia, ISSN 0216-6224, No Publikasi 04320.2212, Sub Direktorat Statistik Lingkungan Hidup.
- Budiana, I., Rifatunisa, R., & K.S.Bai, M. (2023). Mitigasi Bencana Longsor Berbasis Kearifan Lokal Kebekolo di Desa Gheo Goma. *Communnity Development Journal*, IV(2), 1114–1120.
- Dennis F. Niode, Yaulie D.Y. Rindengan, & Stanley D.S. Karouw. (2016). Geographical

Stella M. Samderubun, G.E. Siahaan, L.E. Hutabarat, Pemetaan Kawasan Rawan Longsor di Kupang NTT
Menggunakan Sistem Informasi Geografis

- Information System (GIS) untuk Mitigasi Bencana Alam Banjir di Kota Manado. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 5(2), 14–20.
- ESDM. (2005). Pengenalan Gerakan Tanah. In *Vulcanological Survey of Indonesia (VSI) Kementerian Energi dan Sumber daya Mineral*.
- Kompas.com. (2021). <https://nasional.kompas.com/read/2021/04/30/08534221/siklon-tropis-dan-dampak-badai-seroja-yang-ekstrem-di-ntt>. 30/04/2021, 08:53 WIB Penulis Rahel Narda Chaterine | Editor Icha Rastika, 30/04/2021, 08:53 WIB.
- Lamawulo, M. S. (2022). Memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) Dan Penginderaan Jarak Jauh Untuk Memetakan Kawasan Rawan Longsor Di Kabupaten Lembata. In *Skripsi pada Program Studi Fisika Fakultas Sains Dan Teknik Universitas Nusa Cendana Kupang*.
- Map Data. (2023). *Peta Wilayah Nusa Tenggara Timur*. <https://Datarade.Ai/Data-Categories/Map-Data>.
- Nasution, D. (2011). *Analisis dan Evaluasi UU 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*.
- PP No. 8. (2007). *Tentang Badan Nasional Penanggulangan Bencana*.
- Puay, Y., Manek, L. M., Pobas, M., Wardhana, L. D. W., Benu, Y., Kusumawardhani, D. T., & Gido, Y. (2022). Pemetaan Kerawanan Longsor Menggunakan Data Sistem Informasi Geografis Di Daerah Aliran Sungai Liliba. *Seminar Nasional Politani Kupang Ke-5 Tanggal 07 Desember 2022*.
- Rahmad, R., Suib, S., & Nurman, A. (2018). Aplikasi SIG Untuk Pemetaan Tingkat Ancaman Longsor Di Kecamatan Sibolangit, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. *Majalah Geografi Indonesia, Fakultas Geografi UGM Dan Ikatan Geograf Indonesia (IGI) ISSN 0125 - 1790 (Print), ISSN 2540-945X (Online)*, 32(1), 1–13.
<https://doi.org/10.22146/mgi.31882>
- Rahman, A. (2010). Penggunaan Sistem Informasi Geografis untuk Pemetaan Kerawanan Longsor di Kabupaten Purworejo. *Jurnal Bumi Lestari*, 10(2), 191–199.
- Rismayanti, H. F., Hilyah, A., & Utama, W. (2017). Identifikasi Zona Tersaturasi Air Pada Daerah Longsor Desa Olak Alen, Blitar DENGAN Metode Polarisasi Terinduksi (IP) Domain Waktu. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 651–653.
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.27247>
- Sugianti, K., Mulyadi, D., & Sarah, D. (2014). Klasifikasi Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Sumedang Selatan Menggunakan Metode Storie. *Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24(2), 93–104.
- Sulistyo, B. (2016). Peranan Sistem Informasi Geografis Dalam Mitigasi Bencana Tanah Longsor. *Seminar Nasional “Mitigasi Bencana Dalam Perencanaan Pengembangan Wilayah”*, Bengkulu, 28 Maret 2016, March, 1–1.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16705.97128>

MITIGASI BENCANA LONGSOR DI KABUPATEN NIAS, SUMATERA UTARA MENGUNAKAN METODE PEMBOBOTAN

Artikan Grace Sevtjulman Telaumbanua¹, Lolom Evalita Hutabarat²,

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: artikantelaumbanua03@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: lolom.hutabarat@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Landslides are natural disasters that often hit various regions in Indonesia. Landslides are often the result of earthquakes that occurred previously or simultaneously. Nias Regency is a hilly and mountainous area, so the percentage of landslides is quite large, which can cause material, physical, and environmental losses. From this, this journal aims to minimize landslide disasters, which can be researched from rainfall, slope, rock type, soil type, and land use so that the data can be done mapping landslide-prone areas in Nias Regency. Based on the research conducted using the library technique, Nias Regency has high rainfall and steep slope with a range of 25 - 40% slope covering approximately 50% of Nias Regency area; with this condition, the analysis results obtained that Nias Regency is included in the landslide-prone category with moderate to high level.

Keywords: disaster, landslide, loss, minimize, mapping.

ABSTRAK

Tanah longsor merupakan bencana alam yang sering sekali melanda berbagai daerah di Indonesia. Seringkali kelongsoran yang terjadi merupakan dampak dari peristiwa dari gempa bumi yang terjadi sebelumnya atau pada saat bersamaan. Kabupaten Nias merupakan wilayah yang berbukit dan pegunungan sehingga persentase terjadinya bencana longsor cukup besar, yang dimana dapat menimbulkan kerugian baik dari segi materi, fisik, dan lingkungan. Dari hal tersebut, tujuan pembuatan jurnal ini untuk menimalisir bencana longsor yang akan terjadi, dapat diteliti dari curah hujan, kemiringan lereng, jenis batuan, jenis tanah, dan penggunaan lahan, sehingga dengan adanya data tersebut dapat dilakukan pemetaan daerah rawan longsor di wilayah Kabupaten Nias. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan Teknik Pustaka, Wilayah Kabupaten Nias memiliki Curah hujan yang tinggi, serta kemiringan lereng yang curam dengan kisaran kemiringan 25 – 40% mencakup kurang lebih 50 % wilayah Kabupaten Nias, dengan kondisi ini hasil analisis didapatkan bahwa Kabupaten Nias termasuk dalam kategori rawan longsor dengan tingkat sedang sampai Tinggi.

Kata kunci: bencana, longsor, kerugian, menimalisir, pemetaan.

1. PENDAHULUAN

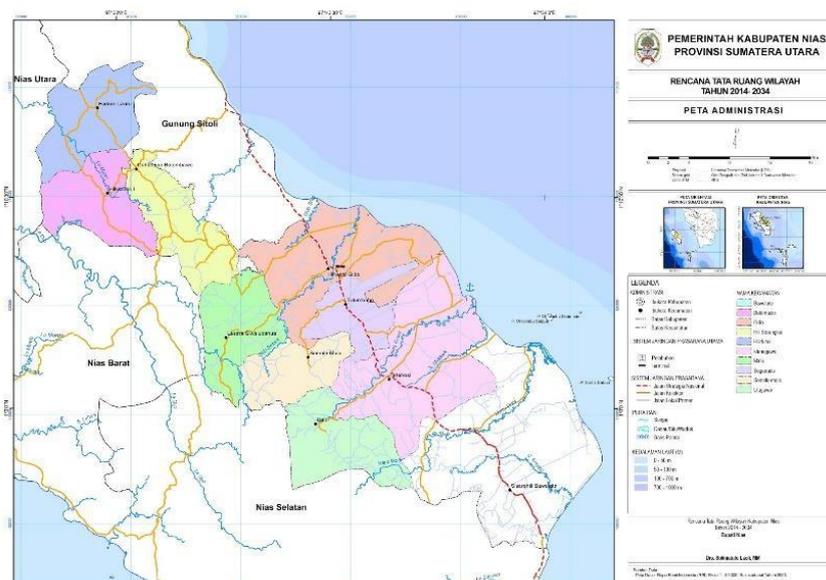
Bencana Longsor merupakan pergerakan dari kondisi tanah maupun batuan dengan rasio yang besar dimana disebabkan oleh adanya gravitasi, sehingga menimbulkan resiko yang sangat tinggi untuk keselamatan manusia serta tentunya dengan terjadinya longsor memberikan dampak yang buruk bagi lingkungan sekitar maupun infrastruktur yang ada. Tanah longsor adalah salah satu bentuk erosi pengangkutan massa tanah terjadi di sekali dalam volume yang relatif besar (Rismayanti et al., 2017). Longsor adalah adanya pergerakan material pembentuk lereng menuju kebawah atau keluar lereng (ESDM, 2005). Material pembentuk lereng dapat berupa masa batuan induk, lapisan tanah, timbunan hasil buatan manusia (Kurniawan, 2008).

Dari data pemerintahan Provinsi Sumatera Utara, menyampaikan bahwa daerah-daerah yang berpotensi longsor yakni, Kabupaten Nias, Tapanuli Selatan, Tapanuli Tengah, Tapanuli Utara, Labuhan Batu, Toba Samosir, Asahan, Simalungun, Nias Selatan, Karo, Dairi, Mandailing Natal, Pakpak Bharat dan Samosir (Kurniawan, 2008). Kabupaten Nias adalah salah satu daerah kabupaten di propinsi Sumatera Utara yang luas wilayahnya adalah sebesar 1.004,06 km². Kebanyakan keadaan alam daratan Kabupaten Nias adalah berbukit sempit dan terjal dengan pegunungan yang mempunyai ketinggian di atas permukaan laut dengan tinggi 0-800, diantaranya 24% merupakan dataran rendah sampai bergelombang, 28,8% meliputi tanah bergelombang sampai berbukit dan sebesar 51,2% merupakan daerah yang berbukit sampai pegunungan (Invest, 2018). Akibat keadaan alam yang seperti ini, maka Kabupaten Nias sangat rentan terhadap bencana tanah longsor. Selain itu juga karena curah hujan yang tinggi merupakan salah satu penyebab terjadinya longsor di Kabupaten Nias, Maka bermacam masalah yang berhubungan dengan bencana tanah longsor di Kabupaten Nias perlu adanya langkah untuk mencari solusi dalam mengatasi serta mengurangi dampak tanah longsor. Oleh karena itu perlu adanya mitigasi dari pemerintah serta masyarakat.

Mitigasi merupakan langkah yang dilakukan saat terjadinya bencana, Tujuannya adalah agar mengantisipasi terjadinya bencana susulan serta akibat yang dihasilkan dari bencana longsor tersebut. Ada dua macam mitigasi yang dapat dilakukan, yaitu mitigasi struktural dan nonstruktural. Mitigasi struktural mencakup pembangunan infrastruktur yang kokoh agar bisa meminimalisir akibat dari tanah longsor. Sedangkan mitigasi nonstruktural mencakup pengelolaan tanah longsor dan pelatihan kepada masyarakat di daerah rentan bencana tanah longsor. Pada dasarnya terdapat 5 langkah mitigasi bencana tanah longsor, diantaranya pemetaan, penyelidikan, pemeriksaan, pemantauan dan pengenalan.

2. METODE PENELITIAN

Kabupaten Nias terletak pada garis 0012'-0032' Lintang Utara (LU) dan 970-980 Bujur Timut (BT). Secara administratif Kabupaten Nias terdiri dari 10 Kecamatan dengan luas wilayah 1.004,06 km².



Gambar 1. Peta Wilayah Kabupaten Nias (Sumber; peta-kota.blogspot.com)

Penelitian dilakukan dengan Pendekatan Kualitatif, dengan Teknik Pustaka, mengumpulkan setiap data-data yang ada baik itu dari Jurnal penelitian, Artikel, Berita, Buku, dll. Untuk metode analisis dilakukan dengan cara pembobotan dan skoring menggunakan formula yang digunakan dalam penelitian sebelumnya (Tarigan, 2022) sebagai berikut:

$$Skor\ Total = 0,3FCH + 0,2FBD + 0,2FKL + 0,2FPL + 0,1FJT \quad (1)$$

dimana: FCH = Faktor Curah Hujan
FKL = Faktor Kemiringan Lereng
FPL = Faktor Penutupan Lahan
FJT = Faktor Jenis Tanah
FJB = Faktor Jenis Baebatuan
0.3, 0.2, 0.1 = Bobot Nilai

Tabel 1. Klasifikasi Curah Hujan mm/tahun

Parameter	Bobot	Skor
1000-1500		1
1500-2000	30 %	2
2000-2500		3

Sumber: (Tarigan, 2022)

Tabel 2. Klasifikasi Jenis Kemiringan Lereng

Parameter (Besar Lereng)	Kemiringan	Bobot	Skor
> 40	Sangat Curam		5
25 – 40	Curam		4
15 – 25	Agak Curam	20 %	3
8 – 14	Landai		2
0 – 8	Datar		1

Sumber: (Tarigan, 2022)

Tabel 3. Klasifikasi Jenis Tanah

Parameter	Bobot	Skor
Regasol		5
Andosol, Podsolik		4
Latosol Coklat	10 %	3
Asosiasi Latosol		2
Alluvial		1

Sumber: (Tarigan, 2022)

Tabel 4. Klasifikasi Jenis Batuan

Parameter	Bobot	Skor
Batu Vulkanik		5
Batu Sedimen	20 %	4

Batu Aluvial	3
--------------	---

Sumber: (Tarigan, 2022)

Tabel 5. Klasifikasi Penutup Lahan

Parameter	Bobot	Skor
Tegalan/Sawah		5
Semak Belukar		4
Hutan dan Perkebunan	20 %	3
Kota/Pemukiman		2
Tamnak, Waduk, Perairan		1

Sumber: (Tarigan, 2022)

Klasifikasi akhir dengan menggunakan analisis skor dan dilakukan dengan membuat 4 kelas kerawanan longsor yaitu : rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi berdasarkan jumlah skor akhir, semakin besar jumlah skor maka semakin tinggi tingkat kerawanan, dengan penentuan selang skor

$$\frac{\text{Skor Tertinggi} - \text{Skor Terendah}}{\text{skor tertinggi} - \text{skor terendah}} \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Curah Hujan

Dari data penelitian yang telah dikumpulkan, diperoleh curah hujan yang tergolong tinggi , Berikut tabel yang berisikan detail curah hujan di Kabupaten Nias, Sumatera Utara.

Tabel 6. Klasifikasi Curah Hujan di Wilayah Kabupaten Nias

Kecamatan	Skor
Idanogawo	3
Bawalato	2
Ulugawo	3
Gido	2
Sogaeadu	3
Ma'u	3
Somolo-molo	2
Hiliduho	3
Hiliserangkai	2
Botomuzoi	3

Sumber: (Tata Ruang Wilayah Kab Nias)

Tabel diatas menunjukkan bahwa curah hujan pada lokasi penelitian termasuk tinggi, dengan curah hujan tahunan sebesar 2000 - 2800 mm/tahun, sehingga hal tersebut menjadi salah satu parameter untuk menentukan wilayah rawan longsor. dari data diatas, sesuai dengan penelitian Puslittanak 2004 dengan sistem skor.

3.2 Jenis Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng pada lokasi penelitian bervariasi dengan sebagian besar bukit sempit dan terjal serta pegunungan dengan memiliki tinggi diatas permukaan laut yang berbeda-beda diantara 0 - 800 m. Daerah yang memiliki ketinggian 0 – 50 meter dpl biasanya terdapat di wilayah sekitar pantai yang mengelilingi Pulau Nias, sedangkan daerah yang ketinggiannya mulai dari 50-800 m dpl terdapat di wilayah perbukitan ditengah Pulau Nias.

Dari data topografi Kabupaten Nias, daerah lerengnya pada umum-nya berbukit serta bergelombang dengan kemiringan sekitar 8 – 25 % (diperkirakan 28,8 % dari luas total wilayah kabupaten Nias). Daerah dataran dengan kemiringan 0 – 8% berada di wilayah sekitar Pantai Barat dan Pantai timur yang mengelilingi Kabupaten Nias (diperkirakan 24% dari luas total wilayah Kabupaten Nias), kemiringan 25 – 40% (Bukit-Pegunungan) terdapat di Wilayah bagian tengah Pulau Nias yaitu 51,2 % dari luas total wilayah Kabupaten Nias (Tata Ruang Wilayah Kab Nias).

Tabel 7. Kemiringan Lahan Kabupaten Nias

Kecamatan	Kemiringan (%)	Skor
Idanogawo	0-8 %	1
Bawalato	8-14%	2
Ulugawo	8-14%	2
Gido	0-8%	1
Sogaeadu	15-25%	3
Ma'u	25-40%	4
Somolo-molo	15-25%	3
Hiliduho	25-40%	4
Hiliserangkai	8-14%	2
Botomuzoi	25-40%	4

Sumber: (Tata Ruang Wilayah Kab Nias)

3.3 Jenis Tanah

Dalam Wilayah penelitian yang dilakukan diperoleh jenis tanah yang cukup beragam, tetapi pada umumnya lebih banyak oleh jenis tanah Aluvial, Podsolik merah kuning, dan juga sebagian kecil terdapat Regosol, Mediteran Merah kuning dan Litosol yang tesebar secara acak di wilayah Kabupaten Nias. Wilayah Kabupaten Nias memiliki Lapisan permukaan berupa Tanah Lunak sehingga sering menjadi sasaran Erosi. Selain itu, terdapat juga Tanah lempung Ekspansif yang sangat buruk bagi Konstruksi yang dimana jenis tanah ini akan berkurang daya kuatnya apabila terkena air, hal ini dapat menyebabkan kerusakan/kelongsoran di suatu wlayah konstruksi. jelasnya dapat dilihat dari Peta jenis tanah berikut.

Tabel 8. Jenis Tanah di Wilayah Kabupaten Nias

Kecamatan	Jenis Tanah	Skor
Idanogawo	Podsolik	4
Bawalato	Aluvial, Podsolik	5
Ulugawo	Aluvial, Latosol	4

Gido	Aluvial, Latosol	4
Sogaeadu	Aluvial, Asosiasi L	3
Ma'u	Aluvial, L	3
Somolo-molo	Aluvial, Latosol	4
Hiliduho	Podsolik, Aluvial	5
Hiliserangkai	Aluvial, Latosol	3
Botomuzoi	Aluvial,L	3

Sumber: (Tata Ruang Wilayah Kab Nias)

3.4 Jenis Batuan

Secara geologi wilayah Kabupaten Nias memiliki struktur batuan tektonik dan batuan sedimen dan ada juga batuan Aluvial, yang dimana batuan sedimen lebih dominan terdapat di wilayah Kabupaten Nias. Dapat disimpulkan bahwa hampir 80 % di wilayah Kabupaten Nias memiliki Jenis batuan Sedimen.

Tabel 9. Jenis Batuan di Wilayah Kabupaten Nias

Kecamatan	Jenis Batuan	Skor
Idanogawo	Sedimen, Aluvial	7
Bawalato	Sedimen	4
Ulugawo	Sedimen, Aluvial	7
Gido	Sedimen, Aluvial	7
Sogaeadu	Sedimen	4
Ma'u	Sedimen	4
Somolo-molo	Sedimen, Aluvial	7
Hiliduho	Sedimen	4
Hiliserangkai	Aluvial, sedimen	7
Botomuzoi	Aluvial, Sedimen	7

Sumber: (Tata Ruang Wilayah Kab Nias)

3.5 Klasifikasi Penggunaan Lahan

Dalam penelitian yang dilakukan diperoleh klasifikasi penggunaan Lahan, dimana di Kabupaten Nias terdominasi oleh penggunaan untuk hutan dan perkebunan sesuai dengan mata pencarian masyarakat kabupaten Nias. Selain itu juga, terdapat penggunaan lahan untuk persawahan, dan penggunaan lahan terkecil yakni penggunaan untuk Kota/Pemukiman masyarakat wilayah Kabupaten Nias.

Tabel 10. Tata Guna Lahan di Wilayah Kabupaten Nias

Kecamatan	Penggunaan Lahan	Skor
Idanogawo	Permukiman, Pesawahan	7
Bawalato	Sawah, Perkebunan	8
Ulugawo	Pemukiman, Perkebunan	5
Gido	Persawahan, perkebunan, pemukiman	10
Sogaeadu	Persawahan, pemukiman	7

Ma'u	Pemukiman	2
Somolo-molo	Pemukiman, perkebunan	5
Hiliduho	Pemukiman, perkebunan	5
Hiliserangkai	perkebunan	3
Botomuzoi	perkebunan, persawahan	8

Sumber: (Tata Ruang Wilayah Kab Nias)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa wilayah Kabupaten Nias memiliki tingkat kerawanan longsor sedang sampai tinggi, terdapat beberapa hal yang menjadi penyebab longsor yakni Curah hujan yang tinggi sebesar 2000- 2800 mm/tahun, Serta kemiringan lereng 25 – 40 % yang mencakup 50 % wilayah Kabupaten Nias, selain hal tersebut, lapisan permukaan tanah juga menjadi pendorong mengapa tingkat terjadinya longsor di wilayah kabupaten Nias dimana Lapisan tanah yang dominan bersifat Lunak (*Soft Soil*) sehingga mudah tererosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhir, L. (n.d.). *Penyelesaian Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Nias Dan Kawasan Permukiman Utama*.
- ESDM. (2005). Pengenalan Gerakan Tanah. In *Volcanological Survey of Indonesia (VSI) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*.
- Invest, N. S. (2018). Kabupaten Nias. In *Penelitian KPJU Unggulan UMKM Provinsi Sumatera Utara*.
- Kurniawan, L. (2008). Kajian Penilaian Bahaya Tanah Longsor Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 10(2), 90–98.
- Rismayanti, H. F., Hilyah, A., & Utama, W. (2017). Identifikasi Zona Tersaturasi Air Pada Daerah Longsor Desa Olak Alen, Blitar DENGAN Metode Polarisasi Terinduksi (IP) Domain Waktu. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 651–653. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.27247>
- Tarigan, T. E. (2022). Analisis dan Mitigasi Bencana Longsor Akibat Cuaca Ekstrem di Kecamatan Sibolangit, Kabupaten Deli Serdang. *Journal of Laguna Geography*, 01(2), 9–16.

PERBAIKAN TANAH EKSPANSIF MENGGUNAKAN BERBAGAI BAHAN TAMBAHAN DAN ALAT YANG BERBEDA

Albert Patar Selamat Manalu¹, Risma Masniari Simanjuntak², Lolom Evalita Hutabarat²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: albertpatarsm@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: risma.simanjuntak@uki.ac.id

Email: lolom.hutabarat@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Expansive soils, often the source of geotechnical problems in various construction sites, require a practical approach to overcome significant expansion and shrinkage problems. This research aims to investigate multiple additives and tools that can improve the properties of expansive soils. The study included comprehensive laboratory testing by combining different expansive soil types with additives such as gypsum, fly ash, and polymers. In addition, various compaction tools and techniques are used to evaluate the effects of soil improvement. The results of this research will provide a better understanding of the different soil improvement options available and the most effective tools for addressing the challenges posed by expansive soils. This information will be invaluable in designing stable and sustainable construction in areas affected by expansive soils.

Keywords: additional material, expansive soils, geotechnical problems,

ABSTRAK

Tanah ekspansif, yang sering kali menjadi sumber masalah geoteknik di berbagai konstruksi, memerlukan pendekatan yang efektif untuk mengatasi masalah pengembangan dan penyusutan yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki berbagai bahan tambahan dan alat yang berbeda yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat tanah ekspansif. Studi ini mencakup pengujian laboratorium yang komprehensif dengan mengkombinasikan berbagai jenis tanah ekspansif dengan bahan tambahan seperti gypsum, fly ash, dan polimer. Selain itu, berbagai alat dan teknik pemadatan digunakan untuk mengevaluasi efek perbaikan tanah. Hasil penelitian ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang berbagai pilihan perbaikan tanah yang tersedia dan alat yang paling efektif dalam mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh tanah ekspansif. Informasi ini akan sangat berharga dalam merancang konstruksi yang stabil dan berkelanjutan di daerah yang terpengaruh oleh tanah ekspansif.

Kata kunci: bahan tambahan, masalah geoteknik, tanah ekspansif

1. PENDAHULUAN

Tanah ekspansif, yang sering kali ditemui di berbagai wilayah geografis di seluruh dunia, telah menjadi salah satu tantangan utama dalam rekayasa sipil dan konstruksi. Tanah ekspansif cenderung mengalami perubahan volume yang signifikan sebagai respons terhadap fluktuasi kadar air, yang dapat menyebabkan kerusakan serius pada struktur bangunan dan infrastruktur (She et al., 2020). Di samping itu, ketidakpastian dalam karakteristik tanah ekspansif seringkali menjadi hambatan besar dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi. Oleh karena itu, upaya perbaikan tanah ekspansif telah menjadi fokus penelitian yang semakin penting dalam bidang geoteknik (Al-Rawas et al., 2005; Andajani & Risdianto,

2022; Dang et al., 2016; Hamza et al., 2020; Jalal et al., 2020; Khan et al., 2021; Ma et al., 2021; Neguse et al., 2023).

Perbaikan tanah ekspansif melibatkan pengembangan strategi dan teknik yang dapat mengurangi ekspansivitas tanah atau mengendalikan perubahan volumetriknya. Pendekatan ini memerlukan pemahaman mendalam tentang perilaku tanah ekspansif dan kemampuan untuk memilih bahan tambahan dan alat yang sesuai untuk mengatasi masalah ini (Ma et al., 2021). Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian telah terus berusaha untuk mengidentifikasi solusi perbaikan yang lebih efektif dan berkelanjutan, termasuk penggunaan berbagai bahan tambahan dan alat yang berbeda (Andajani & Risdianto, 2022; Dang et al., 2016; Gultom & Simanjuntak, 2021; Hamza et al., 2020; Hebron et al., 2022; Jalal et al., 2020; Khan et al., 2021; Mangelep & Simanjuntak, 2019; Melyanti et al., 2022; Neguse et al., 2023; et al., 2018).

Dalam konteks ini, jurnal ini bertujuan untuk mengkaji berbagai bahan tambahan dan alat yang berbeda dalam upaya perbaikan tanah ekspansif. Kami akan mengeksplorasi berbagai bahan tambahan, seperti fly ash (Melyanti et al., 2022), gipsum (Mangelep & Simanjuntak, 2019), cornice adhesive (Hebron et al., 2022) dan kaolin (Gultom & Simanjuntak, 2021), serta membandingkan efektivitas mereka dalam mengurangi ekspansivitas tanah. Selain itu, kami juga akan mempertimbangkan berbagai metode dan alat perbaikan, seperti penggalian tanah, pemadatan mekanik, dan penggunaan geotekstil, dengan tujuan menentukan pendekatan yang paling efisien dan ekonomis dalam penanganan tanah ekspansif.

Melalui paper ini, kami berharap dapat memberikan kontribusi penting dalam pemahaman dan penanganan masalah perbaikan tanah ekspansif, yang pada gilirannya akan meningkatkan keberlanjutan dan kualitas proyek konstruksi di masa depan. Selain itu, penelitian ini juga memiliki potensi untuk memanfaatkan limbah industri seperti fly ash, yang merupakan langkah positif menuju pengurangan dampak lingkungan dan penggunaan sumber daya yang lebih efisien dalam industri konstruksi

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan beberapa data pengujian untuk stabilisasi tanah ekspansif yang pernah dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah UKI dengan menggunakan beberapa sampel bahan tambah untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menggunakan beberapa metode uji di laboratorium.

2.1. Penambahan Gypsum Menggunakan Metode Uji Potensi Pengembangan dan UCT

Sampel yang pertama berasal dari proyek Orange Country Cikarang, Jawa Barat, pada kedalaman 1 hingga 1,5 meter di bawah permukaan tanah. Pengambilan sampel tanah dilakukan di Orange Country Cikarang, dan bahan gypsum dihancurkan dari lembaran plafon menjadi serbuk melalui saringan no. 200. Kemudian dilakukan penelitian pendahuluan yang melibatkan serangkaian uji karakteristik untuk sampel tanah dan gypsum, termasuk pengujian. Pengujian pemadatan tanah, berat jenis tanah dan gypsum, serta Batas Atterberg (Batas Plastis, Batas Cair, dan Penyusutan) semuanya dilakukan di laboratorium. Dampak gypsum terhadap potensi pengembangan tanah dianalisis dengan menguji sifat pengembangan dari sampel tanah lempung yang diberi tambahan gypsum sebesar 0%, 3%, 5%, 7%, dan 10%

dari berat kering tanah. Kemudian Sampel tanah yang telah dimodifikasi dengan penambahan gypsum diuji untuk menentukan kekuatan tekan bebasnya. Uji ini bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan atau kelemahan tanah dalam kondisi tertentu.

2.2. Penambahan Fly Ash Menggunakan Metode Uji Konsolidasi

Sampel tanah kedua yang digunakan adalah tanah yang telah mengalami gangguan (disturbed) yang diambil dari proyek Meikarta Cibatu, Cikarang Selatan, Bekasi. Sampel tanah diambil dengan menggunakan cangkul hingga kedalaman 1,00 hingga 1,5 meter, kemudian dimasukkan ke dalam karung dan dikeringkan alami sebelum dihancurkan menggunakan palu karet. Bahan campuran yang digunakan adalah Abu terbang (fly ash) dalam bentuk serbuk atau telah melewati penyaringan dengan saringan nomor 200. Prosedur pengujian laboratorium yang dilakukan dapat dibagi menjadi dua bagian utama yaitu pengujian sifat fisik tanah dan pengujian batas Atterberg

2.3. Analisis Kekuatan Tanah Ekspansif Dengan Variasi Waktu Perendaman Yang Distabilitas Dengan Kaolin

Dalam penelitian ini, tanah terganggu diambil dari Proyek Meikarta Cibatu, Cikarang Selatan, Bekasi dengan mencangkul hingga kedalaman 1,00-1,5 meter. Tanah kemudian dimasukkan ke dalam karung, dijemur, dan ditumbuk menggunakan palu karet. Penelitian ini menggunakan kaolin bubuk untuk mengamati penurunan pengembangan tanah ekspansif dan nilai kuat tekan bebasnya setelah perendaman dengan variasi waktu 14 hari, 7 hari, 3 hari, 0 hari. Hasil menunjukkan penurunan pengembangan hingga 67,78% dan penurunan nilai kuat tekan bebas sebesar 77,28% setelah perendaman selama 14 hari.

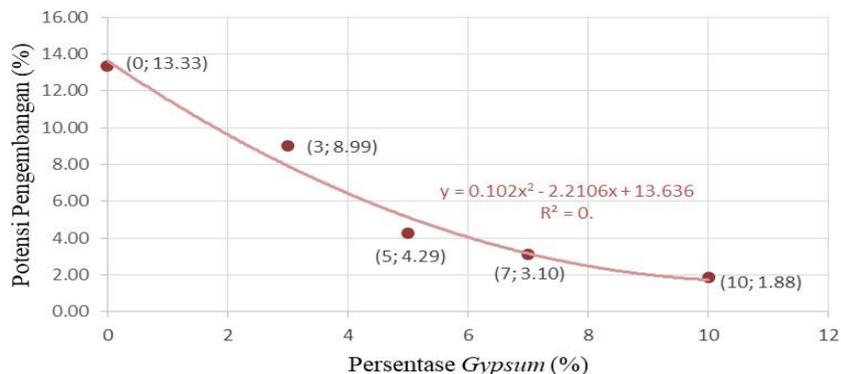
2.4. Analisis Pengaruh Cornice Adhesive Terhadap Kuat Tekan Tanah Lempung Ekspansif Dengan Berbagai Variasi Waktu

Tanah ekspansif yang digunakan sebagai sampel, diambil dari daerah Cikarang. Tanah yang diambil adalah tanah yang terganggu (disturbed). Dengan kedalaman $\pm 1,5 \text{ m} - 2$ dari permukaan tanah. Tanah dibawa untuk diuji di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Kristen Indonesia. Tanah yang lolos disaringan no. 4 dan tanah yang sudah dijemur sampai kering udara yang akan dipakai. Berbagai variasi uji coba dipakai dalam penelitian ini, dengan kadar cornice adhesive bervariasi mulai dari 5%, 10%, 15%. Dan variasi waktu pemeraman di berbagai variasi campuran seperti 7 hari, 14 hari, 28 hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

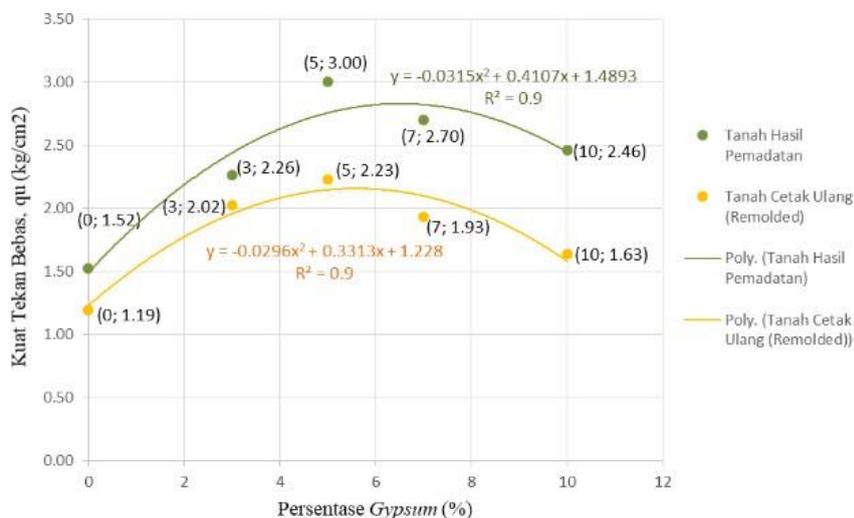
3.1 Hasil Uji Dengan Menggunakan Gypsum

Gambar 1 menunjukkan hasil potensi pengembangan dari masing-masing presentase gypsum yang dicampurkan. Terlihat bahwa potensi pemuaiannya menurun seiring dengan meningkatnya kandungan gypsum dalam sampel tanah. Jika dibandingkan dengan tanah alami yang mempunyai potensi pengembangan sebesar 13,33%, maka tanah yang diberi gypsum 10% mempunyai potensi pengembangan terendah sebesar 1,88%. Ketika kandungan gypsum tanah asli sebesar 5% maka potensi pengembangan akan turun secara signifikan.



Gambar 1. Hubungan antara potensi pengembangan dan persentase gypsum (Mangelep & Simanjuntak, 2019)

Penambahan 5% gypsum pada tanah asli akan meningkatkan kuat tekan bebas (q_u) hingga mencapai maksimum 3kg/cm² pada tanah hasil pemadatan dan 2,23 kg/cm² pada tanah cetak ulang seperti terlihat pada Gambar 2. Tanah asli tanpa gypsum memiliki nilai minimum kuat tekan bebas (q_u) sebesar 1,52 kg/cm² pada tanah hasil pemadatan dan 1,19 kg/cm² pada tanah cetak ulang.



Gambar 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Dengan Penambahan Gypsum (Mangelep & Simanjuntak, 2019)

3.2 Hasil Uji Dengan Menggunakan Fly Ash

Tabel 1 memperlihatkan bahwa nilai rata-rata Indeks Pemampatan (C_c) mengalami penurunan seiring dengan peningkatan variasi campuran fly ash. Nilai awal Indeks Pemampatan (C_c) pada tanah ekspansif asli adalah 0.00687. Namun, setelah ditambahkan campuran fly ash sebanyak 10%, 20%, dan 30%, nilai Indeks Pemampatan (C_c) mengalami penurunan berturut-turut sebesar 3,49% menjadi 0.00711 pada campuran 10% fly ash, 0,42% menjadi 0.00708 pada campuran 20% fly ash, dan 35,02% menjadi 0.00460 pada campuran 30% fly ash.

Tabel 1. Hasil Uji Konsolidasi dengan Menggunakan Stabilisasi Fly Ash

Variasi Campuran	Angka Pori (t90)	Presentase Nilai akar waktu (t90)	Koefesien Konsolidasi (Cv)	Presentase Koefesien Konsolidasi (Cv)
Tanah Asli	2.07	0,000	0,0733	0,000
Tanah Asli + 10% Fly Ash	2.12	2,415	0,06068	17,216
Tanah Asli + 20% Fly Ash	5.12	141,509	0,04405	37,752
Tanah Asli + 30% Fly Ash	14.29	178,101	0,04105	7,308

Pola ini menunjukkan bahwa semakin banyak fly ash yang ditambahkan, nilai angka pori (e_0) dan nilai Indeks Pemampatan (C_c) akan semakin berkurang. Penurunan ini terjadi karena fly ash mampu mengisi rongga pori tanah, mengakibatkan peningkatan kepadatan tanah.

3.3 Hasil Uji Dengan Menggunakan Kaolin

Hasil uji tekan bebas pada tanah ekspansif Cikarang dengan beberapa variasi waktu perendaman dengan menggunakan kaolin sebagai bahan stabilisasi tanah dapat dilihat pada Tabel 2.

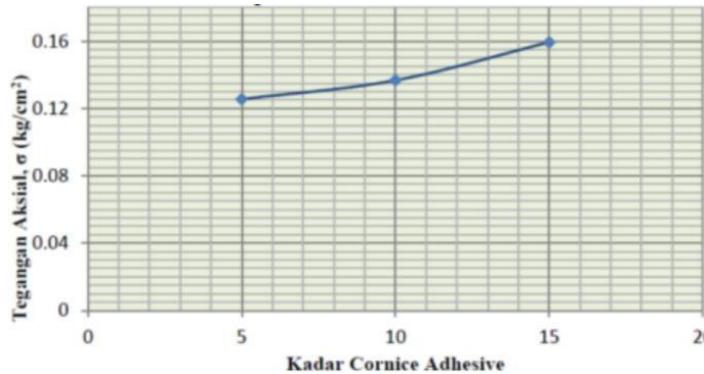
Tabel 2. Hasil uji tekan bebas menggunakan stabilitasi Kaolin

Lama perendaman (hari)	Nilai Kuat Tekan Bebas (kg/cm ²)	Nilai Kuat Tekan Bebas remolded (kg/cm ²)	Potensi pengembangan (&)
0	3,62	3,01	0
3	2,83	1,92	77,36
7	1,69	1,05	99,33
10	1,13	0,80	99,81
14	0.82	0,60	100

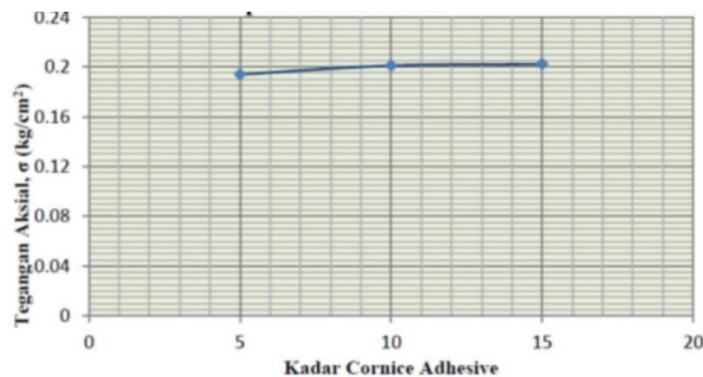
Dari tabel, terlihat bahwa semakin tinggi persentase pengembangan, nilai kuat tekan bebas tanah menurun. Contohnya, pada pengembangan 77,36%, nilai q menurun dari 3,61 kg/cm menjadi 2,83 kg/cm, dengan selisih 0,78 kg/cm (21,60%). Penurunan nilai q berlanjut hingga pengembangan mencapai 99,33%, dengan selisih 1,92 kg/cm (53,18%). Ketika pengembangan mencapai 100%, nilai q turun 2,79 kg/cm (77,28%). Terlihat bahwa semakin besar pengembangan tanah dengan campuran kaolin, semakin rendah daya dukung tanah berdasarkan nilai kuat tekan bebas tanah dan kuat geser tanah.

3.4 Hasil Uji Menggunakan Cornice Adhesive

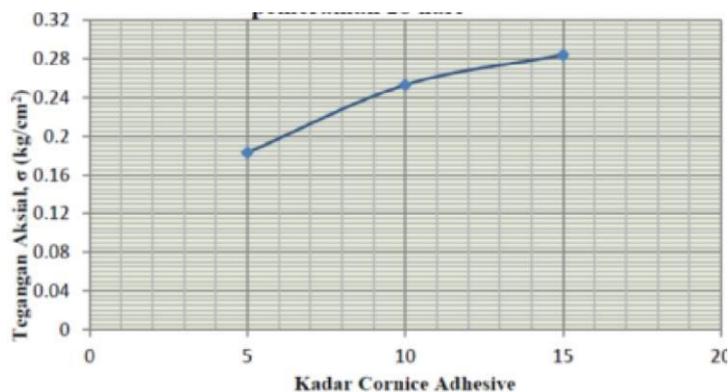
Dari hasil uji kuat tekan bebas dengan beberapa variasi perendaman (*soaked*) sampel terlebih dahulu didapatkan hasil seperti terlihat pada Gambar 3,4,5.



Gambar 3. Hasil Pengujian Tegangan aksial vs Kadar Cornice Adhesive pada pemeraman 7 hari (Hebron et al., 2022)



Gambar 4. Hasil pengujian Tegangan aksial vs kadar CA pada pemeraman 14 hari (Hebron et al., 2022)



Gambar 5. Hasil pengujian Tegangan aksial vs kadar CA pada pemeraman 28 hari (Hebron et al., 2022)

Dari hasil tersebut, terlihat bahwa nilai kuat tekan bebas (q_u) paling rendah terjadi pada tanah dengan 5% campuran CA, yaitu sebesar 0,1255 kg/cm² dalam pengujian Ermadatan, sementara q_u pada tanah yang dicetak ulang (*remolded*) adalah 0,0626 kg/cm². Ketika tanah dicampur dengan CA, nilai kuat tekan bebas (q_u) meningkat. Pemeraman juga terbukti

meningkatkan kuat tekan bebas, dengan nilai q_u maksimum tercapai saat 5% CA ditambahkan selama 28 hari pemadatan, yaitu sebesar 0,284 kg/cm² pada tanah hasil pemadatan dan 0,138 kg/cm² pada tanah yang dicetak ulang

3.5 Perbandingan Semua Hasil Uji pada Tanah Ekspansif

Hasil pengujian dari 4 jenis material stabilisasi tanah yang digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat dari tanah ekspansif dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Hasil Pengujian Berbagai Metode Uji dengan Beberapa Bahan Tambah

Variasi Campuran	Uji Coba	Variasi Presentasi Campuran	Hasil Akhir Yang Paling mempengaruhi
Tanah + Gypsum	Pengembangan, Kuat Tekan Bebas	0%, 3%, 5%, 7%, dan 10%	5% - 10%
Tanah + Fly Ash	Konsolidasi	0%, 10%, 20%, dan 30%	30 %
Tanah + Kaolin	Kuat Tekan Bebas	0%, 2.5%, 5%, 7.5%, dan 10%	10%
Tanah + Cornice Adhesive	Pengembangan Bebas	5%, 10%, 15% 7 hari, 14 hari, 28 hari	5%

4. KESIMPULAN

Variasi campuran bahan seperti gypsum, fly ash, kaolin, dan cornice adhesive dalam berbagai uji coba berdampak pada hasil akhir yang berbeda pada berbagai parameter pengujian. Campuran tanah dengan gypsum mempengaruhi pengembangan dan kekuatan tekan bebas. Penambahan gypsum sebesar 10% menghasilkan pengaruh paling signifikan pada kekuatan tekan bebas sebesar 10%. Tetapi untuk uji coba pengembangan, penambahan gypsum sebesar 5% menimbulkan perubahan yang sangat tinggi. Campuran tanah dengan fly ash mempengaruhi parameter konsolidasi. Penambahan fly ash sebesar 30% memberikan pengaruh paling besar pada parameter konsolidasi. Campuran tanah dengan Kaolin mempengaruhi kuat tekan bebas. Dari hasil pengujian tekan bebas, terlihat bahwa nilai kuat tekan bebas q_u menurun seiring berjalannya waktu perendaman tanah. Penurunan paling signifikan tercatat setelah tanah direndam selama 14 hari, dengan penurunan nilai q_u mencapai 77,28% dari nilai kuat tekan bebas optimumnya. Dari hasil uji terhadap sampel tersebut dengan menggunakan alat uji Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test, UCT*), didapatkan nilai kuat tekan (q_u) yang semakin meningkat pada pemakaian bahan tambah CA yang semakin meningkat dengan variasi 5%, 10%, dan 15% dengan semakin meningkatnya waktu pemeraman yang dilakukan. Peningkatan nilai q_u maksimum terjadi pada penambahan kadar CA sebesar 15% dengan lama pemeraman selama 28 hari yaitu sebesar 0,284 kg/cm² dan nilai q_u hasil cetak ulang (*remolded*) sebesar 0,138 kg/cm².

DAFTAR PUSTAKA

Al-Rawas, A. A., Hago, A. W., & Al-Sarmi, H. (2005). Effect of lime, cement, and Sarooj (artificial pozzolan) on the swelling potential of an expansive soil from Oman. *Building*

- and Environment, 40(5), 681–687. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.08.028>
- Andajani, N., & Risdianto, Y. (2022). Penambahan Kapur Sebagai Stabilisasi Tanah Ekspansif untuk Lapisan Tanah Dasar (Subgrade). *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 90–95. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n2.p90-95>
- Dang, L. C., Hasan, H., Fatahi, B., Jones, R., & Khabbaz, H. (2016). Enhancing the engineering properties of expansive soil using bagasse ash and hydrated lime. *International Journal of GEOMATE*, 11(3), 2447–2454. <https://doi.org/10.21660/2016.25.5160>
- Gultom, R. P. W., & Simanjuntak, R. M. (2021). Analysis of shear strength of the expansive soil stabilized with kaolin at various soaking times. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 878(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/878/1/012050>
- Hamza, O. S. M., Zumrawi, M. M. E., & Mohamed, A. E. M. (2020). Effect of Pozzolana and Lime on Expansive Soil Properties. *FES Journal of Engineering Sciences*, 9, 101. <file:///C:/Users/levia/Downloads/702-Manuscript-2104-1-10-20210217.pdf>
- Hebron, Simanjuntak, R. M., & Hutabara, L. E. (2022). Analisa Pengaruh Cornice Adhesive Terhadap Kuat Tekan Tanah Lempung Ekspansif Dengan Berbagai Variasi Waktu. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Dan Lingkungan, CENTECH*, 3(2), 130–137.
- Jalal, F. E., Xu, Y., Jamhiri, B., Memon, S. A., & Graziani, A. (2020). On the Recent Trends in Expansive Soil Stabilization Using Calcium-Based Stabilizer Materials (CSMs): A Comprehensive Review. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/1510969>
- Khan, F., Das, B., & Dewangan, N. (2021). Determination of geotechnical properties and stability of expansive soil using fly ash. *Walailak Journal of Science and Technology*, 18(16). <https://doi.org/10.48048/wjst.2021.22783>
- Ma, B., Cai, K., Zeng, X., Li, Z., Hu, Z., Chen, Q., He, C., Chen, B., & Huang, X. (2021). Experimental Study on Physical-Mechanical Properties of Expansive Soil Improved by Multiple Admixtures. *Advances in Civil Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5567753>
- Mangelep, A. F., & Simanjuntak, R. M. (2019). Analisis Pengaruh Penambahan Gypsum pada Tanah Ekspansif Terhadap Potensi Pengembangan dan Nilai Kuat Tekan Menggunakan Uji Tekan Bebas. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Dan Lingkungan, CENTECH*, 1(2), 93–101.
- Melyanti, E., Simanjuntak, R. M., & Hutabarat, L. E. (2022). Analisis Parameter Konsolidasi Pada Tanah Ekspansif Yang Distabilisasi Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash). In *Skripsi Program Studi Sipil, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta*.
- Neguse, D., Assefa, E., & Assefa, S. M. (2023). Study on the Performance of Expansive Subgrade Soil Stabilized with Enset Ash. *Advances in Civil Engineering*, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/7851261>
- Prasetyo, Y. E., Zaika, Y., & Rachmansyah, A. (2018). Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu dan Kapur Terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif (Studi Kasus : Tanah di Bojonegoro). *Rekayasa Sipil*, 12(2), 118–125. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2018.012.02.7>
- She, J., Lu, Z., Duan, Y., Yao, H., & Liu, L. (2020). Experimental study on the engineering properties of expansive soil treated with Al13. *Scientific Reports*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70947-6>

ANALISIS PENGARUH RENDAMAN PADA BETON ASPAL MENGUNAKAN BERBAGAI JENIS PASIR

Paskalis Halawa¹, Risma Masniari Simanjuntak²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: : paskalishalawa3103@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: risma.simanjuntak@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Roads are vital infrastructure in economic development and community connectivity. Highways are prone to damage due to constantly receiving heavy loads from vehicular traffic and the influence of extreme weather such as heavy rainfall and flooding, so the development of roads requires proper selection of construction materials, especially on their aggregates. This study evaluated the effect of using four types of fine aggregates: rock breakdown sand, river sand, beach sand, and iron sand. The results showed that only stone-breaking sand mixtures met all Indonesian National Standard (SNI) specifications for Laston mixtures. River sand and beach sand have a high rate of water absorption and weathering, while iron sand has low stability. These results provide essential insights into selecting fine aggregates for pavements that withstand extreme conditions and meet established standards.

Keywords: Laston, sand from the crushing process using stone crusher tools, river sand, beach sand,

ABSTRAK

Jalan merupakan infrastruktur vital dalam perkembangan ekonomi dan konektivitas masyarakat. Jalan raya rentan terhadap kerusakan karena terus-menerus menerima beban berat dari lalu lintas kendaraan dan juga karena pengaruh cuaca ekstrem seperti hujan deras, dan banjir sehingga pengembangan jalan memerlukan pemilihan bahan konstruksi yang tepat terutama pada agregatnya. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh penggunaan empat jenis agregat halus yang berbeda, yaitu pasir hasil pemecahan batu, pasir sungai, pasir pantai, dan pasir besi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hanya campuran yang menggunakan pasir hasil pemecahan batu memenuhi semua spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk campuran Laston. Pasir sungai dan pasir pantai memiliki tingkat penyerapan air dan pelapukan yang tinggi, sementara pasir besi memiliki stabilitas yang rendah. Hasil ini memberikan wawasan penting dalam pemilihan agregat halus untuk perkerasan jalan yang tahan terhadap kondisi ekstrem dan memenuhi standar yang ditetapkan.

Kata kunci : Laston, pasir hasil proses penghancuran menggunakan alat *stone crusher*, pasir sungai, pasir pantai

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur jalan memiliki peran yang sangat penting dalam perkembangan dan kemajuan sebuah negara karena menjadi tulang punggung dari konektivitas dan mobilitas masyarakat serta perekonomian. Berdasarkan UU RI No 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan didefinisikan jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel.

Pembangunan Jalan biasanya menggunakan perkerasan salah satunya adalah perkerasan lentur. Salah satu perkerasan lentur yang menggunakan aspal yang bersifat struktural dan umum digunakan di Indonesia adalah perkerasan jalan berupa lapisan aspal beton (laston). Laston adalah

suatu lapis permukaan yang terdiri dari campuran aspal keras agregat halus dan agregat kasar yang bergradasi menerus, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam suhu tertentu. Jalan raya rentan terhadap kerusakan karena terus-menerus menerima beban berat dari lalu lintas kendaraan dan juga karena pengaruh cuaca ekstrem seperti hujan deras, dan banjir sehingga pada pembangunan jalan dituntut pemilihan bahan konstruksi yang mempunyai kemampuan yg dapat mengurangi kerusakan jalan. Pemilihan bahan konstruksi tersebut salah satunya pada agregat halus yaitu berupa pasir yg digunakan.

Agregat memberikan dukungan yang besar bagi aspal karena agregat memiliki proporsi terbesar yaitu 90-95% dari berat campuran (A Arabiah, 2021). Agregat halus merupakan suatu bahan yang mudah didapat namun kadangkala sukar didapatkan dalam bentuk yang sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan dalam hal keausan butiran, bentuk partikel, dan penyerapan butiran terhadap aspal. Pemilihan agregat halus dapat mempengaruhi kinerja sifat fisik beton aspal dan kinerja dari lapis perkerasan jalan.

Menurut Arfan Hasan dalam penelitiannya mengatakan bahwa Penggunaan Batu Kapur sebagai pengganti agregat halus memperoleh Nilai stabilitas yang mengalami kenaikan dari kondisi aspal normal hingga titik puncak pada kadar 50% batu kapur yakni 3200 kg, dan mengalami penurunan pada kadar 75% dan 100% batu kapur menjadi 2800 kg dan 2750 kg, namun masih dalam persyaratan Bina Marga yakni minimum 800 kg. Sedangkan menurut Aly dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat halus pasir sungai, campuran yang menggunakan pasir besi mempunyai stabilitas yang lebih rendah tetapi mempunyai kelelehannya lebih tinggi.

Beberapa pendapat diatas menunjukkan bahwa dengan menggunakan jenis agregat halus yang berbeda dapat memberikan efek yang berbeda pada perkerasan jalan. Oleh karena itu Tujuan umum penelitian ini adalah mengenai penggunaan beberapa jenis mengetahui sejauh mana bentuk butir, tekstur permukaan, dan pori pada agregat halus yang diaplikasikan pada campuran beton aspal panas dapat mempengaruhi kinerja sifat fisik beton aspal dan kinerja dari lapis perkerasan jalan yang menggunakan empat jenis agregat halus atau pasir yang terdiri dari pasir hasil proses penghancuran menggunakan alat stone crusher, pasir berasal dari sungai, pasir pantai, dan pasir besi.

2. METODE PENELITIAN

Pasir yang yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir hasil proses penghancuran menggunakan alat stone crusher, pasir berasal dari sungai, pasir pantai, dan pasir besi. Beberapa jenis pasir ini yg merupakan agregat halus dicampur dengan material material yang lain yg membentuk perkerasa lentur.

Pengujian kualitas untuk pekerjaan campuran beraspal secara umum dapat dipisahkan menjadi tiga kelompok, yaitu:

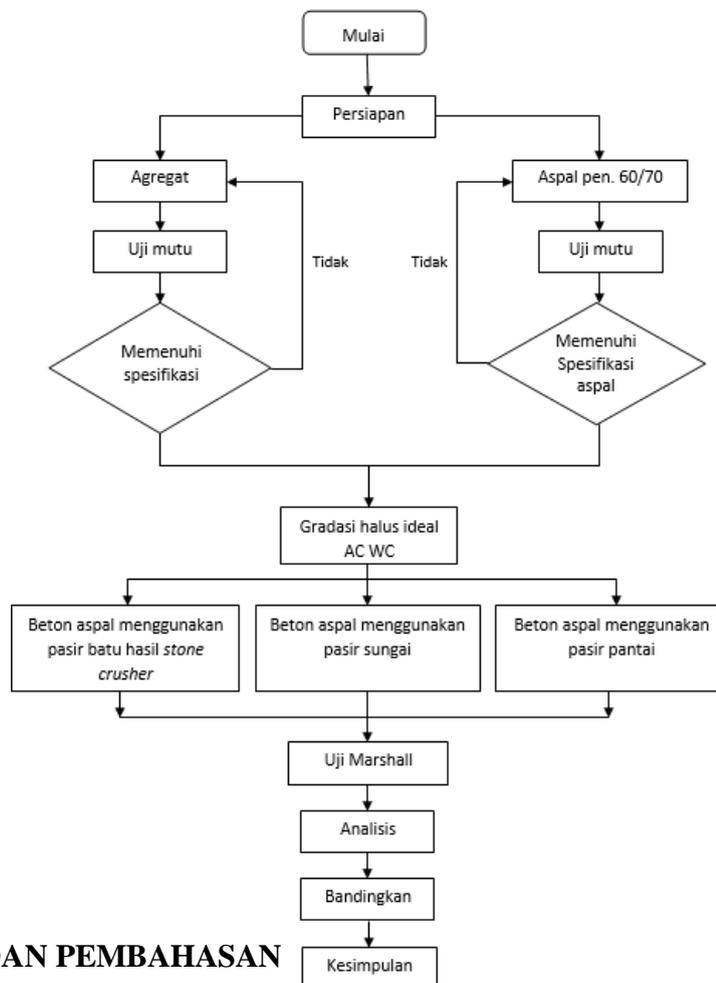
- a. Pengujian kualitas bahan baku (agregat, bahan pengisi, dan aspal).
- b. Pengujian kualitas bahan olahan.
- c. Pengujian kualitas bahan jadi.

Hasil pengujian akan menentukan penerimaan atau penolakan, baik bahan maupun hasil pekerjaan, maka pengujian harus dilakukan sesuai dengan standar yang berlaku. Selanjutnya penelitian dilakukan untuk membandingkan karakteristik dari campuran beton aspal yang menggunakan agregat halus yang berbeda yaitu pasir hasil *stone crusher*, pasir sungai dan pasir pantai.

Untuk mencapai hasil penelitian yang diharapkan, metode penelitian yang digunakan adalah metode yang sering dilakukan di laboratorium sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 (revisi 2) untuk campuran beraspal panas. Dari hasil pengujian ini akan diperoleh perbandingan karakteristik bahan dasar dan campuran beraspal. Karakteristik bahan dasar dan campuran yang menjadi bahan dasar penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Berat jenis agregat kasar dan halus.
- b. Analisis saringan agregat kasar dan halus.
- c. Angularitas (bentuk agregat) agregat kasar dan halus.
- d. Pelapukan agregat kasar dan halus.
- e. Rongga terhadap agregat (VMA)
- f. Rongga terhadap campuran (VIM).
- g. Rongga terisi aspal (VFB)
- h. Stabilitas *Marshall*
- i. Pelelehan (flow) *Marshall*
- j. Marshall Quotient (MQ)
- k. Sisa stabilitas setelah perendaman.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan di laboratorium adalah seperti prosedur kerja yang ditunjukkan pada diagram alir penelitian seperti pada gambar dibawah



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dimulai dengan melakukan tinjauan pustaka sebagai tahap awal, dan kemudian dilanjutkan dengan eksperimen di laboratorium. Pada tahap analisis, perbandingan dilakukan terhadap campuran beton aspal yang sama-sama menggunakan aspal dan agregat kasar yang identik, namun berbeda dalam penggunaan tiga jenis agregat halus yang memiliki karakteristik dan bentuk butiran yang beragam sebagai komponen perkerasan jalan. Pengujian terdiri dari tiga tahap yaitu Pengujian Mutu Bahan/Material, Pengujian Mutu Aspal, Pengujian Campuran Beton Aspal

3.1. Hasil Dan Analisis Pengujian Mutu Agregat

Hasil pengujian kualitas agregat dalam penelitian ini harus mematuhi persyaratan yang telah ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010, yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk baik agregat kasar maupun agregat halus. Hasil penelitian di laboratorium terhadap agregat kasar dan tiga jenis agregat halus yang digunakan telah didokumentasikan dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Pengujian Beberapa Jenis Pasir sebagai Agregat

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian					Spesifikasi
		Agregat kasar 1	Agregat kasar 2	Pasir Stone Crusher	Pasir sungai	Pasir pantai	
Abrasi (%)	SNI 2417:2008	17	-	-	-	-	Maks. 40
Setara pasir (%)	SNI 03-4428-1997	-	-	72	68	85	Min. 60
Berat jenis:	SNI 03-1969-2008 &	2,66	2,66	2,60	2,52	2,60	-
Bulk							
SSD	SNI 03-1970-2008	2,70	2,70	2,66	2,60	2,66	-
Apparent		2,77	2,78	2,75	2,75	2,76	-
Penyerapan (%)	SNI 03-1969-2008	1,5	1,5	2,1	3,2	2,2	Maks. 3
Angularitas agregat halus (%)	SNI 03-6877-2002	-	-	54	51	50	Min. 45
Angularitas agregat kasar (%)	ASTM D 5821-01	100/100	100/100	-	-	-	Min. 95/90
Kelekatan terhadap aspal (%)	SNI 03-2439-1991	95+	-	-	-	-	Min. 95
Partikel pipih dan lonjong (%)	RSNI T 01-2005	1,0	0,0	-	-	-	≤0,8
Material lolos no. 200 (%)	SNI 03-4142-1996	0,8	0,4	-	-	-	Maks. 1 Maks. 8
Agregat kasar							
Agregat halus							
Pelapukan (%)	SNI 3407:2008	0,5	0,4	8,7	58	37	Maks. 12
Analisis saringan (% lolos):	SNI 03-1968-1990						
3/4" (19,1 mm)		100					-
1/2" (12,5 mm)		35	100				-
3/8" (9,5 mm)		14	59	100	100		-
# 4 (4,76 mm)		2,9	0,9	84	95		-
# 8 (2,36 mm)		1,9	0,8	58	89	100	-
# 16 (1,18 mm)		1,6	0,7	36	73	99	-
# 30 (0,60 mm)		1,5	0,6	24	50	99	-

# 50 (0,30 mm)	1,3	0,5	15	27	99	-
# 100 (0,149 mm)	1,1	0,4	8,7	13	24	-
# 200 (0,075 mm)	0,8	0,3	4,9	6,7	0,0	-

3.2. Hasil Dan Analisis Pengujian Mutu Aspal

Hasil pengujian mutu aspal penetrasi 60/70 dalam penelitian ini haruslah memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 06-2434-1991. Penelitian di laboratorium terhadap aspal penetrasi 60/70 yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Data Pengujian Aspal

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi
Penetrasi pada 25°C, 100 g, 5 detik (mm)	SNI 06-2456-1991	64,2	60 -70
Viscositas pada 135°C (cSt)	SNI 06-6641-2000	480	≥ 300
Titik lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	49,6	≥ 48
Daktalitas pada 25°C, 5 cm/mnt (cm)	SNI 06-2432-1991	140	≥ 100
Titik nyala (COC) (°C)	-	328	≥ 232
Kelarutan dalam CCl4 (%)	SNI 06-2438-1991	99,7902	≥ 1
Berat jenis pada 25°C	SNI 06-2441-1991	1,0385	≥ 99
Kehilangan berat (dengan TFOT), (%)	SNI 06-2440-1991	0,0321	≤ 0,8
Penetrasi setelah TFOT (%)	SNI 06-2456-1991	86,92	≥ 54
Perkiraan suhu pencampuran (°C)	AASHTO-27-1990	156-162	-
Perkiraan suhu pemadatan (°C)	AASHTO-27-1990	146-154	-

3.3. Hasil Dan Analisis Pengujian Campuran Beton Aspal

Hasil pengujian sifat-sifat campuran dari ketiga jenis campuran dengan menggunakan 3 jenis agregat halus berupa pasir hasil stone crusher, pasir sungai dan pasir pantai mendapatkan hasil uji seperti yang tercantum pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Pengujian Campuran Beton Aspal menggunakan agregat halus hasil stone crusher

Uraian	Hasil pengujian	Spek. campuran
Kadar aspal optimum (%)	5,9	-
Kepadatan (ton/m ³)	2,32	-
VMA (%)	18	Min. 15
VFB (%)	75,6	Min. 65
VIM Marshall (%)	4,4	3-5
VIM PRD (%)	3,1	Min. 2,5
Stabilitas (kg)	1039	Min. 800
Kelelahan (mm)	3,6	Min. 3
Hasil bagi Marshall (kg/mm)	283	Min. 250
Stabilitas sisa (%)	91	Min. 90

Tabel 4. Pengujian Campuran Beton Aspal menggunakan agregat halus pasir sungai

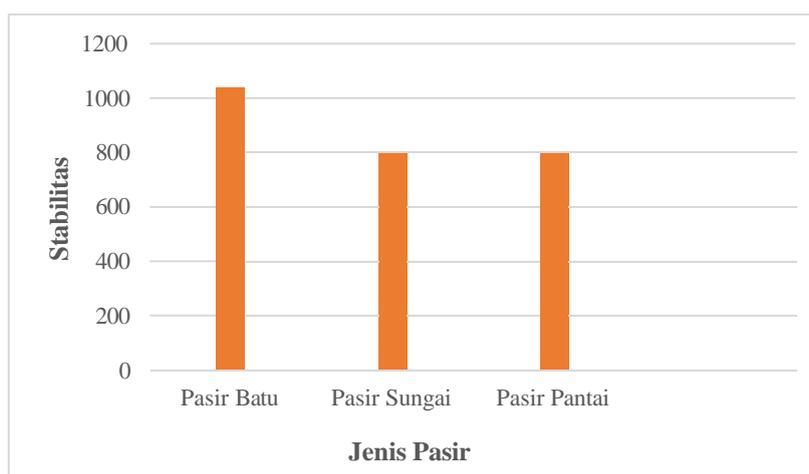
Uraian	Hasil pengujian	Spek. campuran
Kadar aspal optimum (%)	6,6	-

Kepadatan (ton/m ³)	2,30	-
VMA (%)	17,9	Min. 15
VFB (%)	72	Min. 65
VIM Marshall (%)	4,7	3-5
VIM PRD (%)	2,9	Min. 2,5
Stabilitas (kg)	783	Min. 800
Kelelahan (mm)	3,6	Min. 3
Hasil bagi Marshall (kg/mm)	243	Min. 250
Stabilitas sisa (%)	89,6	Min. 90

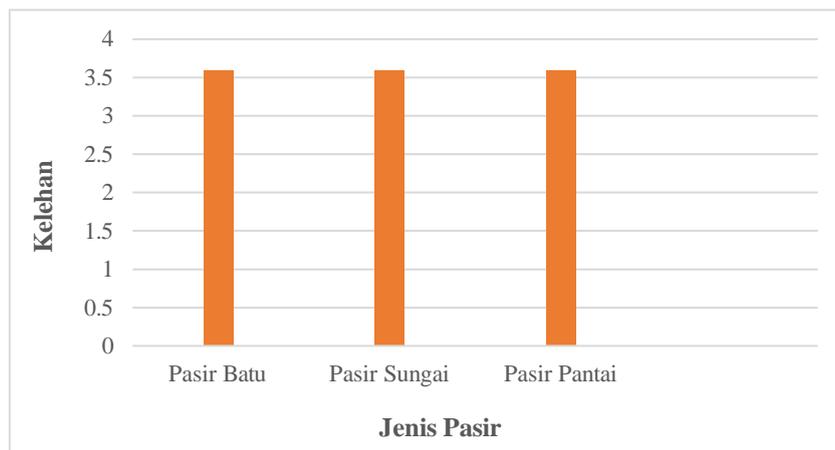
Tabel 5. Pengujian Campuran Beton Aspal menggunakan agregat halus pasir pantai

Uraian	Hasil pengujian	Spek. campuran
Kadar aspal optimum (%)	6,6	-
Kepadatan (ton/m ³)	2,30	-
VMA (%)	17,9	Min. 15
VFB (%)	72	Min. 65
VIM Marshall (%)	4,7	3-5
VIM PRD (%)	2,9	Min. 2,5
Stabilitas (kg)	783	Min. 800
Kelelahan (mm)	3,6	Min. 3
Hasil bagi Marshall (kg/mm)	243	Min. 250
Stabilitas sisa (%)	89,6	Min. 90

Perbandingan antara ketiga jenis itu pada aspek stabilitas dan kelelehannya dapat dilihat pada Gambar 1 sampai Gambar 4 dibawah ini:



Gambar 1. Perbandingan Tingkat Stabilitas dengan Berbagai Jenis Pasir



Gambar 2. Perbandingan Tingkat Kelelahan dengan Berbagai Jenis Pasir

3.4. Parameter Stabilitas Campuran Beton Aspal

Berdasarkan Analisis dan hasil Pengujian Pengujian Mutu Bahan/Material, Pengujian Mutu Aspal, Pengujian Campuran Beton Aspal menghasilkan nilai parameter parameter dari masing masing campuran tersebut yaitu sebagai berikut:

3.4.1. Kadar Air Optimum

Berdasarkan hasil uji Marshal terhadap ketiga benda uji campuran beton aspal dengan kadar aspal rencana 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% didapat kadar aspal untuk masing-masing campuran menggunakan pasir hasil *stone crusher*, pasir sungai dan pasir pantai berturut-turut sebesar 5,9%, 6,6%, dan 7%. Dari hasil uji ini terlihat bahwa pasir hasil *stone crusher* menggunakan kadar aspal yang paling kecil sehingga sangat hemat dalam pemakaian aspal karena aspal sendiri harganya mahal. Selain itu penyerapan aspal yang lebih besar pada pasir sungai dan pasir pantai juga berdampak pada penggunaan aspal yang lebih banyak dibandingkan dengan pasir hasil *stone crusher*.

3.4.2. Kepadatan (*Density*)

Dari hasil pengujian volumetrik terhadap nilai kepadatan pada kadar aspal optimum dari ketiga sampel menggunakan tiga jenis agregat halus yang berbeda didapatkan campuran dengan agregat halus hasil *stone crusher* mempunyai kepadatan yang paling besar yaitu sebesar 2,32 gr/cc, untuk campuran dengan agregat pasir sungai didapatkan kepadatan 2,30 gr/cc dan untuk campuran dengan agregat pasir pantai kepadatannya sebesar 2,29 gr/cc. Dari hasil uji ini terlihat bahwa campuran dengan agregat halus hasil *stone crusher* mempunyai rongga yang lebih kecil meskipun aspal yang digunakan lebih sedikit dari kedua agregat halus yang lain, hal ini dapat terjadi akibat berat jenis agregatnya lebih besar dan bentuk agregat yang lebih besar dan tidak banyak mengandung pori di dalam batumannya.

3.4.3. Rongga Dalam Agregat (VMA)

Dari hasil uji volumetrik terhadap banyaknya rongga dalam agregat (VMA), didapatkan hasil dimana campuran dengan agregat halus pasir pantai mempunyai nilai rongga yang lebih besar yaitu sebesar 19,6 % dibandingkan dengan VMA menggunakan hasil *stone crusher* yaitu sebesar 18 % dan menggunakan pasir sungai yang tidak berbeda jauh dengan pasir hasil *stone crusher* yaitu 17,9 %. Dari hasil ini terlihat bahwa agregat pasir pantai mempunyai bentuk butiran yang lebih kecil dan lebih halus dibandingkan dua jenis pasir yang lain sehingga pori-pori yang terdapat pada

campuran agregat menjadi semakin besar. Nilai VMA pada ketiga jenis pasir ini masih memenuhi syarat SNI.

3.4.4. Rongga Dalam Campuran (VIM)

Hasil pengujian volumetrik terhadap nilai VIM didapatkan nilai yang terbesar pada campuran dengan agregat halus pasir pantai yaitu sebesar 4,9 %, lebih dibandingkan campuran dengan agregat halus pasir hasil stone crusher yang sebesar 4,4 % dan pasir sungai yang sebesar 4,7 %. Ini memperlihatkan lebih besarnya kemampuan aspal untuk penetrasi ke dalam campuran dengan pasir hasil *stone crusher* karena pori yang agak besar menyebabkan aspal mudah masuk sehingga pori dalam campuran lebih terisi dan menghasilkan VIM yang lebih kecil, sementara untuk pasir yang lebih halus aspal lebih sukar untuk penetrasi sehingga VIM menjadi lebih besar. Nilai VIM untuk ketiga campuran tersebut masih memenuhi syarat SNI.

3.4.5. Rongga Terisi Aspal (VFB)

Dari hasil uji volumetrik terhadap nilai rongga terisi aspal (VFB) didapatkan hasil dimana campuran dengan agregat pasir hasil *stone crusher* pada kadar aspal optimum mempunyai nilai VFB 75,6 % yang merupakan nilai tertinggi diantara kedua campuran lainnya yaitu campuran menggunakan pasir sungai dengan nilai VFB sebesar 72,2 % dan campuran menggunakan pasir pantai dengan nilai VFB sebesar 70,8 %. Nilai ini akan bertambah seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan, namun kadar aspal optimum terkecil pada campuran menggunakan pasir hasil *stone crusher* ternyata memberikan hasil nilai VFB terbesar. Hal ini dimungkinkan karena peresapan aspal pada pasir hasil *stone crusher* tidak banyak terserap ke dalam batuan namun banyak yang mengisi rongga campuran, sementara nilai VFB pada kedua campuran lainnya lebih kecil karena sifat batuan yang rapuh karena mengandung pori-pori yang lebih besar sehingga lebih banyak terserap ke dalam batuan dibandingkan besarnya aspal yang terisi ke dalam rongga campuran.

3.4.6. Stabilitas

Dari hasil uji Marshall didapatkan nilai stabilitas pada campuran dengan agregat halus hasil *stone crusher* mempunyai nilai stabilitas yang jauh lebih besar dibandingkan dengan kedua jenis campuran yang lain yaitu sebesar 1039 kg, sementara pada campuran dengan pasir sungai didapatkan hasil sebesar 783 kg dan campuran dengan pasir pantai sebesar 725 kg. Lebih stabilnya campuran tersebut dibandingkan dengan yang campuran yang lain pasir hasil *stone crusher* mempunyai ukuran gradasi yang lebih beragam sehingga menyebabkan kestabilannya lebih besar. Selain itu kelekatan aspal pada campuran ini lebih baik karena aspal yang mengisi rongga lebih banyak sehingga ketebalan aspal pada campuran ini menyebabkan ikatan agregat menjadi lebih kuat sehingga meningkatkan kestabilan dari campuran dengan agregat halus hasil *stone crusher*. Pasir sungai dan pasir pantai memiliki kerapuhan pada butirannya dan penyerapan aspal yang lebih besar sehingga hal ini menyebabkan bertambah besarnya rongga dan berkurangnya daya lekat aspal yang berakibat pada menurunnya nilai kestabilan campuran pada kedua campuran tersebut. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa pasir sungai dan pasir pantai kurang baik untuk campuran Laston karena tidak memenuhi syarat kestabilan SNI yaitu sebesar 800 kg.

3.4.7. Kelelahan (Flow)

Dari hasil uji Marshall terhadap kelelahan didapatkan hasil dimana campuran aspal menggunakan agregat halus hasil stone crusher mempunyai nilai kelelahan yang lebih besar dari kedua campuran lainnya yaitu sebesar 3,6 mm, sementara hasil yang didapat pada kedua campuran lainnya ialah 3,2 mm pada campuran menggunakan pasir sungai dan 2,9 mm pada campuran

menggunakan pasir pantai. Hal ini menunjukkan bahwa campuran yang mempunyai VFB atau rongga berisi aspal yang besar akan mempunyai potensi yang besar dalam hal meningkatkan nilai kelelehannya, sementara kedua campuran yang lain kelelehan akan lebih kecil karena kerapuhan agregat dan ikatan aspal yang kecil. Namun hasil uji terhadap campuran menggunakan pasir pantai tidak memenuhi syarat SNI yaitu minimum 3 sehingga tidak baik digunakan sebagai campuran Laston.

3.4.8. Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Hasil bagi Marshall yang ditunjukkan dengan perbandingan antara nilai kestabilan dengan kelelehan akan menunjukkan kelenturan dari campuran. Dari hasil uji di atas terlihat bahwa hanya kelenturan campuran menggunakan agregat halus hasil *stone crusher* yang mempunyai nilai hasil bagi Marshall sebesar 283 kg/mm yang memenuhi syarat SNI > 250 kg/mm, sedangkan kedua campuran lainnya yaitu sebesar 243 kg/mm pada campuran dengan agregat halus pasir sungai dan 248 kg/mm pada campuran pasir pantai tidak memenuhi syarat SNI sehingga tidak cocok digunakan sebagai campuran Laston.

3.4.9. Stabilitas Sisa

Dari hasil pengujian *Marshall Immersion* menunjukkan pengaruh perendaman mengakibatkan berkurangnya kestabilan campuran. Hal ini disebabkan adanya air yang masuk ke dalam campuran dan menggantikan posisi sebagian aspal yang ada dalam rongga. Air yang terperangkap akan menyebabkan tegangan air pori. Keadaan ini akan menyebabkan berkurangnya ikatan antara agregat dan aspal dan pada akhirnya akan menyebabkan kestabilan campuran berkurang atau menurun. Campuran beraspal panas menggunakan agregat halus hasil *stone crusher* memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditentukan yaitu sebesar 91 kg sesuai syarat SNI > 90 kg, sedangkan kedua campuran yang lain mempunyai nilai sebesar 89,6 kg untuk campuran dengan pasir sungai dan 87,9 kg untuk campuran dengan pasir pantai. Dengan demikian pada campuran menggunakan pasir sungai dan pasir pantai tidak mempunyai kestabilan yang cukup untuk menghadapi beban lalu lintas serta pengaruh air tanpa terjadinya kerusakan sepanjang masa pelayanannya.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian dan evaluasi terhadap tiga jenis campuran dengan penggunaan bahan agregat halus yang berbeda, yakni pasir hasil dari mesin pemecah batu, pasir sungai, dan pasir Pantai memperlihatkan bahwa tidak semua campuran aspal panas dari ketiga jenis yang diuji memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) dan AASHTO-T-176. Hasil pengujian terhadap agregat halus, khususnya pasir sungai, menunjukkan adanya tingkat penyerapan air yang melebihi batas maksimum yang diizinkan untuk campuran Laston, yaitu 3,2%, sementara dua jenis pasir lainnya memenuhi batas tersebut. Pengujian terhadap tingkat pelapukan menunjukkan bahwa pasir sungai dan pasir pantai memiliki tingkat pelapukan yang tinggi, masing-masing sekitar 28% dan 17%, yang melebihi batas maksimum yang diizinkan untuk campuran Laston (12%). Ini menunjukkan bahwa kedua jenis agregat ini rentan terhadap pelapukan, sedangkan pasir hasil *stone crusher* memiliki tingkat pelapukan yang masih sesuai dengan spesifikasi. Hasil uji Marshall menunjukkan bahwa campuran aspal panas yang menggunakan pasir hasil *stone crusher* memenuhi spesifikasi SNI untuk campuran Laston, dengan nilai stabilitas yang tinggi sebesar 1039 kg. Sementara itu, kedua jenis campuran lainnya tidak memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh SNI dalam hal stabilitas. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa hanya campuran yang menggunakan agregat halus pasir hasil *stone crusher* yang memenuhi seluruh spesifikasi SNI untuk campuran Laston.

DAFTAR PUSTAKA

- ARABIAH, ARABIAH. Efek Pemakaian Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas (AC-BC) Dengan Pengujian Marshall. Diss. Universitas_Muhammadiyah_Mataram, 2021
- Hasan, A., & Sumiati, S. (2014). Pengaruh Penggunaan Batu Kapur Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Aspal Beton (AC-BC). *PILAR*, 10(2)..
- Aly, S. H., & Takdir, T. (2011). Penggunaan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus Pada Beton Aspal Lapisan Aus. *Jurnal Transportasi*, 11(2).
- Sianturi, Y. M., & Simanjuntak, R. M. (2022). PENGARUH BAHAN PENGISI ABU LIMBAH GIPSUM PADA CAMPURAN BETON ASPAL MODIFIKASI LATEKS MENGGUNAKAN METODE UJI MARSHALL. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil dan Lingkungan-CENTECH*, 3(2), 108-118.

EFEKTIVITAS SALURAN KALIMALANG DALAM MENAGGULANGI BANJIR

Desma Sari¹, Setiyadi²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: desmasari@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: setyadi@uk.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

This study evaluates the performance of the canal system in overcoming floods caused by high rainfall. Using hydrological analysis models and hydraulic analysis, we measure the capacity and effectiveness of existing canals in diverting excess rainwater. This research discusses the effectiveness of channel systems in mitigating floods due to high rainwater discharge. Through analysis of weather data and existing canal infrastructure, we identify factors that affect canal capacity and ability to cope with flooding. This research was conducted to determine the effectiveness of the Kalimalang channel in dealing with flood disasters. The comparison made in this research was between the Kalimalang channel's capacity and the area's rainwater discharge. The results showed that the Kalimalang Canal could accommodate rainwater discharge because the capacity of the Kalimalang Canal was more significant than the rainwater discharge.

Keywords: Flood; effectiveness; Kalimalang Channel Capacity; Rain Debt

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi kinerja sistem saluran dalam mengatasi banjir yang disebabkan oleh curah hujan tinggi. Dengan menggunakan model analisis hidrologi dan analisis hidrolika, kami mengukur kapasitas serta efektivitas saluran yang ada dalam mengalirkan air hujan berlebihan. Penelitian ini membahas efektivitas sistem saluran dalam mitigasi banjir akibat tingginya debit air hujan. Melalui analisis data cuaca serta infrastruktur saluran yang ada, kami mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kapasitas saluran dan kemampuannya dalam menanggulangi banjir. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektifitas dari saluran Kalimalang dalam menanggulangi bencana banjir. Perbandingan yang dilakukan pada penelitian ini ialah antara kapasitas saluran Kalimalang dengan debit air hujan di daerah tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa saluran Kalimalang tersebut, mampu menampung debit air hujan dikarenakan kapasitas saluran Kalimalang lebih besar dari debit air hujan.

Kata kunci: Banjir; Efektifitas; Kapasitas Saluran Kalimalang; Debit Hujan

1. PENDAHULUAN

Salah satu bencana alam yang familiar di telinga masyarakat ialah banjir. Banjir terjadi di berbagai wilayah di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Penyebab umum banjir antara lain tingginya curah hujan, pasang air laut yang tinggi, dan kurang memadainya sistem drainase yang seringkali menimbulkan masalah. Salah satu faktor utama yang menyebabkan banjir di banyak kota, termasuk di sekitar Kalimalang, Jakarta Timur, adalah tingginya curah hujan (Gustari et al., 2012).

Sungai Kalimalang adalah sebuah saluran air yang berfungsi sebagai sumber air bersih, membentang dari Bendungan Curug di Jawa Barat hingga bermuara di Sungai Cipinang di Jakarta Timur. Kawasan sekitar sungai Kalimalang memiliki luas sekitar 123,938 hektar. Sungai Kalimalang, yang memiliki panjang sekitar 20 kilometer, dengan kedalaman 2,5 meter dan lebar 24 meter, dirancang sebagai penyuplai air yang dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Sumber awal Sungai Kalimalang adalah

Desma Sari, Setiyadi, Efektivitas Saluran Kalimalang dalam Menanggulangi Banjir

waduk Jatiluhur di Purwakarta. Bagian hulu sungai Kalimalang menghubungkan dengan saluran Induk Irigasi Tarum Barat yang mengalir daerah aliran sungai dan melalui area Curug, Cikarang, Cibitung, Tambun, Kota Bekasi, hingga Jakarta Timur. Sebagai saluran distribusi air bersih, Sungai Kalimalang harus memiliki kapasitas penampungan yang cukup besar. Sungai Kalimalang adalah saluran terbuka yang harus memiliki kemampuan untuk menampung air hujan saat hujan turun. Air hujan yang terkumpul di sini kemudian digunakan sebagai sumber air bersih (Putera et al., 2020).

Saluran Kalimalang, sebagai bagian integral dari sistem drainase Jakarta, memiliki peran utama dalam mengatur aliran berlebihan dari curah hujan di sekitarnya. Namun, dengan pertumbuhan perkotaan yang cepat dan perubahan lingkungan, penting untuk secara teliti mengevaluasi sejauh mana efektivitas saluran Kalimalang dalam menghadapi banjir. Hal ini menghadirkan pertanyaan-pertanyaan fundamental, seperti sejauh mana kemampuan saluran ini dalam mengalirkan air hujan berlebih, apakah kapasitasnya masih sesuai dengan kebutuhan saat ini, dan bagaimana kita dapat meningkatkan kinerjanya. (Darmojo, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki dan menganalisis efektivitas saluran Kalimalang dalam menanggulangi banjir yang disebabkan oleh curah hujan (Diaspuri et al., 2021; Manullang, 2018; Sedyowati L., Wibisono G, Turijan, 2021; Sukiyoto et al., 2022; et al., 2017). Dengan menggabungkan data curah hujan historis, analisis topografi wilayah sekitar, dan evaluasi kondisi saluran saat ini, penelitian ini akan mencoba memberikan gambaran yang lebih jelas tentang peran saluran Kalimalang dalam mengurangi risiko banjir dan memberikan rekomendasi untuk perbaikan yang mungkin diperlukan. Selain itu, penelitian ini juga akan membahas pentingnya manajemen air yang berkelanjutan dan perencanaan perkotaan yang bijaksana dalam menghadapi tantangan banjir di masa depan. Upaya kolaboratif antara pemerintah, ahli teknik, dan masyarakat setempat akan menjadi kunci dalam meningkatkan efektivitas sistem saluran ini dan mengurangi dampak buruk banjir di wilayah Kalimalang.

Perlu diperhitungkan juga curah hujan dengan tingkat aliran tertentu, agar air hujan yang jatuh ke dalam saluran tidak melebihi kapasitas Saluran Kalimalang. Curah hujan yang meningkat akibat perubahan iklim sering kali menjadi penyebab terjadinya banjir atau genangan. Oleh karena itu, selain berfungsi sebagai saluran penyedia air bersih, Saluran Kalimalang juga dirancang untuk menampung aliran air hujan agar tidak terjadi peluapan yang dapat menyebabkan bencana banjir. Dalam pengembangan lebih lanjut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam menjaga kesejahteraan dan keselamatan penduduk Jakarta Timur, serta merancang solusi berkelanjutan untuk mengatasi banjir yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di salah satu wilayah yang dilalui oleh Sungai Kalimalang, dengan tujuan membandingkan kapasitas Saluran Kalimalang dengan curah hujan di daerah Kota Bintang. Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif, bertujuan untuk memberikan gambaran yang sistematis, teliti, rinci, dan mendalam terhadap fenomena yang terjadi di Kawasan Sungai Kalimalang, Kota Bekasi, Jawa Barat. Pemilihan lokasi penelitian ini dilakukan agar objek penelitian dapat lebih jelas teridentifikasi. Lokasi penelitian ini berada di Kawasan Sungai Kalimalang, Kota Bekasi.

Tahapan penelitian ini melibatkan proses awal berupa tinjauan literatur, yang kemudian diikuti oleh analisis hidrologi dan hidrolika. Tinjauan literatur dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai konsep

dan teori yang relevan terkait dengan kemampuan saluran dalam mengatasi banjir. Tinjauan literatur yang akan dilakukan ialah dengan cara mengumpulkan informasi melalui jurnal-jurnal atau karya ilmiah mengenai saluran Kalimalang serta debit air hujan di wilayah tersebut. Sedangkan Analisis hidrologi adalah untuk menghitung debit air hujan, sedangkan analisis hidrolika untuk menghitung kapasitas dari saluran Kalimalang ini. Dengan informasi tersebut, bisa dibuktikan apakah saluran Kalimalang tersebut mampu untuk menampung curah hujan yang kemungkinan akan mengakibatkan banjir. Penelitian ini akan mencakup teori, rumus dan perhitungan dari perbandingan antara kapasitas saluran Kalimalang dengan debit air hujan di daerah Kalimalang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Kali Malang

Saluran Kalimalang adalah salah satu bagian penting dari sistem drainase di Jakarta, Indonesia. Pembangunan Saluran Kalimalang berhubungan erat dengan upaya pemerintah untuk mengendalikan banjir dan mengelola aliran air hujan di wilayah ibu kota Indonesia. Pembangunan Saluran Kalimalang dimulai sebagai respons terhadap masalah banjir yang telah lama mengganggu Jakarta. Jakarta memiliki kondisi topografi dataran rendah yang rentan terhadap banjir karena aliran sungai yang melintasi kota dan curah hujan yang tinggi. Saluran Kalimalang pertama kali dibangun pada tahun 1914 sebagai bagian dari upaya untuk mengalirkan air hujan dari wilayah timur Jakarta menuju Laut Jawa. Saluran ini menjadi semakin penting seiring dengan pertumbuhan kota Jakarta. Pada era Orde Baru proyek-proyek besar infrastruktur seperti pengembangan dan perluasan Saluran Kalimalang menjadi fokus utama. Proyek ini melibatkan perluasan kapasitas dan pengoptimalan saluran untuk mengatasi banjir (Manullang, 2018).

3.2 Analisis Hidrologi dan Analisis Hidrolika

Analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan besarnya aliran air hujan yang menjadi penyebab genangan di lokasi penelitian. Proses analisis data hujan ini melibatkan pembuatan kurva Intensity Duration Curve (IDF) di Daerah Aliran Sungai (DAS) Bekasi, yang mengambil data curah hujan yang paling representatif dan terdekat dengan daerah studi. Data tersebut diperoleh dari Stasiun Halim Perdanakusumah selama periode tahun 1996 hingga 2009 (Gustari et al., 2012).

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	Curah Hujan Maksimum
1	1996	99
2	1997	165
3	1998	108
4	1999	120
5	2000	115
6	2001	97
7	2002	108
8	2003	99
9	2004	123
10	2005	157
11	2006	94
12	2007	259
13	2008	136
14	2009	140

Desma Sari, Setiyadi, Efektivitas Saluran Kalimalang dalam Menanggulangi Banjir

Sumber: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Dinas PSDA Propinsi Jawa Barat

Intensitas hujan mengacu pada tingkat atau volume air hujan dalam suatu periode waktu tertentu. Karakteristik umum dari hujan adalah semakin singkat durasi hujan, intensitasnya cenderung meningkat, dan semakin panjang periode ulangnya, intensitasnya juga meningkat. Penentuan intensitas hujan dapat dilakukan melalui analisis data hujan baik secara statistik maupun berdasarkan pengamatan empiris (Febriani et al., 2019). Biasanya, intensitas hujan dikaitkan dengan durasi hujan dalam interval waktu tertentu seperti 5 menit, 30 menit, 60 menit, dan jam. Data curah hujan jangka pendek seperti ini biasanya diperoleh melalui penggunaan perangkat pencatat hujan otomatis. Jika data hujan jangka pendek tidak tersedia, dan hanya terdapat data harian, intensitas hujan dapat dihitung menggunakan rumus Mononobe.

Rumus Mononobe tersebut, yaitu

$$I = R_{24}/24(24/t)^m \tag{1}$$

digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan (dalam satuan mm/jam). Variabel dalam rumus tersebut adalah sebagai berikut:

I adalah intensitas curah hujan (dalam satuan mm/jam).

t adalah durasi curah hujan (dalam satuan menit atau jam).

m adalah konstanta.

R₂₄ adalah curah hujan maksimum dalam 24 jam (dalam satuan mm).

Rumus ini digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan berdasarkan durasi curah hujan dan curah hujan maksimum dalam 24 jam.

Dalam proses perubahan hujan menjadi aliran, terdapat beberapa karakteristik hujan yang sangat relevan. Ini meliputi intensitas hujan (I), durasi hujan (t), kedalaman hujan (d), frekuensi (f), dan luas daerah yang terpengaruh oleh hujan (A). Semua parameter ini mengacu pada standar yang berlaku, seperti yang dijelaskan dalam SNI 2415 tahun 2016. Sifat-sifat hujan ini dapat dianalisis baik dalam bentuk hujan titik maupun hujan rata-rata yang mencakup area tangkapan air dari yang kecil hingga yang besar. Analisis penting dalam kaitannya dengan dua parameter hujan, yaitu intensitas dan durasi, dapat dihubungkan secara statistik dengan frekuensi kejadian hujan.

Intensitas curah hujan dihitung dengan menggunakan metode Mononobe. Hasil perhitungan intensitas curah hujan kemudian disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Curah Hujan Harian Maksimum

Durasi Hujan (menit)	Intensitas Hujan untuk Periode Ulang						
	2	5	10	20	25	50	100
10	138.54	194.70	245.27	292.13	153.34	178.04	202.56
15	105.73	148.59	187.18	222.93	117.02	135.87	154.59
20	87.28	122.65	154.51	184.03	96.60	112.16	127.61
30	66.60	93.60	117.91	140.44	73.72	85.59	97.38
40	54.98	77.27	97.34	115.93	60.85	70.66	80.39
50	47.38	66.59	83.88	99.91	52.44	60.89	69.28
60	41.96	58.97	74.28	88.47	46.44	53.92	61.35
70	37.86	53.21	67.03	79.83	41.90	48.65	55.36
80	34.64	48.68	61.32	73.03	38.33	44.51	50.64

90	32.02	45.00	56.69	67.52	35.44	41.15	46.82
100	29.85	41.95	52.84	62.94	33.04	38.36	43.64
110	28.01	39.36	49.59	59.06	31.00	36.00	40.95
120	26.43	37.15	46.79	55.73	29.25	33.97	38.65
130	25.06	35.22	44.36	52.84	27.73	32.20	36.64
140	23.85	33.52	42.22	50.29	26.40	30.65	34.87
150	22.78	32.01	40.33	48.03	25.21	29.27	33.30
160	21.82	30.66	38.63	46.01	24.15	28.04	31.90
170	20.95	29.45	37.10	44.18	23.19	26.93	30.64
180	20.17	28.35	35.71	42.53	22.33	25.92	29.49
190	19.46	27.34	34.45	41.03	21.54	25.00	28.45
200	18.80	26.43	33.29	39.65	20.81	24.16	27.49
210	18.20	25.58	32.22	38.38	20.15	23.39	26.61
220	17.65	24.80	31.24	37.21	19.53	22.68	25.80
230	17.13	24.07	30.33	36.12	18.96	22.01	25.05
240	16.65	23.40	29.48	35.11	18.43	21.40	24.35
250	16.20	22.77	28.69	34.17	17.93	20.82	23.69
260	15.79	22.18	27.95	33.29	17.47	20.29	23.08
270	15.39	21.63	27.25	32.46	17.04	19.78	22.51
280	15.02	21.12	26.60	31.68	16.63	19.31	21.97
290	14.68	20.63	25.98	30.95	16.24	18.86	21.46
300	14.35	20.17	25.40	30.26	15.88	18.44	20.98
310	14.04	19.73	24.85	29.60	15.54	18.04	20.53
320	13.75	19.32	24.33	28.98	15.21	17.66	20.10
330	13.47	18.92	23.84	28.39	14.90	17.31	19.69
340	13.20	18.55	23.37	27.83	14.61	16.96	19.30
350	12.95	18.20	22.92	27.30	14.33	16.64	18.93
360	12.71	17.86	22.50	26.79	14.06	16.33	18.58

Sumber: Badan Statistik Provinsi Jawa Barat

Metode Rasional merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk mengestimasi kapasitas saluran terbuka. Metode ini mengasumsikan bahwa laju aliran air dalam saluran dipengaruhi oleh curah hujan yang terjadi di atas area saluran selama periode waktu tertentu. Formula umum yang digunakan dalam metode Rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = C.I.A \quad (2)$$

dimana:

Q adalah debit air yang mengalir dalam saluran (dalam satuan m³/s).

C adalah koefisien debit, yang mencerminkan sifat aliran air permukaan dan jenis saluran yang digunakan.

I adalah intensitas curah hujan (dalam satuan mm/jam).

A adalah luas wilayah yang menerima curah hujan (dalam satuan m²).

Tabel 3. Tipikal Harga Koefisien Kekasaran Manning *n*

Tipe saluran dan jenis bahan	Harga <i>n</i>		
	Minimum	Normal	Maksimum
Beton			
• Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
• Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0,011	0,013	0,014
• Beton dipoles			
• Saluran pembuang dengan bak kontrol	0,011 0,013	0,012 0,015	0,014 0,017

Desma Sari, Setiyadi, Efektivitas Saluran Kalimalang dalam Menanggulangi Banjir

Tanah, lurus dan seragam			
• Bersih baru	0,016	0,018	0,020
• Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
• Berkerikil	0,022	0,025	0,030
• Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
Saluran alam			
• Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
• Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
• Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,08
• Dataran banjir berumput pendek-tinggi	0,025	0,030	0,035
• Saluran di belukar	0,035	0,050	0,07

Sumber: (Wellang et al., 2019)

Untuk luasan daerah yang dipakai ialah 1 m dari panjang Sungai Kalimalang. Jadi, Debit Curah Hujan untuk 2 Tahun, 5 Tahun dan 10 Tahun adalah dapat dilihat pada Tabel 4. Debit hujan yang di dapat relatif kecil dikarenakan data hujan yang dipakai ialah daerah bagian Saluran Kalimalang yang terletak dekat dengan Stasiun Halim. Di mana curah hujan tidak terlalu tinggi pada daerah tersebut.

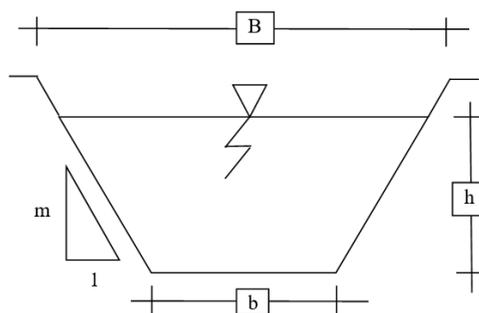
Tabel 4. Debit Curah Hujan untuk 2, 5 dan 10 Tahun

Periode	C	I (mm/jam)	A (mm ²)	Q (m ³ /detik)
2 tahun	0,7	41,96	24×106	0,00019
5 tahun	0,7	58,97	24×106	0,00027
10 tahun	0,7	74,28	24×106	0,00035

Selanjutnya, analisis hidrolika dilakukan untuk mengevaluasi kapasitas dari saluran drainase yang telah dibangun oleh pemerintah sebagai bagian dari investasi pengendalian banjir di lokasi penelitian. Perhitungan kapasitas saluran dilakukan dengan menggunakan rumus Manning dan data teknis yang sesuai dengan spesifikasi saluran tersebut. Penurunan dalam debit air yang terbuang akibat adanya pembangunan saluran drainase merupakan hasil dari pengurangan antara debit air yang terbuang dan kapasitas saluran, dan ini juga disebut sebagai debit yang tidak dapat dikendalikan. Kedalaman dari genangan kemudian diestimasi dengan menghitung rasio volume genangan dan luas genangan, dimana volume genangan dihitung dengan mengalikan debit air yang terbuang dengan durasi curah hujan.

Saluran yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat mengakomodasi debit maksimum untuk luas penampang basah yang diberikan, dengan mempertahankan tingkat kekasaran dan kemiringan dasar tertentu. Hal ini sesuai dengan persamaan kontinuitas, yang menunjukkan bahwa untuk luas penampang melintang yang tetap, debit maksimum dapat dicapai ketika kecepatan aliran maksimum terjadi (Setiyadi, 2020; Sukiyoto et al., 2022).

Pengukuran terhadap berbagai dimensi saluran, seperti lebar dasar saluran (b), lebar atas saluran (B), kemiringan sisi saluran (m), tinggi permukaan basah saluran (h), dan kemiringan dasar saluran (S) dilakukan. Dengan mengetahui lebar dasar saluran dan tinggi permukaan basah saluran, maka dapat menghitung luas penampang basah saluran (A), keliling penampang basah saluran (P), dan juga jari-jari hidrolis (R).



Gambar 1. Ilustrasi Dimensi Saluran

Keterangan:

- Lebar dasar = b (m)
- Lebar puncak = $B = b + 2mh$ (m)
- Kedalaman air = h (m)
- Luas penampang basah = $A = bh + mh^2$ (m^2)
- Keliling basah penampang = $P = b + 2h\sqrt{1+m^2}$ (m)
- Jari-jari hidraulik = $R = A/P$ (m)
- Kedalaman hidraulik = $D = A/B$ (m)

Dengan menggunakan rumus kecepatan empiris Manning maka akan didapatkan Debit Saluran seperti pada Tabel 5.

$$Q = V \cdot A = (1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}) \cdot (A) \quad (3)$$

Dalam rumus ini, variabel-variabelnya adalah sebagai berikut:

- Q adalah debit air dalam (dalam satuan $m^3/detik$).
- A adalah luas penampang aliran dalam (dalam satuan m^2).
- R adalah jari-jari hidraulik (dalam satuan m), yang diperoleh dengan membagi luas penampang aliran dengan keliling basah.
- S adalah kemiringan saluran.
- n adalah koefisien kekasaran Manning (dapat ditemukan dalam Tabel 2).

Tabel 4. Hidrolika Saluran Kali Malang

Parameter	Notasi	satuan	Hasil Perhitungan
Lebar puncak	B	m	24
Kedalaman air	h	m	2,5
kemiringan sisi saluran	m	m	1
Koefisien Kekerasan Manning	n	-	0,027
Kemiringan saluran	S	m	0,005
Lebar dasar	b	m	19
Luas penampang basah	A	m^2	53,75
keliling basah saluran	P	m	26,07
Jari-jari hidraulik	R	m	2,06
Kedalaman hidraulik	D	m	2,24
Debit air dalam saluran	Q	$m^3/detik$	227,9

Desma Sari, Setiyadi, Efektivitas Saluran Kalimalang dalam Menanggulangi Banjir

Terlihat dengan kapasitas debit saluran sebesar 227,9 m³/detik masih lebih besar dari pada debit curah hujan selama 10 Tahun sebesar 0,00035 m³/detik. Dengan demikian Saluran Kalimalang yang memiliki debit aliran 227,9 m³/detik, mampu menampung curah hujan tersebut.

4. KESIMPULAN

Saluran Kalimalang telah terbukti menjadi komponen yang sangat penting dalam sistem drainase di wilayah tersebut. Fungsinya adalah untuk mengalirkan air hujan berlebih dan mengurangi risiko banjir di sekitarnya. Saat terjadi curah hujan yang tinggi dan intensitas hujan yang ekstrem, jumlah air yang mengalir ke Saluran Kalimalang dapat meningkat secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas saluran ini sangat bergantung pada kemampuannya dalam menangani lonjakan aliran yang diakibatkan oleh curah hujan yang tinggi. Dengan membandingkan debit aliran dengan debit curah hujan, Saluran Kalimalang telah terbukti mampu menampung air hujan dengan baik. Ini karena debit hujan relatif kecil dibandingkan dengan kapasitas Saluran Kalimalang.

Namun, penting untuk diingat bahwa efektivitas Saluran Kalimalang dalam mengatasi banjir yang disebabkan oleh curah hujan adalah masalah yang kompleks dan dipengaruhi oleh banyak faktor. Faktor-faktor seperti kondisi cuaca, perawatan saluran, dan manajemen air di wilayah tersebut sangat memengaruhi kinerja saluran ini. Oleh karena itu, perlu adanya pemantauan yang berkelanjutan, pemeliharaan yang baik, dan perencanaan yang bijak untuk menjaga dan meningkatkan efektivitas Saluran Kalimalang dalam menghadapi tantangan banjir yang semakin kompleks di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindyaguna, M., Suharyanto, S., & Tedjakusuma, T. (2017). Model Sedimentasi Pada Sungai Citarum Dan Anak Sungai Tarum Barat Dan Tarum Timur. *Jurnal Tehnik Lingkungan*, 23(2), 43–52. <https://doi.org/10.5614/j.tl.2017.23.2.5>
- Darmojo. (2019). Analisis Penanganan Banjir DAS jatimulya.pdf. *Jurnal Teknis Sipil Arsitektur*, 18, 68–77.
- Diaspuri, R., Setiyadi, & Tambunan, E. (2021). Analisis Banjir Di Jalan Kebon Kelapa Tambun Kecamatan Tambun Selatan Analisis Banjir Kabupaten Bekasi. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Dan Lingkungan -CENTECH, ISSN 2722-0230 (Online)*, 2(2), 90–97.
- Febriani, L. A., Wardhani, E., & Halomoan, N. (2019). Analisa Hidrologi Untuk Penentuan Metode Intensitas Hujan Di Wilayah Aerocity X. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 1(2), 63–70.
- Gustari, I., Hadi, T. W., Hadi, S., & Renggono, F. (2012). Akurasi Prediksi Curah Hujan Harian Operasional di Jabodetabek: Perbandingan dengan Model WRF. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 13(2), 119–130. <https://doi.org/10.31172/jmg.v13i2.126>
- Manullang, K. P. (2018). Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Jalan Raya (Studi Kasus: Lingkungan Jalan Nusantara Raya Perumnas 3 Kota Bekasi). In *Tugas Akhir Sarjana UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA*.
- Putera, R. B. S., Afifuddin, & Widodo, R. P. (2020). Revitalisasi Sumber Daya Air Sungai Kalimalang Sebagai Strategi Pemanfaatan Lahan di Kota Bekasi. *Jurnal Respon Publik, ISSN: 2302-8432*, 14(4), 89–96.
- Sedyowati L., Wibisono G, Turijan, M. N. (2021). Efektifitas Saluran Drainase Dalam Menurunkan Risiko Banjir Dan Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat Di Dataran Banjir. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Fakultas Teknik*, 171–179.
- Setiyadi. (2020). Aspek Hidrolika Pada Beberapa Penyebab Jebolnya Tanggul Situ Gintung Tangerang 30 Maret 2009. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Dan Lingkungan -*

- CENTECH*, ISSN 2722-0230 (Online), 1(2), 110–115.
<https://doi.org/10.33541/cen.v1i2.2107>
- SNI 2415. (2016). Tata cara perhitungan debit banjir rencana. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*.
- Sukiyoto, H., M. E., & S., S. N. (2022). Perhitungan Kapasitas Pengaliran Kali Cipinang Dari Kelurahan Kebon Pala Sampai Dengan Banjir Kanal Timur Dalam Pengendalian Banjir. *Jurnal Komposit*, 6(1).
- Wellang, M., Hasim, M. F., & Simin, I. F. (2019). Analisa Koefisien Kekasaran Manning (n) dan Chezy (C) pada Saluran Terbuka dengan Variasi Debit Aliran dan Kemiringan. *Jurnal Teknik Sipil Macca*, 4(1), 11–21.

[halaman ini sengaja dikosongkan]

ANALISA HUJAN DENGAN ALAT UKUR HUJAN OTOMATIS

Satria Mangelep¹, Setiyadi²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: satriamangelep@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: setyadi@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Rainfall data can be used as a technical reference in planning peak flood discharge. There are several types of devices for measuring rainfall, such as ordinary rain gauges (AUHB), automatic rain gauges (AUHO), and radar monitoring. With a rain gauge in the form of an automatic rain gauge (AUHO), it can provide rain data in hourly, daily, monthly, and yearly periods. In this paper, the data obtained from the automatic rain gauge (AUHO) is hourly rain data in 13 hours from 08.00 to 21.00 WIB. From the analysis results, it was obtained that the maximum rain intensity was 2.7 cm/hour, adequate rain (He) 36 mm, runoff coefficient (C) 0.39, and peak rain discharge (Qp) 58.5 dm³/second.

Keywords: Rainfall; Discharge; Flood; Automatic rain gauge

ABSTRAK

Data curah hujan dapat digunakan sebagai acuan teknis dalam perencanaan debit puncak banjir. Terdapat beberapa macam alat untuk mengukur curah hujan seperti dengan alat ukur hujan biasa (AUHB), alat ukur hujan otomatis (AUHO), dan dengan pantauan radar. Dengan alat pengukur hujan berupa alat ukur hujan otomatis (AUHO), dapat memberikan data hujan dalam periode jam-jaman, harian, bulanan, hingga tahunan. Dalam tulisan ini, data yang didapat dari alat ukur hujan otomatis (AUHO) adalah data hujan jam-jaman dalam periode 13 jam mulai pukul 08.00 hingga pukul 21.00 WIB. Dari hasil analisis didapatkan intensitas hujan maksimum 2,7 cm/jam, hujan efektif (He) 36 mm, koefisien limpasan (C) 0,39, dan debit puncak hujan (Qp) 58,5 dm³/detik.

Kata kunci: Curah hujan; Debit; Banjir; Alat ukur hujan otomatis

1. PENDAHULUAN

Suatu kawasan kota akan rentan terjadi bencana banjir. Pada umumnya, penyebab terjadinya banjir adalah kecepatan resapan aliran air ke dalam tanah yang ditentukan oleh permeabilitas tanah lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan jatuhnya air hujan. Selain itu, dengan adanya perubahan intensitas hujan dan perubahan tutupan lahan dari ruang terbuka hijau menjadi lahan terbangun membuat air terhambat untuk meresap ke dalam tanah. Perubahan tutupan lahan sangat dipengaruhi dengan kondisi sosial ekonomi masyarakat yang mendiami kawasan tersebut. Oleh karena itu kawasan kota dengan perkembangan sosial ekonomi yang cepat juga akan mempercepat perubahan tutupan lahan menjadi infrastruktur. Hal ini diperparah dengan adanya sedimentasi di saluran terbuka yang mengakibatkan pengecilan luas penampang basah sehingga menurunkan kapasitas saluran tersebut. Ketika debit air di saluran tersebut meningkat dan tidak mampu lagi untuk ditampung, maka air akan meluap dan menyebabkan banjir.

Curah hujan pada suatu kawasan dapat digunakan sebagai acuan dalam mencegah terjadinya banjir. Curah hujan biasanya dicatat dalam satuan milimeter atau inchi, dengan curah hujan 1 mm berarti hujan yang menutupi permukaan per meter persegi sebesar 1 mm. Dengan menganalisis curah hujan yang terjadi dalam periode tertentu, dapat diperhitungkan

Satria Mangelep, Setiyadi, Analisa Hujan Dengan Alat Ukur Hujan Otomatis

debit hujan sehingga dapat direncanakan drainase yang sesuai. Dalam hal ini data hujan sangat penting dalam pencegahan bencana banjir. Data curah hujan bisa diperoleh dari alat pengukur hujan maupun dengan radar. Data hujan yang diperlukan adalah tinggi curah hujan rata-rata dengan durasi hujan jam-jaman, harian, bulanan, dan tahunan (Puslitbang Sumber Daya Air, 2014).

Alat pengukur hujan terbagi menjadi dua, yakni Alat Ukur Hujan Biasa (AUHB) dan Alat Ukur Hujan Otomatis (AUHO). Alat ukur hujan biasa atau disebut juga dengan rain gauge merupakan alat yang paling banyak digunakan di Indonesia. Dengan luas corong antara 100 sampai 200 cm², alat ini akan menampilkan data curah hujan harian yang biasanya dilakukan pada pukul 7 pagi selama 24 jam. Data yang ditampilkan merupakan data sehari sebelumnya. Alat ini memiliki kekurangan ketika intensitas hujan besar yang membuat air hujan melimpas dari alat penampungnya, sehingga data yang diperoleh tidak menggambarkan keadaan sebenarnya. Selain itu terdapat juga alat ukur hujan otomatis yang mencatat curah hujan pada kertas pencatat secara otomatis. Data curah hujan yang dihasilkan berupa data ketebalan dalam periode waktu tertentu. Alat ini menghasilkan data curah hujan yang menerus dan mengurangi kesalahan akibat faktor manusia. Cara lainnya untuk memperoleh data curah hujan adalah menggunakan radar. Radar dengan gelombang pendek dapat menangkap adanya hujan dalam daerah pengamatannya. Radar cuaca biasanya dikombinasikan dengan alat ukur hiasa agar mendapatkan hasil yang lebih teliti.

Data curah hujan yang didapat dari hasil pengukuran alat tersebut kemudian diolah sehingga didapat debit banjir rencana. Dari debit banjir tersebut akan direncanakan pembuatan drainase sebagai pencegahan banjir. Tulisan ini akan menganalisa data dari salah satu macam alat ukur, yakni alat ukur hujan otomatis (AUHO). Dengan adanya tulisan ini, diharapkan dapat menjadi acuan dalam mengembangkan pencegahan banjir.

2. METODE PENELITIAN

Penulisan ini didasarkan pada pengukuran hujan dengan menggunakan alat ukur hujan otomatis melalui beberapa tinjauan literatur. Data didapat dari alat pengukur hujan otomatis yang ditempatkan dalam satu kawasan untuk diamati. Dalam kasus ini, data yang digunakan adalah data percontohan. Data curah hujan dari alat ukur tersebut menggunakan data tebal hujan dalam milimeter yang dihitung tiap jam.

Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel yang berisi ketebalan hujan tiap jamnya dan intensitas hujan dalam satuan mm/jam. Selanjutnya akan diolah menjadi data hidrograf untuk menentukan hujan efektif. Setelahnya akan didapat nilai koefisien aliran dan juga debit puncak banjir.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Intensitas hujan tiap jam

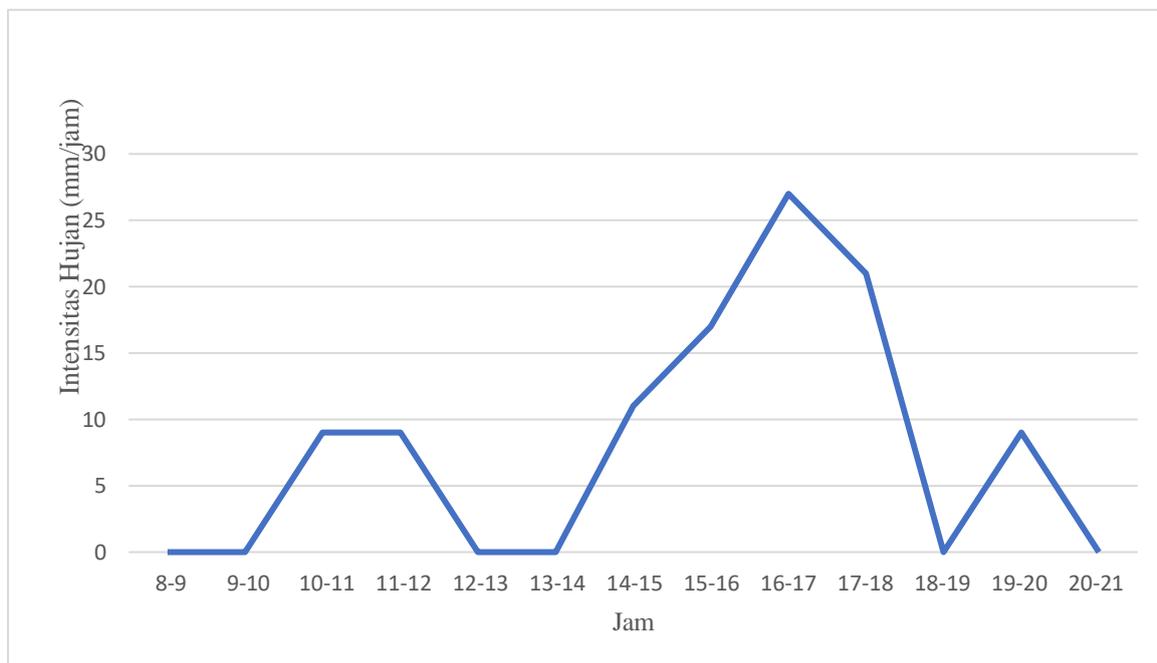
Intensitas hujan didapatkan dengan membagi antara curah hujan tiap jam dalam milimeter dengan durasi t dalam jam. Intensitas hujan maksimum adalah intensitas hujan tertinggi selama pengamatan. Berdasarkan Tabel 1. Intensitas maksimum adalah 27 mm/jam atau 2,7 cm/jam. Tabel 1 menunjukkan intensitas hujan setiap jamnya dalam periode waktu 13 jam.

Tabel 1. Intensitas Hujan

No.	Waktu	Tebal hujan (mm)	Durasi - t (jam)	Intensitas - I (mm/jam)
1	8-9	0	1	0
2	9-10	0	1	0
3	10-11	9	1	9
4	11-12	9	1	9
5	12-13	0	1	0
6	13-14	0	1	0
7	14-15	11	1	11
8	15-16	17	1	17
9	16-17	27	1	27
10	17-18	21	1	21
11	18-19	0	1	0
12	19-20	9	1	9
13	20-21	0	1	0

3.2 Hidrograf hujan

Gambar 1 menunjukkan hidrograf hujan yang terjadi dalam periode waktu pengamatan. Hidrograf hujan menunjukkan hubungan intensitas hujan dengan waktu. Dimana puncak intensitas hujan terjadi pada pukul 16.00 sampai 17.00 WIB.

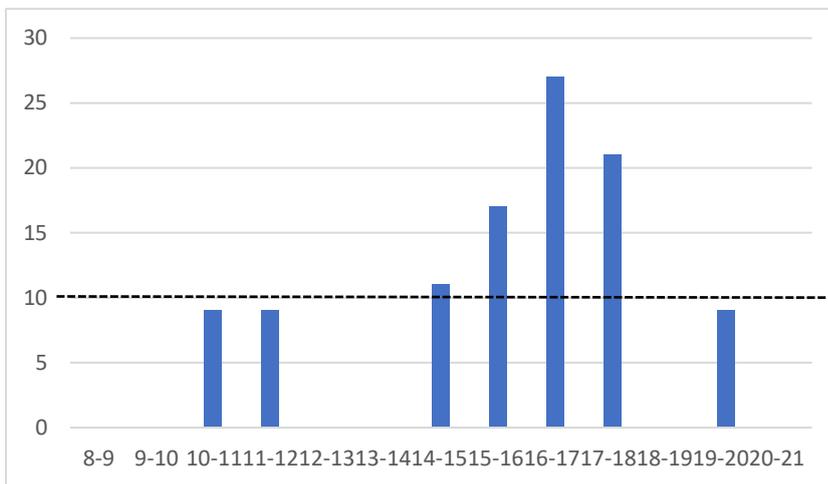


Gambar 1. Hidrograf hujan

3.3 Hujan Efektif (He)

Satria Mangelep, Setiyadi, Analisa Hujan Dengan Alat Ukur Hujan Otomatis

Hujan efektif merupakan tingginya curah hujan yang menjadi aliran permukaan. Hujan efektif dihitung dari tinggi hujan yang lebih dari 10 mm. Hujan efektif ditunjukkan pada Gambar 2 yang melewati garis putus-putus.



Gambar 2. Histogram hujan

Perhitungan hujan efektif dapat diperoleh dengan Persamaan 1.

$$He = \Sigma((tebal\ hujan > 10mm - 10mm) \times Durasi) \tag{1}$$

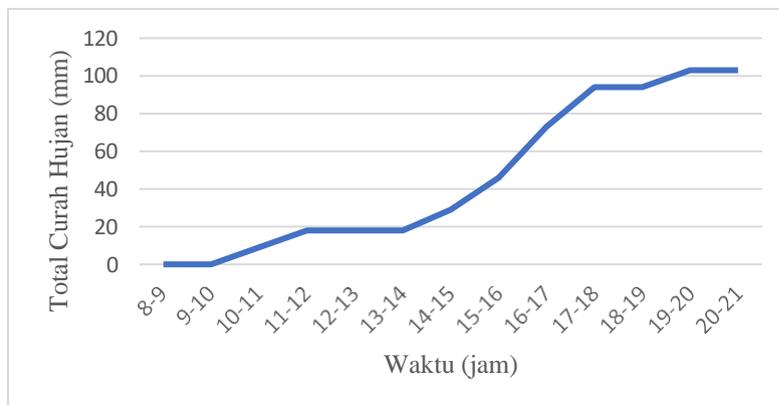
Maka diperoleh nilai He:

$$He = ((11 - 10)mm/jam) \times (1jam) + (17 - 10)mm/jam \times (1jam) + (27 - 10)mm/jam \times (1jam) + (21 - 10)mm/jam \times (1jam)$$

$$He = 36 mm$$

3.4 Masa Hujan

Massa hujan adalah kumulatif curah hujan yang disajikan dalam grafik hubungan waktu dengan total curah hujan. Dengan waktu (jam) dalam absis dan total curah hujan (mm) dalam ordinat. Grafik massa hujan ditampilkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Kurva massa hujan

3.5 Koefisien Aliran (C)

Koefisien aliran merupakan perbandingan antara volume aliran permukaan (hujan efektif) dengan volume hujan. Koefisien aliran dapat dihitung dengan Persamaan 2.

$$C = \frac{He}{H} \quad (2)$$

dengan C = koefisien aliran, He = Hujan efektif (mm), H = tebal hujan total(mm).

Maka, koefisien aliran yang diperoleh adalah:

$$C = \frac{36 \text{ mm}}{103} = 0,39$$

3.6 Catchment Area (A)

Catchment area atau daerah tangkapan air merupakan wilayah daratan yang dibatasi batas-batas topografi yang berfungsi menerima, menyimpan dan mengalirkan curah hujan ke aliran sungai. Dalam hal ini luasan catchment area sebesar 2 hektar.

3.7 Puncak Banjir (Qp)

Debit puncak banjir didapat dengan menghitung melalui Persmaan 3.

$$Qp = C \times Imaks \times A \quad (3)$$

dengan Qp = Debit puncak banjir (m³/detik), C = koefisien limpasan, I maks = Intensitas hujan maksimum (cm/jam), A = Luas catchment area (cm²).

Sehingga didapat debit puncak banjir (Qp) berdasarkan Persamaan 3 adalah:

$$\begin{aligned} Qp &= C \times Imaks \times A \\ Qp &= 0,39 \times 2,7 \text{ cm/jam} \times 2 \times 10^8 \text{ cm}^2 \\ Qp &= 58,5 \text{ dm}^3/\text{detik} = 58,5 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Data hujan yang didapat dari alat ukur hujan otomatis (AUHO) dapat digunakan dalam merencanakan debit puncak banjir. Selanjutnya perencanaan debit puncak banjir tersebut juga dapat digunakan dalam merancang saluran drainase. Data keluaran alat ukur otomatis yang berupa data dengan durasi jam jaman terbukti dapat digunakan sebagai bahan acuan untuk menganalisa curah hujan. Dari data hasil pengamatan selama 13 jam tersebut, diperoleh hasil perhitungan debit puncak banjir sebesar 58,5 liter per detik atau 0,058 meter kubik per detik.

DAFTAR PUSTAKA

Puslitbang Sumber Daya Air (2014). *Penentuan Nilai Koefisien Aliran pada Berbagai Penutup Lahan di berbagai DAS* (DSM/IP. 01 01/01.1/La-HITA/2014). https://simantu.pu.go.id/personal/img-post/adminkms/post/20210301130325_F_037_2014_Penentuan_Nilai_Koefisien_Aliran_pada_Berbagai_Penutup_Lahan.pdf

Satria Mangelep, Setiyadi, Analisa Hujan Dengan Alat Ukur Hujan Otomatis

- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *Tata cara perhitungan debit banjir rencana (SNI 2415:2016)*. <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DaftarList>
- Kairupan, R. C., Mananoma, T., Samurauw, J. S. F. (2018). Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman Wilayah Bolaang Mongondow. *Vol. 15 No. 68 (2017): TEKNO*. <http://ejournal.unsrat.ac.id/>
- Nurdiyanto, I. A., Primawan, A. B. (2018). Monitoring Data Curah Hujan Berbasis Internet of Things (IoT), *Prosiding Seminar Nasional Dinamika Informatika*, Vol 4, No 1 (2020). <http://prosiding.senadi.upy.ac.id/>
- Prabawardhani, D. R., Harsoyo, B., Seto, T. H., Prayoga, B. R. (2016). Karakteristik Temporal dan Spasial Curah Hujan Penyebab Banjir di Wilayah Jakarta dan Sekitarnya, *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol. 17 No. 1 (2016) . <https://doi.org/10.29122/jstmc.v17i1.957>
- Astuti, A. J. D., Yuniastuti, E., Nurwihastuti, D. W., Triastuti, R. (2017). Analisis Koefisien Aliran Permukaan dengan Menggunakan Metode Bransby-Williams Di Sub Daerah Aliran Sungai Babura Provinsi Sumatera Utara, *Jurnal Geografi*, Vol 9, No 2 (2017). <https://doi.org/10.24114/jg.v9i2>
- Mulyono, D. (2016). Analisis Karakteristik Curah Hujan di Wilayah Kabupaten Garut Selatan, *Jurnal Konstruksi*, Vol 12 No 1 (2014). <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.12-1.274>
- Setyawan, A., Puri, A., Harmiyati, H. (2018). Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Saluran Drainase Jalan Arifin Ahmad Pada Ruas Antara Jalan Rambutan Dengan Jalan Paus Ujung Di Kota Pekanbaru, *Jurnal Sainstis*, Vol 18 No 2 (2018). [https://doi.org/10.25299/sainstis.2018.vol18\(2\).3187](https://doi.org/10.25299/sainstis.2018.vol18(2).3187)

ANALISIS MANAJEMEN REKONSTRUKSI PASCA BENCANA BERBASIS TEKNOLOGI

Pinondang Simanjuntak

Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: pinondang.simanjuntak@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Management of Post-disaster Reconstruction Land is a crucial tool for rehabilitating disaster-affected communities. In Indonesia, technology-based construction management has begun to be employed in implementing disaster rehabilitation. The purpose of this study is to examine the role of technology-based construction management in the implementation of post-disaster building rebuilding in Indonesia. Based on research, numerous significant implications for post-disaster building rebuilding management can be found. Using technology-based construction management has a favorable influence since it results in solid coordination of all associated parties, which benefits the efficacy of reconstruction implementation. The digital technology foundation of Building Information Modeling (BIM) and the usage of prefabrication play an essential role in boosting the efficiency and accuracy of rebuilding, which can speed up the process of post-disaster building reconstruction. Integrating BIM and prefabrication will improve the efficiency of producing essential building components. Accelerating reconstruction and supplying disaster-resistant buildings will substantially impact the recovery of disaster-affected communities in Indonesia.

Keywords: building construction, post-disaster recovery, reconstruction management, technology base

ABSTRAK

Tanah Manajemen Rekonstruksi pasca bencana adalah instrumen penting untuk memulihkan keadaan masyarakat yang terdampak bencana. Peran manajemen konstruksi berbasis teknologi telah mulai diterapkan pada pelaksanaan rekonstruksi pada kasus bencana di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran manajemen konstruksi berbasis teknologi pada pelaksanaan rekonstruksi bangunan pasca bencana di Indonesia. Berdasarkan studi literatur dapat diidentifikasi beberapa implikasi penting sebagai kunci manajemen rekonstruksi bangunan pasca bencana. Dengan pemanfaatan manajemen konstruksi berbasis teknologi memiliki dampak positif karena dengan sistem ini akan menghasilkan koordinasi baik semua pihak terkait yang memberi manfaat efektifitas pelaksanaan rekonstruksi. Basis teknologi digital Building Information Modeling (BIM) dan penggunaan prefabrikasi memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi rekonstruksi, yang dapat mempercepat proses rekonstruksi bangunan pasca bencana. Kombinasi BIM dan Prefabrikasi akan membuat produksi komponen bangunan yang dibutuhkan lebih efektif. Dengan percepatan rekonstruksi dan pengadaan bangunan yang tahan bencana akan memberikan manfaat yang signifikan pada pemulihan daerah yang terdampak bencana di Indonesia.

Kata kunci: basis teknologi, konstruksi bangunan, manajemen rekonstruksi, pemulihan pasca bencana

1. PENDAHULUAN

Bencana alam merupakan peristiwa yang dapat mengakibatkan kerusakan besar terhadap infrastruktur dan kehidupan manusia. Setelah kejadian bencana, proses rekonstruksi adalah bagian yang sangat penting untuk membantu pemulihan masyarakat dari dampak yang ditimbulkan agar wilayahnya dapat Kembali normal. Namun, rekonstruksi pasca bencana sering kali menghadapi tantangan yang kompleks dan membutuhkan metode pendekatan antisipasi yang efisien dan inovatif.

Pada era teknologi informasi yang semakin maju, pemanfaatan teknologi menjadi salah satu kunci menentukan pada aplikasi manajemen rekonstruksi pasca bencana. Ada dua teknologi yang memberikan potensi besar dalam proses manajemen konstruksi pasca bencana

yaitu Building Information Modeling (BIM) dan prefabrikasi. BIM adalah pendekatan yang mampu mengintegrasikan perencanaan dan pelaksanaan konstruksi berbasis model informasi yang akurat dan terkini, sedangkan prefabrikasi adalah metode konstruksi yang dapat memproduksi sejumlah besar elemen bangunan di luar lokasi proyek sehingga mempercepat dan memudahkan proses pelaksanaan konstruksi.

Sesuai dengan kajian hasil penelitian terdahulu bahwa manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi dapat memberikan dampak keunggulan menghadapi tantangan pemulihan akibat bencana. Kajian tentang potensi keunggulan pemakaian teknologi ini dapat diuraikan dengan melakukan analisis pada beberapa penelitian dan pustaka yang sudah dilakukan terdahulu.

Secara umum ada lima tahapan proses penting yang dilakukan pada penanganan bencana yaitu: pertama adalah Pemetaan dan Pencatatan Data, (Brian T & Jamal J.A, 2018) tahap ini adalah tahap awal rekonstruksi pasca bencana. Pemetaan dan pencatatan data yang akurat adalah hal yang kritis. Dengan bantuan teknologi seperti pemetaan satelit, drone, dan sistem informasi geografis (GIS), tim pemulihan dapat mengidentifikasi daerah-daerah terdampak dan tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh bencana. Data ini akan membantu mengalokasikan sumber daya dengan lebih efisien dan tepat sasaran.

Kedua adalah Komunikasi dan Koordinasi, (Simon K. H & David J.I.2014). Teknologi memainkan peran penting dalam memfasilitasi komunikasi dan koordinasi antara berbagai tim bantuan, badan pemerintah, dan organisasi non-pemerintah. Aplikasi pesan instan, platform kolaborasi, dan sistem manajemen proyek memungkinkan tim-tim tersebut untuk berbagi informasi secara real-time, berkoordinasi dalam melaksanakan tugas, dan menyampaikan perubahan situasi dengan cepat.

Ketiga adalah Bantuan dan Pelayanan Kemanusiaan, (Patrick M, 2015). Teknologi juga dapat digunakan untuk memberikan bantuan dan pelayanan kemanusiaan kepada korban bencana. Misalnya, dana dan donasi dapat dikelola melalui platform digital yang transparan dan aman. Pemberian bantuan seperti makanan, air bersih, dan perawatan medis dapat diintegrasikan dengan aplikasi untuk melacak distribusi dan memastikan bantuan tersebut sampai ke tangan yang membutuhkan.

Keempat adalah Rekonstruksi Infrastruktur, (Nugroho, A. S., & Widyastuti, R,2018). Manajemen rekonstruksi pasca bencana berbasis teknologi juga dapat diterapkan pada proyek rekonstruksi infrastruktur. Simulasi komputer dan teknologi Building Information Modeling (BIM) memungkinkan perencanaan yang lebih baik dan prediksi dampak dari keputusan rekonstruksi tertentu. Selain itu, penggunaan teknologi terbaru dalam konstruksi seperti teknologi ramah lingkungan dan berkelanjutan dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Kelima adalah Monitoring dan Evaluasi, (H. R. Wadhwa & C. G. Detweiler,2017) Setelah tahap rekonstruksi berlangsung, teknologi juga dapat digunakan untuk memonitor dan mengevaluasi hasilnya. Dengan sensor pintar dan teknologi monitoring lainnya, pihak berwenang dapat mengamati dampak dari rekonstruksi dan memastikan bahwa upaya pemulihan berjalan sesuai rencana. Data yang diperoleh dari proses monitoring dapat digunakan untuk memperbaiki rencana rekonstruksi di masa depan.

Aplikasi manajemen konstruksi berbasis teknologi pada tahapan proses rekonstruksi infrastruktur mengakibatkan adanya efektifitas terhadap penanggulangan bencana. Hal utama

yang menyebabkan adanya efektifitas tersebut adalah karena adanya beberapa keuntungan dan tantangan sebagaimana diuraikan dalam Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Manajemen Konstruksi Berbasis Teknologi

Aspek	Manfaat/Tantangan	Sumber
Keunggulan manfaat Teknologi BIM pada rekonstruksi pasca bencana	Building Information Modeling (BIM) memiliki banyak keunggulan dalam manajemen rekonstruksi pasca bencana. Teknologi BIM memungkinkan koordinasi yang lebih efektif antara para pemangku kepentingan yang terlibat pada penanganan bencana, termasuk badan pemerintah, organisasi kemanusiaan, dan kontraktor, karena informasi yang terintegrasi dan terpusat dalam model BIM. Hal ini dapat mempercepat pengambilan keputusan dan pemulihan infrastruktur secara efisien	(Eastman, C. et al, 2000)
Integrasi BIM dan GIS untuk Penilaian Kerusakan Bangunan	Integrasi BIM dan Sistem Informasi Geografis (GIS) menjadikan teknologi ini dapat memberikan penilaian yang lebih akurat tentang kerusakan bangunan selama pemulihan pasca gempa bumi. Integrasi BIM dan GIS memungkinkan identifikasi kerusakan secara visual dan memfasilitasi perencanaan rekonstruksi yang tepat sasaran	(Liu, X., & Wang, X.2015)
Potensi Prefabrikasi dalam Pemulihan Pasca Bencana	Konsep prefabrikasi memiliki potensi besar dalam pemulihan pasca bencana. Dengan metode prefabrikasi, elemen bangunan dapat diproduksi sebelumnya di pabrik dan dikirim ke lokasi proyek untuk segera dipasang. Hal ini mempercepat proses konstruksi dan mengurangi waktu pemulihan. Selain itu, prefabrikasi dapat meningkatkan kualitas konstruksi karena kondisi kontrol di pabrik yang lebih baik	(Irawan,P.,&Ismail, Z. 2021)
Tantangan Implementasi Teknologi BIM dan Prefabrikasi	Beberapa tantangan dalam implementasi teknologi BIM dan prefabrikasi dalam manajemen rekonstruksi pasca bencana. Beberapa tantangan tersebut meliputi kebutuhan akan sumber daya manusia yang terampil dalam menggunakan teknologi ini, biaya investasi awal dalam infrastruktur dan perangkat lunak BIM, serta regulasi dan standar yang mungkin perlu disesuaikan untuk mendukung penggunaan teknologi ini dalam konteks rekonstruksi pasca bencana.	(Pan,W.& Kain G, 2017)
Relevansi dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan	Kaitan manajemen rekonstruksi pasca bencana dengan pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) menunjukkan bahwa penerapan teknologi BIM dan prefabrikasi dalam rekonstruksi dapat berperan dalam membangun infrastruktur yang lebih tahan bencana dan berkelanjutan.	(Li,Z.et. al, 2018)

Berdasarkan analisis teori pada artikel ini menunjukkan bahwa teknologi BIM dan prefabrikasi memiliki potensi besar dalam manajemen rekonstruksi pasca bencana. Integrasi teknologi yang dimiliki dapat meningkatkan efisiensi, mempercepat pemulihan, dan mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan. Walaupun masih berhadapan dengan tantangan yang perlu diatasi dengan pemahaman yang lebih mendalam tentang kebutuhan dan kemampuan lokal serta upaya kolaboratif dari berbagai pihak yang terlibat dalam pemulihan pasca bencana.

2. METODE PENELITIAN

Pada artikel ini, akan dikaji bagaimana penerapan manajemen rekonstruksi pasca bencana berbasis teknologi BIM dan prefabrikasi dapat menjadi alternatif solusi menghadapi dampak bencana dalam mengoptimalkan upaya pemulihan pasca bencana. Fokus pembahasan adalah bagaimana teknologi BIM digunakan untuk pemetaan dan analisis kerusakan infrastruktur, koordinasi dan kolaborasi tim rekonstruksi, serta pengelolaan sumber daya dengan lebih efisien. Kemudian pembahasan tentang teknologi prefabrikasi dapat mempercepat proses rekonstruksi, meningkatkan kualitas konstruksi, dan memberikan solusi menghadapi bencana masa depan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Teknologi dan Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana

Analisis aplikasi dan pengembangan Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM di Indonesia menunjukkan adanya beberapa hal yang perlu menjadi perhatian dalam pemulihan pasca bencana di Indonesia (Januar P. & Anton S.2021). Beberapa fakta penting yang perlu menjadi perhatian dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Implementasi Teknologi Pasca Bencana

Aspek	Pemanfaatan
Peningkatan Penggunaan Teknologi BIM	Penggunaan teknologi Building Information Modeling (BIM) dalam manajemen rekonstruksi pasca bencana di Indonesia telah meningkat. BIM memungkinkan pemetaan, visualisasi, dan koordinasi yang lebih baik dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek rekonstruksi.
Penerapan Prefabrikasi dalam Pemulihan	Penerapan teknologi prefabrikasi dalam pemulihan pasca bencana di Indonesia juga telah meningkat. Metode prefabrikasi memungkinkan produksi lebih cepat dan lebih efisien, sehingga mempercepat proses rekonstruksi infrastruktur
Proyek Tangguh Bencana	Penggunaan teknologi BIM dan prefabrikasi telah berhasil dalam beberapa proyek tangguh bencana di Indonesia. Proyek-proyek ini menunjukkan bagaimana teknologi ini dapat membantu dalam pembangunan infrastruktur yang lebih tahan terhadap dampak bencana di masa depan
Tantangan Keterbatasan Sumber Daya Manusia	Implementasi teknologi BIM dan prefabrikasi masih dihadapkan pada tantangan kurangnya sumber daya manusia yang terlatih dalam menggunakan teknologi ini. Pelatihan dan pendidikan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan kapasitas tenaga kerja dalam menerapkan teknologi ini

Kesadaran dan Dukungan Pemerintah	Tingkat kesadaran tentang manfaat teknologi BIM dan prefabrikasi dalam pemulihan pasca bencana di Indonesia masih perlu ditingkatkan. Dukungan pemerintah dalam bentuk regulasi dan kebijakan yang mendukung penggunaan teknologi ini juga sangat penting
Integrasi Teknologi dan Kolaborasi	Penggunaan teknologi BIM dan prefabrikasi dalam rekonstruksi pasca bencana memerlukan integrasi yang baik antara berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, lembaga riset, industri konstruksi, dan masyarakat. Kolaborasi yang kuat dibutuhkan untuk mencapai hasil yang optimal
Manfaat dalam Kecepatan dan Kualitas	Implementasi teknologi BIM dan prefabrikasi telah membuktikan manfaatnya dalam meningkatkan kecepatan dan kualitas rekonstruksi pasca bencana. Proses konstruksi yang lebih efisien dan kualitas bangunan yang lebih baik dapat membantu pemulihan yang lebih cepat dan lebih berkelanjutan

Dalam menghadapi bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi memiliki potensi besar untuk meningkatkan ketahanan infrastruktur dan mempercepat pemulihan setelah bencana. Namun, tantangan yang ada, seperti keterbatasan sumber daya manusia dan kesadaran akan manfaat teknologi ini, harus diatasi melalui upaya kolaboratif dari semua pemangku kepentingan yang terlibat. Dengan dukungan dan kesadaran yang tepat, implementasi teknologi ini dapat menjadi solusi yang efektif dalam menghadapi dampak bencana alam di Indonesia.

3.2 Perkembangan Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Menggunakan BIM

Perkembangan Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi di Indonesia telah menunjukkan kemajuan signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Meskipun masih dalam tahap awal, teknologi ini mulai diterapkan dalam beberapa proyek pemulihan pasca bencana di Indonesia. Berikut adalah beberapa contoh implementasi Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi di Indonesia.

Tabel 3. Implementasi Teknologi Pasca Bencana

Jenis Proyek	Tahun	Deskripsi	Sumber
Rekonstruksi Pasca Gempa Bumi di Lombok	2018	Setelah gempa bumi yang mengguncang Lombok pada tahun 2018, beberapa proyek rekonstruksi menggunakan teknologi BIM untuk pemulihan infrastruktur. BIM digunakan untuk pemetaan kerusakan bangunan dan perencanaan desain yang lebih efisien. Dengan BIM, tim proyek dapat berkolaborasi secara lebih baik dan mengoptimalkan alokasi sumber daya dalam rekonstruksi.	(Budi, A., & Adji, D. 2020)

Proyek Rumah Tangguh Bencana dengan Sistem Prefabrikasi di Palu	2018	Setelah gempa bumi dan tsunami di Palu pada tahun 2018, beberapa proyek perumahan tangguh bencana menggunakan teknologi prefabrikasi. Rumah-rumah prefabrikasi diproduksi di pabrik dan dipasang di lokasi proyek dengan cepat. Penggunaan prefabrikasi mengurangi waktu konstruksi dan memungkinkan pemulihan infrastruktur perumahan yang lebih cepat.	(Arifin, Z., & Purnomo, M. H.2019)
Rekonstruksi Jembatan dengan Metode Prefabrikasi di Banten	2019	Beberapa jembatan yang rusak akibat banjir bandang di Banten diperbaiki menggunakan teknologi prefabrikasi. Bagian-bagian jembatan dibuat di pabrik dan dirakit di lokasi proyek. Metode prefabrikasi membantu mengurangi gangguan lalu lintas dan mempercepat pemulihan akses transportasi setelah bencana	(Santoso, R. S., & Hermawan, A.2019)
Penggunaan BIM dalam Rekonstruksi Jembatan di Sulawesi Tengah	2019	Beberapa proyek rekonstruksi jembatan di Sulawesi Tengah setelah gempa bumi dan tsunami pada tahun 2018 mengadopsi teknologi BIM. Dengan BIM, perencana dapat melakukan analisis lebih mendalam terhadap desain jembatan yang tangguh bencana dan memastikan pemulihan infrastruktur yang lebih tahan gempa	(Nugroho, A. S., & Widyastuti, R.2018)
Proyek Green School Berbasis BIM dan Prefabrikasi di Nusa Penida	2021	Proyek Green School di Nusa Penida mengimplementasikan teknologi BIM dan prefabrikasi dalam pembangunan gedung ramah lingkungan. Dengan BIM, kontraktor dapat mengoptimalkan penggunaan material dan energi, sementara prefabrikasi mempercepat proses konstruksi dan <u>mengurangi dampak lingkungan</u>	(Safitri, D. A., & Mawarni, R. D.2021)

Namun, perlu dicatat bahwa implementasi teknologi BIM dan prefabrikasi dalam manajemen rekonstruksi pasca bencana di Indonesia masih menghadapi beberapa tantangan. Beberapa di antaranya adalah kurangnya sumber daya manusia yang terlatih, kurangnya kesadaran akan manfaat teknologi ini, serta kendala regulasi dan kebijakan yang mungkin perlu disesuaikan untuk mendukung penggunaannya. Dalam rangka mengoptimalkan penerapan teknologi ini, kerjasama antara pemerintah, industri konstruksi, dan lembaga riset sangat penting untuk meningkatkan kapasitas dan pengetahuan terkait BIM dan prefabrikasi dalam konteks rekonstruksi pasca bencana di Indonesia.

Untuk mengoptimalkan implementasi teknologi BIM maka perlu dilakukan Langkah-langkah strategis sebagaimana terlihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Langkah-langkah Strategis Implementasi BIM

Jenis Kegiatan	Deskripsi
Peningkatan Pelatihan dan Pendidikan	Peningkatan jumlah sumber daya manusia yang terlatih menggunakan teknologi BIM dan prefabrikasi sangat penting. Diperlukan program pelatihan dan pendidikan yang efektif untuk meningkatkan kapasitas tenaga kerja di industri konstruksi terkait dengan teknologi ini
Kesadaran dan Dukungan Pemerintah	Pemerintah perlu aktif menyosialisasikan manfaat teknologi BIM dan prefabrikasi dalam pemulihan pasca bencana kepada masyarakat, lembaga riset, dan industri konstruksi. Dukungan dalam bentuk regulasi dan kebijakan yang mendukung implementasi teknologi ini juga harus diperkuat
Kolaborasi dan Kemitraan	Implementasi Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi memerlukan kolaborasi yang kuat antara berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, lembaga riset, industri konstruksi, dan masyarakat. Kemitraan yang baik akan memudahkan pertukaran pengetahuan dan pengalaman dalam menghadapi bencana alam
Penelitian dan Pengembangan	Perlu dilakukan penelitian dan pengembangan lebih lanjut terkait penerapan teknologi BIM dan prefabrikasi dalam rekonstruksi pasca bencana di Indonesia. Pengalaman dari proyek-proyek rekonstruksi yang telah dilakukan dapat menjadi acuan untuk perbaikan lebih lanjut
Integrasi dengan Program Pembangunan Berkelanjutan	Integrasi Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi dengan program pembangunan berkelanjutan, seperti Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), dapat meningkatkan efek jangka panjang dari pemulihan pasca bencana

Dengan penerapan Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi yang tepat dan strategis, Indonesia dapat mempercepat proses pemulihan pasca bencana, meningkatkan ketahanan infrastruktur, dan mencapai pembangunan yang berkelanjutan. Kolaborasi dan komitmen dari semua pihak terkait adalah kunci untuk mencapai hasil yang optimal dalam menghadapi dampak bencana alam

4. KESIMPULAN

Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi BIM dan Prefabrikasi merupakan pendekatan yang berpotensi untuk meningkatkan efisiensi dan ketahanan infrastruktur dalam pemulihan pasca bencana di Indonesia. Penggunaan teknologi BIM memungkinkan pemetaan dan koordinasi yang lebih baik dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek rekonstruksi. Sementara itu, teknologi prefabrikasi mempercepat proses konstruksi dan meningkatkan kualitas bangunan. Implementasi teknologi ini dihadapkan pada beberapa tantangan, seperti kurangnya sumber daya manusia yang terlatih, rendahnya kesadaran akan manfaat teknologi ini, dan perluasan regulasi yang mendukung.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z., & Purnomo, M. H. (2019). Penggunaan Teknologi Prefabrikasi dalam Rekonstruksi Rumah Tangguh Bencana di Palu. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 7(1), 20-29.
- Brian Tomaszewski dan Jamal Jokar Arsanjani (2018). *Geographic Information Systems (GIS) for Disaster Management*
- Budi, A., & Adji, D. (2020). Penggunaan Building Information Modeling (BIM) dalam Rekonstruksi Pasca Bencana Gempa Bumi di Lombok. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 45-56.
- Chai, C., Liu, X., & Feng, Y. (2019). Integration of BIM and prefabrication in the construction industry: A review and future directions. *Automation in Construction*, 101, 96-109
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2000). *Building Information Modeling (BIM): A Revolutionary Paradigm in Construction Industry*. *Automation in Construction*, 9(1), 9-15.
- H. R. Wadhwa dan C. G. Detweiler (2017) *CT for Disaster Management*
- Han, K., Zhang, X., & Zhu, J. (2020). A review of disaster management based on BIM and big data. *Disaster Advances*, 13(3), 51-57
- Irawan, P., & Ismail, Z. (2021). Implementasi Teknologi BIM dalam Proses Rekonstruksi Pasca Bencana Gempa Bumi di Indonesia. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 10(2), 85-98.
- Januar Pantiga. & Anton Soekiman.(2021) *Kajian Implementasi Building Information Modeling (BIM) di dunia Konstruksi Indonesia*
- Li, H., Xue, X., & Zhang, L. (2020). Research on prefabricated house structure of earthquake-stricken areas based on multi-objective optimization. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 572(2), 022001.
- Liu, X., & Wang, X. (2015). Integration of BIM and GIS for Building Damage Assessment and Visualization during Post-Earthquake Recovery. *Natural Hazards*, 79(3), 2105-2123.
- Li, Z., Zhu, X., & Azhar, S. (2018). Building Information Modeling (BIM) application framework: An empirical evaluation of systemic effects on sustainable construction waste management. *Automation in Construction*, 91, 238-250.
- Nugroho, A. S., & Widyastuti, R. (2018). Aplikasi Building Information Modeling (BIM) dalam Proses Rekonstruksi Jembatan Pasca Bencana di Sulawesi Tengah. *Jurnal Teknik Konstruksi*, 7(2), 67-76.
- Pan, W., & Kain, G. (2017). Prefabrication in Construction: A Review of Its Applications and Challenges. *Journal of Architectural Engineering*, 23(1), 2-8.
- Patrick Meier, (2015). *Digital Humanitarians: How Big Data Is Changing the Face of Humanitarian Response*.
- Safitri, D. A., & Mawarni, R. D. (2021). Penerapan Teknologi BIM dan Prefabrikasi pada Proyek Green School di Nusa Penida. *Jurnal Lingkungan Binaan*, 8(2), 78-88.

- Santoso, R. S., & Hermawan, A. (2019). Penerapan Prefabrikasi pada Proyek Rekonstruksi Jembatan di Banten: Studi Kasus Banjir Bandang. *Jurnal Infrastruktur Teknik Sipil*, 5(1), 50-61.
- Simon K. Haslett dan David J. Ingle Smith (2014) *Information and Communication Technologies in Disaster Risk Reduction and Management*.
- United Nations Development Programme (UNDP). (2018). *Building Back Better: The Role of Post-Disaster Reconstruction in Achieving Sustainable Development Goals*.
- Wang, S., Geng, J., & Zhang, Y. (2017). Evaluation of sustainable development of post-disaster reconstruction with recycled concrete based on the entropy method. *Sustainability*, 9(10), 1854.
- Wilkinson, S., & Peters, R. (2010). Post-Disaster Reconstruction as a Catalyst for Change: A Case Study of Aceh, Indonesia. *World Development*, 38(12), 1712-1716.
- Zhang, H., Wang, X., & Hong, J. (2019). A BIM-based integrated framework for emergency management in post-disaster reconstruction. *Natural Hazards*, 99(1), 113-137.

[halaman ini sengaja dikosongkan]

DAMPAK BENCANA ALAM TERHADAP INFRASTRUKTUR TRANSPORTASI (STUDI KASUS: WILAYAH KOTA MEDAN)

Efendy Tambunan

Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: efendy.tambunan@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Natural disasters are increasingly occurring in Indonesia, including earthquakes, floods, landslides, sea waves, high tides, and poor air quality. One of the impacts of natural disasters is damage to transportation infrastructure and building structures in the Medan City area. In this research, a study was carried out on the impact of natural disasters on the transportation sector in coastal areas by conducting a study of coastal vulnerability by observing tides and coastal aberrations due to high waves in certain seasons at Cermin Beach and Belawan Harbor and land subsidence in Medan City. The method used to measure sea level rise uses Satellite Altimetry, SRTM, tide gauge, and sea level data using level measurements and land subsidence using GPS observations. The research results show that tidal waves and coastal aberration impact settlements and the railway network near Belawan Harbor. Likewise, there is an average land subsidence in the Medan City area of around 1.9 cm per year (land subsidence), resulting in flooding on roads, damage to building structures, and inundation of residential areas.

Keywords: Natural disasters, transportation infrastructure, sea tide, land subsidence, Cermin beach

ABSTRAK

Bencana alam semakin intens terjadi di Indonesia yang merupakan serangkaian peristiwa gempa bumi, banjir, longsor, gelombang laut dan pasang naik, buruknya kualitas udara. Salah satu dampak bencana alam adalah rusaknya infrastruktur transportasi dan struktur bangunan di wilayah Kota Medan. Dalam penelitian ini, dilakukan studi dampak bencana alam terhadap sektor transportasi di wilayah pesisir pantai dengan melakukan studi kerentanan pantai melalui pengamatan pasang surut dan aberasi pantai akibat gelombang tinggi pada musim tertentu di Pantai Cermin dan Pelabuhan Belawan dan penurunan tanah Kota Medan. Metoda yang digunakan untuk mengukur naiknya permukaan laut dengan menggunakan Satelit Altimetri, SRTM, tide gauge, dan data tinggi muka air laut dengan pengukuran waterpas dan penurunan tanah melalui pengamatan GPS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gelombang pasang dan aberasi pantai berdampak hingga ke permukiman dan jaringan rel kereta api dekat Pelabuhan Belawan. Demikian juga terjadi penurunan tanah rata-rata di wilayah Kota Medan sekitar 1,9 cm per tahun (*land subsidence*) yang mengakibatkan banjir di jalan raya, kerusakan struktur bangunan, dan permukiman tergenang.

Kata kunci: bencana alam, infrastruktur transportasi, pasang surut, penurunan tanah, Pantai Cermin

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu wilayah yang rawan atau sering dilanda bencana alam yang diakibatkan oleh serangkaian peristiwa dari gempa bumi, perubahan cuaca ekstrim, longsor, banjir, aberasi pantai karena pasang naik dan hempasan gelombang laut, dan penurunan tanah (*land subsidence*).

Demikian juga kenaikan permukaan air laut kini menjadi isu strategis global. Menurut Panel antar pemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC) pada tahun 2001 (Houghton et al., 2001) kemungkinan besar pemanasan akan memberikan kontribusi signifikan terhadap kenaikan permukaan laut di masa depan. Namun, kenaikan permukaan laut tidak seragam

secara global (Nicholls et al., 1999). Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari hampir 17.000 pulau dengan total panjang garis pantai melebihi 81.000 km. Perairan Indonesia memiliki variasi pasang surut dan kenaikan permukaan laut (*sea level rise*) yang besar. Meningkatnya *sea level rise* (SLR) merupakan salah satu dampak pemanasan global dan akan menyebabkan terjadinya genangan di banyak pulau-pulau kecil dan pesisir pantai di Indonesia. Permukaan laut di Indonesia telah meningkat sebesar 3-10 mm per tahun (Förster et al., 2011; Saidy & Azis, 2009; Strassburg et al., 2015). Dampak kenaikan permukaan air laut akibat pemanasan global juga merusak infrastruktur transportasi seperti jalan raya, jaringan rel kereta api, Pelabuhan dan bandara dekat Pantai.

Oleh karena itu, pemantauan kenaikan muka air laut dan analisa dampaknya terhadap wilayah pesisir sangat penting dilakukan. Meningkatkan perkiraan perubahan permukaan laut di masa depan diidentifikasi sebagai penelitian penting, yang dapat membantu memberikan informasi mengenai pilihan adaptasi dan respons bagi masyarakat yang bermukim di pesisir pantai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tren anomali tinggi muka laut rata-rata di perairan ECNS selama periode 23 tahun pengamatan satelit altimetri dan dampaknya terhadap infrastruktur transportasi dan permukiman.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Sumber Data

Penelitian dilakukan di ECNS (03°39'00"S - 98°38'00"BT hingga 03°53'00"S - 98°58'00" BT). Penelitian ini menggunakan data multi sumber seperti satelit altimetri, SRTM, tide gauge, dan data tinggi muka air. Tren permukaan laut rata-rata regional dianalisis dari data satelit altimetri selama periode 1993-2016 (<http://sealevel.colorado.edu/>). Data model elevasi digital (DEM) digunakan untuk memprediksi wilayah yang akan tergenang akibat kenaikan permukaan air laut. Kami menggunakan Misi Topografi Radar Antar-Jemput NASA (SRTM) 30 m (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Beberapa langkah dalam pengolahan data DEM telah dilakukan seperti pembacaan data, cropping data, ekstraksi data, integrasi. Dampak peningkatan permukaan laut rata-rata, variasi pasang surut, hempasan gelombang besar, perubahan iklim (hidro-oseanograf) dapat mengubah bentuk garis Pantai Cermin.

Selain mengukur tren permukaan laut rata-rata regional, penelitian tambahan tanggal 11-12 September tahun 2023 juga dilakukan untuk menentukan tingkat penurunan tanah (*land subsidence*) di wilayah Kota Medan dengan pengamatan utuh GPS menggunakan CORS di Kota Medan. Hasil pengamatan dengan GPS tersebut dibandingkan dengan pengamatan GPS tahun 2010 (Nugroho, 2010).

Hasil pengumpulan data sebanyak 100 titik benchmark (BM) diperoleh dari Dinas Tata Ruang dan Tata Bangunan, Pemerintah Kota Medan. Data ini diidentifikasi keberadaan dan kondisi fisiknya serta posisinya. Dari hasil identifikasi lapangan, terdapat sejumlah patok yang sudah rusak. Pengamatan GPS untuk penurunan tanah hanya berlangsung selama 2 hari dan hanya 7 titik yang dipakai sebagai BM untuk pengamatan GPS.

2.2. Analisis Data

Data pasang surut per jam selama periode 6 September 2016 hingga 6 Oktober 2016 dianalisis untuk menghitung tinggi muka air laut rata-rata (MSL), Ketinggian Air Terendah (LWL), Rata-rata Mata Air Rendah (MWLS), Neap Air Tinggi Rata-Rata (MHWN), Rata-rata Air Tinggi Neap (MHWN), dan Mean High Water Spring (MHWS). Jenis pasang surut dihitung menggunakan Nomor Formzahl seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut:

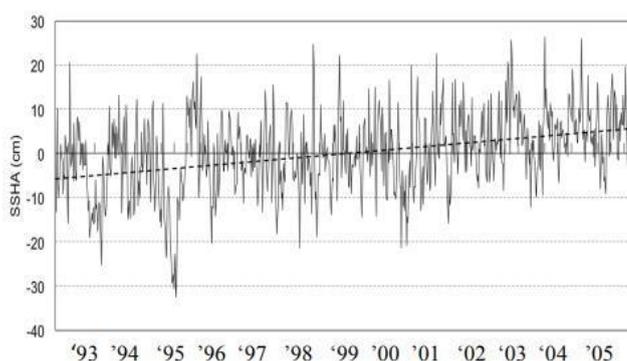
$$F = \frac{(O1 + K1)}{(M2 + S2)} \quad (1)$$

dimana, M2 adalah Bulan utama, K1 adalah Luni-solar diurnal, S2 Matahari utama, O1 adalah Harian bulan utama. Wilayah pesisir yang berpotensi terkena dampak skenario kenaikan muka air laut sebesar 1 dan 2 m adalah dihitung menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (GIS).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

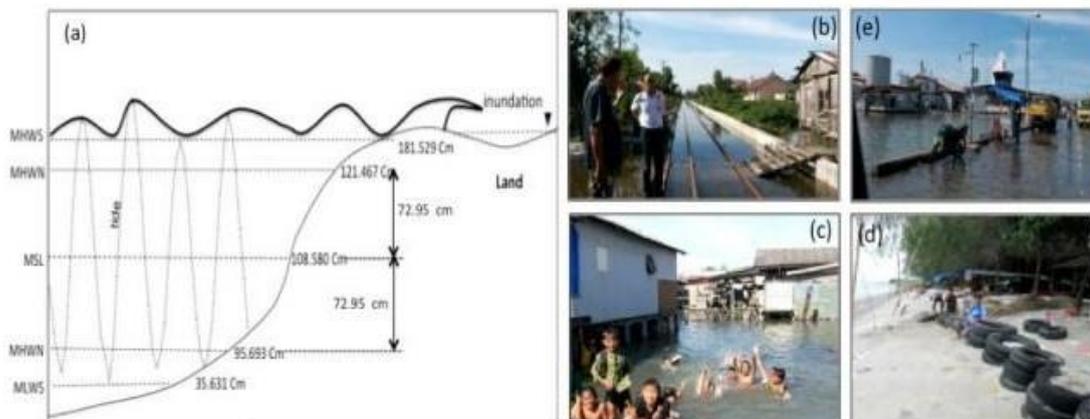
Tren rata-rata tinggi muka air laut selama periode 1993-2016 diperkirakan dari altimetri satelit adalah 5,0 mm/tahun di ECNS (Gbr. 1). Tren ini lebih tinggi dibandingkan tren permukaan laut rata-rata global sebesar 3,4 mm/tahun (Nerem et al., 2010). Wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara menunjukkan tren permukaan laut yang sangat bervariasi selama periode 1993-2016. Peningkatan nilai tren ini di wilayah laut Asia Tenggara bagian tenggara meliputi Perairan Indonesia sangat tinggi dalam 2 dekade terakhir. Hal ini dapat dipengaruhi oleh perubahan sirkulasi atmosfer atau samudera (Han et al., 2010). Angin barat khatulistiwa yang lebih kuat terjadi terutama selama monsun musim panas di Asia, sehingga menyebabkan kenaikan permukaan laut di dekat Sumatra dan di Teluk Benggala (Han et al., 2010). Permukaan laut dikendalikan oleh yaitu: volume air laut, volume cekungan laut, dan sebaran air, dan permukaan tanah, yang dipengaruhi oleh deformasi kerak dan pemadatan sedimen (FitzGerald et al., 2008).

Tren naiknya permukaan laut dan gelombang besar menyebabkan tergenangnya infrastruktur jaringan jalan dan rel kereta api, dan mengancam kehidupan jutaan orang yang bermukim di wilayah pesisir. Selain menggenangi pesisir dataran rendah, pasang tertinggi akan meningkatkan kerentanan wilayah pesisir terhadap banjir yang ditimbulkan oleh gelombang badai, dan gelombang pasang astronomi yang ekstrem. Saat permukaan pasang laut naik, badai akan terjadi dan menghasilkan wilayah genangan yang lebih luas.



Gambar 1. Anomali dan Tren Tinggi Muka Laut di Pantai Timur Sumatera Utara

Banjir terlihat di wilayah pantai pesisir, yaitu Pantai Cermin akibat tingginya air pasang saat survei lapangan pada bulan September 2016. Di kota Belawan terjadi banjir besar wilayah pesisir termasuk pelabuhan perikanan, pemukiman, jalan raya dan jalur kereta api (Gbr. 2). Gelombang pasang juga terkena dampak seperti kawasan pertanian dan tempat wisata di sepanjang pantai. Di daerah-daerah ini, kenaikan permukaan air laut akan meningkatkan pengaruh air pasang musiman sehingga menyebabkan area terendah terendam air laut.



Gambar 2. (a) Ilustrasi genangan di ECNS dan banjir di (b) rel kereta (c) permukiman (d) tempat wisata, dan (e) pelabuhan perikanan, 18-21 Oktober 2017

Wilayah pesisir yang berpotensi terkena dampak skenario kenaikan permukaan laut sebesar 1 dan 2 m dihitung dalam GIS dan dapat merusak infrastruktur transportasi dan permukiman warga pesisir. Tren naiknya permukaan laut rata-rata dan penurunan tanah akan berdampak banjir rob di wilayah pesisir pantai. Survey lapangan yang dilakukan tanggal 11 September 2023 menunjukkan bahwa penurunan tanah mengakibatkan struktur bangunan yang berlokasi dekat pantai rusak (lantai turun dan dinding retak) seperti Gedung Dinas Perikanan di Belawan. Tingkat kerusakan bangunan akibat rob dan penurunan tanah terjadi di Kawasan Pariwisata Pantai Cermin. Banyak tempat rekreasi di wilayah pesisir rusak dan tergenang air laut. Demikian juga lahan pertanian seperti cabe dan jagung di wilayah pesisir tergenang air laut yang akan merusak pertumbuhan tanaman tersebut.

Penurunan tanah di wilayah Kota Medan tidak sama setiap lokasi. Dari tahun 2010 hingga tahun 2023, rata-rata penurunan tanah sekitar 25,28 cm atau 1,9 cm/tahun. Berdasarkan wawancara yang dilakukan per tanggal 12 September 2023 terhadap karyawan Sub-Puskesmas Kelurahan Gedung Johor, setiap turun hujan dengan intensitas tinggi, maka lokasi Gedung Sub-Puskesmas tersebut selalu tergenang air. Genangan air terjadi karena tinggi lahan Gedung Sub-Puskesmas tersebut lebih rendah dari sekitarnya (Gamba 3a). Penurunan tanah tidak hanya menyebabkan genangan dan banjir di wilayah Kota Medan tetapi juga menyebabkan gedung sekolah SD Negeri 064 di Jalan Bunga Rampai, Kecamatan Medan Tuntungan terlihat miring ke arah belakang karena penurunan tanah tidak merata di lahan sekolah tersebut. (Gambar 3b).

Penurunan tanah disebabkan oleh meningkatnya intensitas tata guna lahan seperti perubahan peruntukan lahan dari tanah kosong menjadi bangunan rumah dan gedung, eksploitasi air tanah dalam skala massif, menyusutnya ruang terbuka hijau, dan kondisi geologis wilayah Kota Medan terdiri dari endapan bongkah-bongkah, kerikil, pasir lanau, dan lempung.



Gambar 3. (a) Gedung SD Negeri 064 Jalan Bunga Rampai, Medan Tuntungan, miring ke arah belakang (3b) Bekas genangan air (tembok warna hitam) akibat penurunan muka tanah di Sub-Puskesmas Kelurahan Gedung Johor, 12 September 2023

4. KESIMPULAN

Bencana alam yang sering terjadi akhir-akhir ini di wilayah pesisir Pantai Cermin dan Kota Medan berdampak besar terhadap kesehatan, lahan pertanian dan infrastruktur transportasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanasan global dan perubahan cuaca yang ekstrem mengakibatkan air laut naik 1-2 meter dalam waktu 20 tahun dan berdampak terhadap jaringan rel kereta api dekat Pelabuhan Belawan. Demikian juga jalan raya di kota Medan sering tergenang banjir oleh banyak hal, salah satunya terjadinya penurunan tanah. Selain itu, bencana alam ini berdampak besar terhadap banjir pada permukiman penduduk di wilayah pesisir.

DAFTAR PUSTAKA

- FitzGerald, D. M., Fenster, M. S., Argow, B. A., & Buynevich, I. V. (2008). Coastal impacts due to sea-level rise. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 36(January 2018), 601–647. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.35.031306.140139>
- Förster, H., Sterzel, T., Pape, C. A., Moneo-Lain, M., Niemeyer, I., Boer, R., & Kropp, J. P. (2011). Sea-level rise in Indonesia: On adaptation priorities in the agricultural sector. *Regional Environmental Change*, 11(4), 893–904. <https://doi.org/10.1007/s10113-011-0226-9>
- Han, W., Meehl, G. A., Rajagopalan, B., Fasullo, J. T., Hu, A., Lin, J., Large, W. G., Wang, J. W., Quan, X. W., Trenary, L. L., Wallcraft, A., Shinoda, T., & Yeager, S. (2010). Patterns of Indian Ocean Sea-Level Change in A Warming Climate. *Nature Geoscience. LETTERS.PUBLISHED ONLINE: 11 JULY 2010 | DOI: 10.1038/NCEO901. Www.Nature.Com/Naturegeoscience*, 3(8), 546–550. <https://doi.org/10.1038/ngeo901>
- Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., Linden, P. J. van der, Dai, X., Maskell, K., & Johnson, C. A. (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis. In *Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. ISBN 0521 80767 0 hardback* (Issue January). <http://www.metoffice.gov.uk>
- Nerem, R. S., Chambers, D. P., Choe, C., & Mitchum, G. T. (2010). Estimating Mean Sea Level Change from the TOPEX and Jason Altimeter Missions. *Marine Geodesy*, 33, 435–

446. <https://doi.org/10.1080/01490419.2010.491031>
- Nicholls, R. J., Hoozemans, F. M. J., & Marchand, M. (1999). Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: Regional and global analyses. *Global Environmental Change*, 9(SUPPL.). [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(99\)00019-9](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(99)00019-9)
- Saidy, a. R., & Azis, Y. (2009). Sea Level Rise in South Kalimantan, Indonesia - An Economic Analysis of Adaptation Strategies in Agriculture. In *Economic Analysis*.
- Strassburg, M. W., Hamlington, B. D., Leben, R. R., Manurung, P., Gaol, J. L., Nababan, B., Vignudelli, S., & Kim, K. Y. (2015). Sea Level Trends in Southeast Asian Seas. *Climate of the Past*, 11(5), 743–750. <https://doi.org/10.5194/cp-11-743-2015>

ANALISIS PEMILIHAN MODA TRANSPORTASI MAHASISWA MENUJU KAMPUS UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

Adriana Vania¹, Chitrai Keren Hapukh Atti¹, Clijster Annayetty Mamoribo¹, Nabil Fahri
Askar¹, Natasha Christiani¹, Revival Rizki Novtan Telaumbanua¹, Gidalti Housten Sirait¹,
Efendy Tambunan²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: adriana.vania19@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: efendy.tambunan@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Considering transportation options is very important because it makes moving from one location to another easier. The Indonesian Christian University (UKI) campus is close to many public transportation hubs, giving students many travel options. This research aims to determine the motivation of Indonesian Christian University (UKI) students in choosing this mode of transportation to campus. This research collected data using a Google Form survey filled out by students from various faculties in the UKI campus area, using private and public transportation. Descriptive analysis is used to identify the characteristics of UK students' choice of transportation to campus and analyze the factors that influence the choice of mode. The research results show that the transportation often used by Indonesian Christian University students to get to campus is the Transjakarta bus.

Keywords: descriptive analysis, influencing factors, transportation modes

ABSTRAK

Mempertimbangkan pilihan transportasi sangatlah penting karena memudahkan perpindahan dari satu lokasi ke lokasi lain. Kampus Universitas Kristen Indonesia (UKI) berlokasi dekat dengan banyak pusat transportasi umum, memberikan mahasiswa banyak pilihan perjalanan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui motivasi mahasiswa Universitas Kristen Indonesia (UKI) dalam memilih moda transportasi tersebut menuju kampus. Penelitian ini mengumpulkan data menggunakan survei Google Form yang diisi oleh mahasiswa berbagai fakultas di area kampus UKI, baik yang menggunakan kendaraan pribadi maupun kendaraan umum. Analisis deskriptif digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik pemilihan moda transportasi menuju kampus oleh mahasiswa UK, serta menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi Pemilihan Moda tersebut. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa moda transportasi yang sering digunakan mahasiswa dan mahasiswi Universitas Kristen Indonesia menuju kampus adalah bus Transjakarta.

Kata kunci: analisa deskriptif, faktor pengaruh, moda transportasi

1. PENDAHULUAN

Universitas Kristen Indonesia (UKI) dikenal dengan lokasinya yang sangat strategis di Jl. Mayjen Sutoyo Jakarta Timur sehingga memiliki berbagai jenis moda transportasi umum yang tersedia seperti Transjakarta, jak lingko, angkutan kota (angkot), ojek pangkalan, dan transportasi online (Belgiawan et al., 2021). Pemilihan moda transportasi merupakan salah satu aspek penting yang perlu untuk diperhatikan karena menunjang proses perjalanan seseorang dari suatu tempat ke tempat lainnya. Pemilihan moda transportasi dapat didefinisikan sebagai proses perencanaan maupun tahap pemodelan pemilihan jenis angkutan yang berfungsi untuk menyediakan dan melayani perjalanan penumpang dari titik asal menuju tujuan. Ketika melakukan pergerakan seseorang tentunya mempertimbangkan banyak hal, karena moda

Adriana Vania, C.K.H. Atti, C.A. Mamoribo, N.F. Askar, N. Christiani, R.R.N. Telaumbanua, G.H. Sirait, E. Tambunan, Analisis Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa Menuju Kampus Universitas Kristen Indonesia

transportasi yang digunakan pun beragam. Beberapa faktor berperan di sini, seperti sifat perjalanan, sarana transportasi yang digunakan, dan sifat penumpang (Budiman et al., 2022).

Lokasi UKI yang hanya berkisar satu hingga dua kilometer saja dengan Stasiun Kereta Rel Listrik (KRL) Duren Kalibata dan juga Stasiun Cawang memberikan banyak alternatif pemilihan moda transportasi yang dapat digunakan oleh mahasiswa menuju kampus. Pilihan yang diambil setiap mahasiswa sangat ditentukan terutama oleh lokasi rumah dengan jarak yang berbeda-beda (Sulistyono et al., 2022). Selain itu terdapat beberapa mahasiswa yang menggunakan kendaraan pribadi seperti mobil, sepeda, maupun motor pribadi menuju kampus. Penelitian ini bertujuan untuk melihat faktor apa saja yang mempengaruhi mahasiswa UKI dalam memilih moda transportasi tersebut menuju kampus. Pengelompokan moda transportasi yang digunakan terdiri atas kendaraan milik pribadi, bus Transjakarta, transportasi online (Gojek, Grab, Maxim), angkutan umum (angkot, jak lingko), ojek pangkalan, dan Commuter Line (Ilham et al., 2020).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data berbasis kuesioner dengan cara membuat form online dalam bentuk Google Form yang kemudian dibagikan kepada responden yang merupakan mahasiswa di area kampus UKI yang menggunakan kendaraan pribadi maupun kendaraan umum. Isi kuesioner yang diberikan kepada responden antara lain berisi tentang (1) Nama; (2) Jenis Kelamin; (3) Fakultas; (4) Transportasi yang paling sering digunakan menuju kampus UKI; (5) Alasan memilih moda transportasi tersebut. Analisis data dilakukan secara deskriptif, yaitu dengan cara menghimpun data-data faktual dan mendeskripsikannya. Dengan menggunakan analisis deskriptif, dapat dipelajari lebih lanjut tentang bagaimana mahasiswa Universitas Kristen Indonesia menuju kampus serta menyelidiki faktor-faktor apa yang berkontribusi terhadap keputusan yang diambil.

Karena data wawancara mengandung umumnya cukup detail namun masih dalam bentuk mentah, maka harus dilakukan validasi data yang diperoleh terlebih dahulu (Moleong, 2018). Langkah reduksi data terdiri dari beberapa tahap (Tabel 1).

Tabel 1. Tahapan Reduksi Data

Tahapan	Deskripsi
Pertama	Klasifikasi dan ringkasan data
Kedua	Menyusun kode dan membuat catatan tentang berbagai aspek data penelitian sehingga dapat mengidentifikasi dan mengelompokkan data berikut tren data yang dihasilkan
Ketiga	Reduksi data dengan melakukan brainstorming dalam menyusun rancangan konsep dan penjelasan potensial untuk mengelompokkan data berikut tren data yang dihasilkan

Kemudian dibuat laporan hasil reduksi data yang dilakukan secara terorganisir dan ditampilkan secara sistematis. Gaya penyajian laporan bersifat analitis dan rinci sehingga secara logis mengarah pada temuan. Perlu dipahami secara menyeluruh seluruh informasi yang telah dikumpulkan dari kuesioner. Pemahaman ini sangat penting untuk menganalisis data dan memperoleh makna dari data tersebut dalam proses penarikan kesimpulan. Selain itu juga kesimpulan yang didapatkan harus diverifikasi selama penelitian berlangsung, sehingga diperoleh kredibilitas dan objektivitasnya dari kesimpulan yang didapatkan.

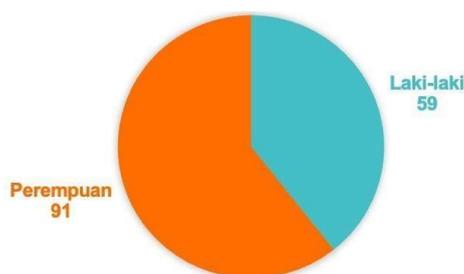
Jumlah total responden dalam penelitian ini sebanyak 150 orang dengan menggunakan rumus statistik sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1+N_c^2} \quad (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Profil Responden

Dari total responden yang disurvei terdiri dari 91 orang berjenis kelamin perempuan (60,7%) dan 59 orang berjenis kelamin laki-laki (39,3%).



Gambar 1. Profil Responden Berdasarkan Jenis Kelamin

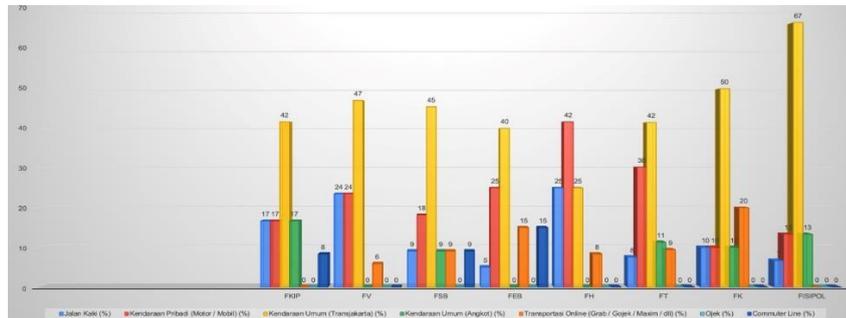
Pertanyaan tentang Asal Fakultas menjadi salah satu cara membantu dalam pengelompokan data guna mengetahui persentase responden per masing-masing fakultas dan dalam pemilihan moda Transportasi sebagaimana terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sebaran Data Kuesioner Penelitian

Fakultas	Jalan Kaki %	Kendaraan Pribadi (%)	Bus Transjakarta (%)	Kendaraan Umum (%)	Transportasi Online (%)	Ojek (%)	Commuter Line (%)
FKIP	17	17	42	17	0	0	8
FV	24	24	47	0	6	0	0
FSB	9	18	45	9	9	0	9
FEB	5	25	40	0	15	0	15
FH	25	42	25	0	8	0	0
FT	8	30	42	11	9	0	0
FK	10	10	50	10	20	0	0
FISIPOL	7	13	67	13	0	0	0

Berdasarkan hasil survei yang disebarakan secara acak didapatkan responden paling banyak berasal dari Fakultas Teknik dengan jumlah 53 orang (35,3%), diikuti FEB berjumlah 20 orang (13,3%), FV berjumlah 17 orang (11,3%), FISIPOL berjumlah 15 orang (10%), Fakultas Hukum berjumlah 12 orang (8%), FKIP berjumlah 12 orang (8%), Fakultas Sastra & Bahasa berjumlah 11 orang (7,3%) dan Fakultas Kedokteran berjumlah 10 orang (6,6%) seperti terlihat pada Gambar 2 dibawah ini.

Adriana Vania, C.K.H. Atti, C.A. Mamoribo, N.F. Askar, N. Christiani, R.R.N. Telaumbanua, G.H. Sirait, E. Tambunan, Analisis Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa Menuju Kampus Universitas Kristen Indonesia

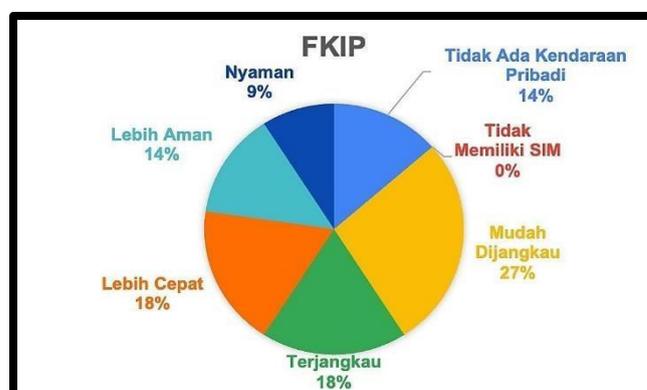


Gambar 2. Sebaran Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa

Gambar 2 menunjukkan hasil dari penelitian pemilihan moda transportasi masing-masing Fakultas. Dari grafik diatas didapat kesimpulan bahwa moda transportasi yang digunakan FKIP yang terbesar adalah “Bus Transjakarta” sebanyak 42% dan yang terkecil “Commuter Line” sebanyak 8%, dan di Fakultas Vokasi yang moda transportasi yang banyak digunakan adalah “Bus Transjakarta” sebanyak 4% dan yang terkecil “Transportasi Online” sebanyak 6%. Pada FSB moda transportasi yang digunakan terbesar adalah “Bus Transjakarta” sebanyak 45% dan yang terkecil “Angkutan Kota (Angkot)” sebanyak 9%. Di FEB moda transportasi yang digunakan terbesar adalah “Bus Transjakarta” sebanyak 40% dan yang terkecil “Jalan Kaki” sebanyak 5%. Pada FH moda transportasi yang digunakan terbesar adalah “Kendaraan Pribadi” sebanyak 42% dan yang terkecil “Transportasi Online” sebanyak 8%. Dan FT moda transportasi yang digunakan terbesar adalah “bus Transjakarta” sebanyak 42% dan yang terkecil “Commuter Line” sebanyak 8%. Pada FK moda transportasi yang digunakan terbesar adalah “bus Transjakarta” sebanyak 50% dan yang terkecil “Kendaraan Pribadi” sebanyak 10%. Dan yang terakhir pada FISIPOL moda transportasi yang digunakan terbesar adalah “bus Transjakarta” sebanyak 67% dan yang terkecil “Jalan Kaki” sebanyak 7%.

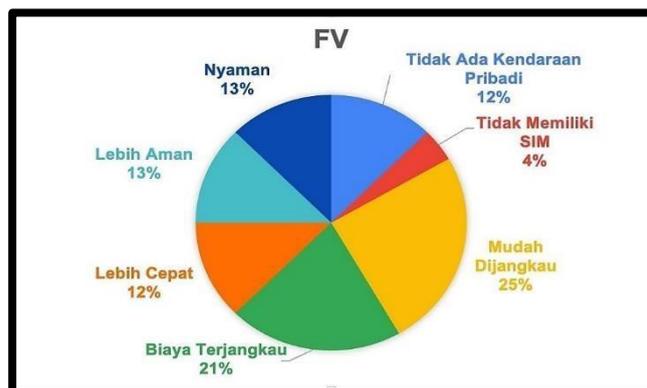
3.2 Faktor Pemilihan Moda Transportasi

Faktor yang menjadi alasan dari pemilihan moda tersebut dapat dilihat pada grafik pada Gambar 3 yang menunjukkan bahwa faktor terbesar adalah “mudah dijangkau” sebanyak 27% dan faktor terkecil “nyaman” sebanyak 9% menjadi alasan pemilihan moda mahasiswa FKIP UKI dalam menuju kampus



Gambar 3. Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa FKIP UKI

Gambar 4 menunjukkan bahwa faktor terbesar adalah “mudah dijangkau” sebanyak 25% dan faktor terkecil “tidak memiliki SIM” sebanyak 9% menjadi alasan pemilihan moda mahasiswa FV UKI dalam menuju kampus.



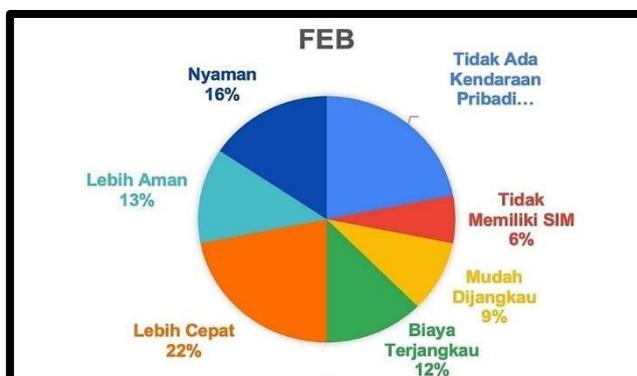
Gambar 4. Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa FV UKI

Gambar 5 menunjukkan bahwa faktor terbesar adalah “mudah dijangkau” sebanyak 31% dan faktor terkecil “lebih aman” sebanyak 9% menjadi alasan pemilihan moda mahasiswa FSB UKI dalam menuju kampus



Gambar 5. Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa FSB UKI

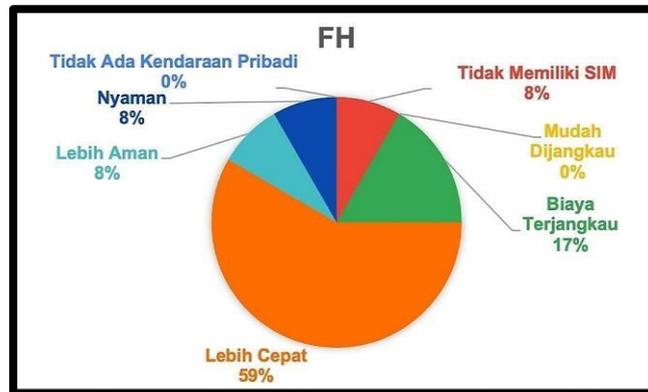
Gambar 6 menunjukkan bahwa faktor terbesar adalah “Lebih Cepat” sebanyak 31% dan faktor terkecil “Tidak Memiliki” sebanyak 6% menjadi alasan pemilihan moda mahasiswa FEB UKI dalam menuju kampus



Gambar 6. Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa FEB UKI

Adriana Vania, C.K.H. Atti, C.A. Mamoribo, N.F. Askar, N. Christiani, R.R.N. Telaumbanua, G.H. Sirait, E. Tambunan, Analisis Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa Menuju Kampus Universitas Kristen Indonesia

Gambar 7 menunjukkan bahwa faktor terbesar adalah “Lebih Cepat” sebanyak 59% dan faktor terkecil “Nyaman” sebanyak 8% menjadi alasan pemilihan moda mahasiswa FH UKI dalam menuju kampus



Gambar 7. Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa FH UKI

Gambar 8 menunjukkan bahwa faktor terbesar adalah “Biaya Terjangkau” sebanyak 22% dan faktor terkecil “Tidak Memiliki SIM” sebanyak 4% menjadi alasan pemilihan moda mahasiswa FT UKI dalam menuju kampus.



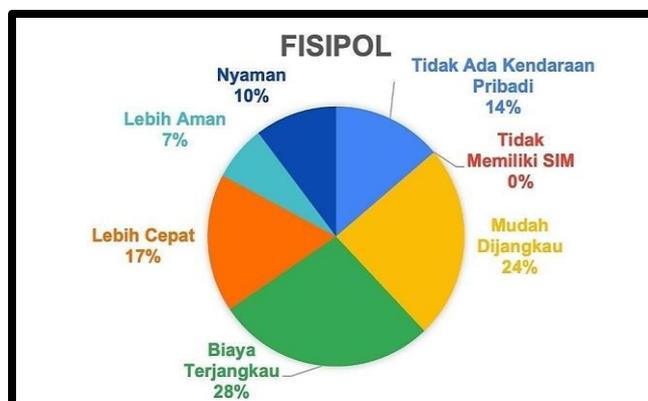
Gambar 8. Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa FT UKI

Gambar 9 menunjukkan bahwa faktor terbesar adalah “Tidak Ada Kendaraan Pribadi” sebanyak 36% dan faktor terkecil “Tidak Memiliki SIM” sebanyak 7% menjadi alasan pemilihan moda mahasiswa FK UKI dalam menuju kampus.



Gambar 9. Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa FK UKI

Gambar 10 menunjukkan bahwa faktor terbesar adalah “Biaya Terjangkau” sebanyak 28% dan faktor terkecil “Lebih Aman” sebanyak 7% menjadi alasan pemilihan moda mahasiswa FISIPOL UKI dalam menuju kampus.



Gambar 10. Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa FISIPOL UKI

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu Moda transportasi yang sering digunakan mahasiswa dan mahasiswi Universitas Kristen Indonesia menuju kampus adalah bus Transjakarta. Rata-rata faktor yang mempengaruhi pemilihan moda transportasi yang digunakan mahasiswa dan mahasiswi Universitas Kristen Indonesia menuju kampus berdasarkan faktor kemudahan moda transportasi tersebut dijangkau dan biaya penggunaan transportasi tersebut yang terjangkau. Pemilihan moda transportasi menuju kampus oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia dipilih berdasarkan mudahnya transportasi tersebut dijangkau dan biaya penggunaan moda transportasi yang terjangkau juga. Hal ini juga sejalan dengan pemilihan moda transportasi menuju kampus oleh mahasiswa Fakultas Ilmu Sosial dan Politik Universitas Kristen Indonesia. Pilihan didasarkan biaya penggunaan moda transportasi tersebut yang terjangkau. Sedangkan pemilihan moda transportasi menuju kampus oleh mahasiswa Fakultas Ilmu Pendidikan, Fakultas Vokasi, dan Fakultas Sosial Budaya berdasarkan faktor kemudahan moda transportasi tersebut dijangkau

DAFTAR PUSTAKA

- Arsi, A., & Herianto. (2021). Langkah-Langkah Uji Validitas Realibilitas Instrumen Dengan Menggunakan SPSS. *Makalah Pada Sekolah Tinggi Agama Islam (STAI) Darul Dakwah Wal-Irsyad (DDI) Kota Makassar, Indonesia*, 1–8. <https://osf.io/m3qxs>
- Belgiawan, P. F., Rahadi, R. A., Qastharin, A. R., Mayangsari, L., Nasution, R. A., & S.K. Wiryono. (2021). The Commuting Mode Choice of Students of Institut Teknologi Bandung, Indonesia. *Journal of Regional and City Planning*, *Doi: 10.5614/JPWK.2021.32.2.4.*, 32(2).
- Budiman, A., Bethary, R. T., & F. F. Hilzams. (2022). Analisis Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa Fakultas Teknik Untirta (Studi Kasus Cilegon-Tangerang). *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil* *Doi: 10.36055/Fondasi.V0i0.14502*.
- Ghozali. (2009). Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program SPSS. In *Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Badan Penerbit Universitas Diponegoro Semarang*.
- Ilham, I., Ahmad, S. N., & R. Nuhun. (2020). Analisis Faktor–Faktor Pemilihan Moda Transportasi Ke Kampus Oleh Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Halu Oleo. *STABILITA: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, *Doi: 10.55679/Jts.V8i2.13683*, 8(2).
- Moleong, L. J. (2018). Metodologi Penelitian Kualitatif. In *Penerbit PT Remaja Rosdakarya, Bandung*,

Adriana Vania, C.K.H. Atti, C.A. Mamoribo, N.F. Askar, N. Christiani, R.R.N. Telaumbanua, G.H. Sirait, E. Tambunan, Analisis Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa Menuju Kampus Universitas Kristen Indonesia

Cetakan ketiga puluh delapan, Juli 2018, ISBN 979-514-051-5.

Retnawati, H. (2017). Reliabilitas Instrumen Penelitian. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Unnes*, 12(1), 129541. <http://staffnew.uny.ac.id/upload/132255129/pengabdian/8> Reliabilitas3

alhamdulillah.pdf

Sulistiyono, S., Kriswardhana, W., & J. B. Arianto. (2022). Behavior Model Analysis of Pedestrians and Cyclists Mode Selection Based on Active Transportation on Universitas Jember Tegalboto Campus. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Doi: 10.1088/1755-1315/1000/1/012021.

ANALISIS KUALITAS PELAYANAN KAWASAN PARKIR BERBAYAR DI KAMPUS UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

William T. Dachi¹, Erlin Ndruru¹, Hafis Giawa¹, Caleb C.D. Sarumaha¹, Elpidar Y. Laia¹, Goklas P. Sihombing¹, Edward Gultom¹, Efendy Tambunan²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: tavarandachi11@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: efendy.tambunan@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Parking a car, truck, motorbike, or other motorized or non-motorized vehicle for a long time usually requires a parking space so as not to disturb other road users. The government or private individuals or companies generally manage these parking lots. A parking lot is said to be of quality if it provides a sense of security, convenience, and comfort for its users. Professional management of the parking lot will determine customer satisfaction and the continued use of the parking lot in the future. This research aims to assess visitor satisfaction with the management of parking lots in the Indonesian Christian University campus area. The study focused on several indicators: information search systems, parking attendant services, parking lot accessibility, and parking area comfort. Overall, parking services around the Indonesian Christian University are pretty high quality.

Keywords: level of satisfaction, parking area, parking service

ABSTRAK

Memarkir mobil, truk, sepeda motor, atau kendaraan bermotor atau tidak bermotor lainnya untuk waktu yang lama biasanya membutuhkan tempat parkir khusus agar tidak mengganggu pengguna jalan lainnya. Tempat parkir tersebut umumnya dikelola oleh pemerintah ataupun swasta perorangan atau perusahaan. Suatu tempat parkir dikatakan berkualitas apabila memberikan rasa aman, kemudahan, dan kenyamanan bagi penggunaannya. Pengelolaan tempat parkir secara profesional akan menentukan kepuasan pelanggannya dan keberlanjutan penggunaan tempat parkir tersebut ke depannya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai tingkat kepuasan pengunjung terhadap pengelolaan lahan parkir yang ada di Kawasan kampus Universitas Kristen Indonesia. Penelitian difokuskan pada beberapa indikator yaitu sistem pencarian informasi, pelayanan petugas parkir, aksesibilitas lahan parkir, dan kenyamanan area parkir. Pelayanan parkir di sekitar Universitas Kristen Indonesia secara keseluruhan cukup berkualitas.

Kata kunci: kawasan parkir, layanan parkir, tingkat kepuasan

1. PENDAHULUAN

Menghadapi meningkatnya jumlah kepemilikan kendaraan bermotor di Indonesia, secara otomatis akan meningkatkan juga jumlah kebutuhan lapangan parkir yang akan digunakan saat kendaraan berhenti untuk satu dan lain tujuan. Memarkir mobil, truk, sepeda motor, atau kendaraan bermotor atau tidak bermotor lainnya untuk waktu yang lama biasanya membutuhkan tempat parkir agar tidak mengganggu pengguna jalan lainnya. Tempat parkir tersebut umumnya dikelola oleh pemerintah ataupun swasta perorangan atau perusahaan lain (Pignataro & Cantilli, 1973). Mengacu kepada Undang-Undang (UU No.22, 2009) pasal 120 tentang lalu lintas menyatakan bahwa parkir adalah keadaan kendaraan berhenti atau tidak bergerak untuk beberapa saat di suatu kawasan secara sejajar atau membentuk sudut sesuai arah lalu lintas dan ditinggalkan pengemudianya. Pengertian parkir adalah tindakan

William T. Dachi, E. Ndruru, H. Giawa, C.C.D. Sarumaha, E.Y. Laia, G.P. Sihombing, E. Gultom, E. Tambunan,
Analisis Kualitas Pelayanan Kawasan Parkir Berbayar Di Kampus Universitas Kristen Indonesia

menghentikan atau meninggalkan kendaraan bermotor pada suatu tempat yang telah ditentukan. Ketika pengemudi mencapai lokasi tujuan akhirnya, mereka meninggalkan kendaraannya diparkir selama waktu yang ditentukan. Selain definisi sebelumnya, masih ada beberapa definisi lain yang menjelaskan tentang parkir. Pada prinsipnya tidak mungkin ada kendaraan yang terus bergerak. Pada suatu saat harus berhenti agar penumpangnya dapat keluar atau agar muatannya dapat diturunkan.

Dari uraian di atas dapat kita simpulkan bahwa parkir adalah tindakan meninggalkan kendaraan baik bermotor maupun tidak bermotor di suatu tempat dalam jangka waktu lama, biasanya pada awal, pertengahan ataupun akhir suatu perjalanan, dimana memerlukan suatu kawasan khusus untuk menampung kendaraan tersebut yang diselenggarakan oleh pemerintah. atau pihak lain (perorangan atau badan usaha) untuk dijadikan sebagai tempat singgah. (Sutapa et al., 2008; Suthanaya, 2010; UU No.22, 2009; Winayati et al., 2019). Kawasan parkir dapat dikatakan baik jika kawasan parkir tersebut dapat memenuhi kebutuhan pengguna layanan parkir terkait dengan ketersediaan tempat, kenyamanan, dan keamanan (Febrianti, 2013; Ilosa, 2019; Ing & Yanuardi, 2007; Rizani & Yamani, 2017). Dengan pelayanan prima dari penyedia kawasan parkir, pengguna dapat merasa puas dan tidak sia-sia untuk meletakkan sementara kendaraan mereka karena kualitas kawasan parkir adalah tentang kepercayaan mengenai aspek-aspek yang disebutkan sebelumnya yang juga harus ramah lingkungan (Santoso, 2017) mengikuti perkembangan teknologi terbaru (Kusumaningtyas, 2016; Septriyaningrum et al., 2016).

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui tingkat kepuasan pengunjung terhadap akses, sistem penelusuran informasi, pelayanan, lapangan, dan fasilitas kawasan parkir Universitas Kristen Indonesia. Temuan dalam penelitian ini nantinya dapat digunakan oleh pihak otoritas swasta terkait dalam hal ini yaitu pihak pengelola kawasan parkir Universitas Kristen Indonesia adalah menemukan upaya apa saja yang harus dilakukan untuk meningkatkan kualitas pelayanan parkir berbayar tersebut

2. METODE PENELITIAN

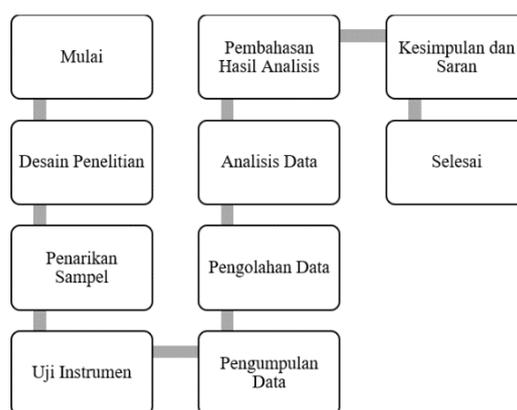
Penelitian ini untuk mengukur tingkat kepuasan pengunjung terhadap kualitas pelayanan kawasan parkir Universitas Kristen Indonesia dilihat dari akses, sistem penelusuran informasi, pelayanan, lapangan, dan fasilitas parkir (Ing & Yanuardi, 2007). Sedangkan rumusan masalahnya adalah seberapa puaskah pengunjung terhadap akses, sistem penelusuran informasi, pelayanan, lapangan, dan fasilitas kawasan parkir Universitas Kristen Indonesia. Lokasi penelitian di Universitas Kristen Indonesia dan penyebaran kuesioner dilakukan sepanjang bulan Mei hingga awal bulan Juni. Populasi dalam penelitian ini adalah mahasiswa, karyawan, atau pengguna lain Kawasan Parkir Universitas Kristen Indonesia dengan syarat lebih dari tujuh kali menggunakan layanan kawasan parkir Universitas Kristen Indonesia dalam sebulan terakhir. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan cara acak (random sampling), pertanyaan penelitian disebar dan diisikan pada Google Form yang dibagikan melalui link singkat maupun dengan lembar kuisisioner fisik yang disebar kepada responden.

Terdapat 10 indikator yang harus diperhatikan pada saat perencanaan suatu Kawasan parkir seperti terlihat pada Tabel. Hal ini berlaku baik untuk kawasan parkir komersial yang dikembangkan oleh pihak swasta ataupun pemerintah. Indikator inilah yang akan dikembangkan menjadi instrumen penelitian dalam bentuk kuesioner untuk mengukur tingkat kepuasan pengguna lahan parkir.

Tabel 1. Indikator perencanaan parkir

Indikator	Deskripsi
Kapasitas Parkir Aktual	Tempat parkir (kolektif) yang disediakan manajemen selain tempat parkir aktual (per periode waktu).
Kapasitas Normal	Jumlah mobil yang secara teoritis dapat masuk ke dalam suatu tempat parkir. Kapasitas parkir normal sebuah gedung perkantoran meningkat sebanding dengan luas bangunan tersebut.
Durasi Parkir	Waktu yang dibutuhkan sebuah kendaraan ditinggal di satu tempat
Kawasan Parkir	Lahan parkir dengan pintu masuk yang dikontrol dalam suatu fasilitas yang memanfaatkan jalan sebagai fasilitas.
Kebutuhan Parkir	Sejumlah variabel yang mempengaruhi seberapa banyak ruang parkir yang dibutuhkan, termasuk jumlah orang yang memiliki mobil, seberapa sulitnya melakukan perjalanan ke wilayah tersebut, tersedia atau tidaknya transportasi umum, dan berapa biayanya.
Lama Parkir	Waktu rata-rata parkir yang dinyatakan dalam setengah jam, satu jam, dan satu hari untuk parkir di lahan yang luas
Puncak Parkir	Akumulasi rata-rata terbesar dari unit yang diparkir
Jalur Sirkulasi	Area dimana mobil masuk dan keluar dari lahan parkir.
Jalur Gang	Penghubung dua baris tempat parkir yang bersebelahan.
Retribusi Parkir	Biaya yang dikenakan kepada pengemudi yang menggunakan fasilitas parkir di lahan tersebut

Analisis data dalam bidang penelitian biasanya berbentuk Histogram, menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif. Populasi terdiri dari mahasiswa, dosen, dan staf yang menggunakan fasilitas parkir di Universitas Kristen Indonesia. Jumlah masyarakat yang menggunakan lahan parkir di Universitas Kristen Indonesia dijadikan sebagai ukuran sampel. Distribusi kuesioner dilakukan di halaman parkir Universitas Kristen Indonesia di Cawang, Jakarta Timur. Gambar 1 memberikan proses yang dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Instrumen dalam penelitian ini berupa kuesioner tentang Kepuasan Pengunjung terhadap Kawasan Parkir Universitas Kristen Indonesia. Pengujian instrumen dilakukan sebelum disebarkan untuk mengetahui Reliabilitas dan Validitas dari Kuesioner tersebut. Indikator dari variable diuji Realiabilitas sebelum didistribusikan. Jika jawaban responden terhadap suatu

William T. Dachi, E. Ndruru, H. Giawa, C.C.D. Sarumaha, E.Y. Laia, G.P. Sihombing, E. Gultom, E. Tambunan,
Analisis Kualitas Pelayanan Kawasan Parkir Berbayar Di Kampus Universitas Kristen Indonesia

kuesioner tetap stabil dari waktu ke waktu, dapat dipastikan bahwa kuesioner tersebut mempunyai reliabilitas yang tinggi. Sedangkan validitas merupakan indikator penentu sah atau valid tidaknya suatu kuesioner. Kuesioner kepuasan pelanggan harus diuji validitas untuk menentukan apakah variabel-variabelnya secara akurat mengukur konstruk yang diinginkan (Arsi & Herianto, 2021).

Untuk mengukur Reliabilitas, peneliti menghitung korelasi antara skor pertanyaan individu dan keseluruhan gabungan (Retnawati, 2017). Reliabilitas internal adalah metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini. Rumus Alpha Cronbach digunakan untuk menganalisis konsistensi pertanyaan suatu kuesioner. Jika nilai alpha suatu survei lebih tinggi dari batas r, maka dapat dikatakan survei tersebut kredibel. Jika suatu variabel memiliki Cronbach Alpha 0,60 atau lebih tinggi, maka variabel tersebut dianggap dapat diandalkan (Ghozali, 2009).

$$r_{11} = \frac{K}{k-1} - \frac{\sum d.b^2}{d.t^2} \quad (1)$$

Dengan menggunakan rumus korelasi product moment, analisis validitas dihitung sebagai berikut: (2)

dimana :

$$r_{xy} = \frac{N \cdot \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{(N \cdot \sum X^2) - (\sum X)^2\} \{ (N \cdot \sum Y^2) - (\sum Y)^2 \}}}$$

- rx_y = korelasi product moment pearson item dengan soal
- x = total nilai keseluruhan subjek per item s
- y = total nilai per subjek
- N = jumlah subjek

Jika probabilitasnya kurang dari 0,05 maka dianggap valid (Ghozali, 2009). Namun, jika probabilitasnya lebih besar dari 0,05, maka pernyataan tersebut gugur. Dari 13 butir pernyataan dalam kuesioner dinyatakan valid sebagai instrumen pengukuran sesuai pengujian awal yang dilakukan terlihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Uji Validitas Instrumen Kuesioner

Butir ke-	r _{xy}	r _{tabel}	Status
1	0,4358359	0,0612	Valid
2	0,6766650	0,0612	Valid
3	0,6225320	0,0612	Valid
4	0	0,0612	Valid
5	0,7307980	0,0612	Valid
6	0,5464560	0,0612	Valid
7	-0,0812000	0,0612	Valid
8	0,6637470	0,0612	Valid
9	0,4590230	0,0612	Valid
10	0,4590230	0,0612	Valid
11	0,3565930	0,0612	Valid
12	0,5943220	0,0612	Valid
13	0,0812000	0,0612	Valid

Deskripsi kuantitatif menjadi metode pilihan untuk mengolah data dalam penelitian ini. Responden diminta memberikan penilaian terhadap berbagai pernyataan atau topik dengan menggunakan skala Likert. Sangat setuju (SS): 5, setuju (S): 4, netral (N): 3, tidak setuju (TS): 2, sangat tidak setuju (STS): 1, lalu hitung dengan menggunakan rumus mean, diperoleh rata-rata sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (3)$$

dimana: \bar{X} : rata-rata hitung
 $\sum x$: Jumlah dari sepuluh jua sampel
 n : Jumlah sampel

Tabel 3 memperlihatkan butir pernyataan diujikan hanya sekali (one shot), kemudian dibandingkan dengan pernyataan lain atau korelasi antara jawaban pernyataan kuesioner yang diukur pada Tabel 3.

Tabel 3. Indikator Pengukuran dalam Kuesioner

Butir ke-	Indikator Pengukuran	SS	S	N	TS	STS
X1	Fasilitas kawasan parkir UKI luas dan memadai					
X2	Kawasan parkir UKI ditata dengan baik					
X3	Kawasan parkir UKI bersih dan asri					
X4	Panduan dan Rambu yang tersedia memadai dan mengarahkan pengunjung					
X5	Tarif parkir UKI sepadan dengan fasilitasnya dan cukup terjangkau					
X6	Petugas ramah dan sangat membantu pengunjung kawasan parkir UKI					
X7	Petugas parkir mudah dicari pada jam kerja					
X8	Ketepatan pemberian informasi oleh petugas parkir					
X9	Keramahan petugas parkir saat ditanya					
X10	Petugas parkir UKI dapat membantu pengunjung.					
X11	Tersedia kotak saran atau media lain untuk menyalurkan masukan pngunjung terhadap layanan parkir					
X12	Pengunjung dimudahkan dalam mengakses tiket parkir hingga membayarnya dengan tarif yang berlaku					
X13	Kemudahan dalam Akses Pintu Keluar dan Masuk Parkir.					

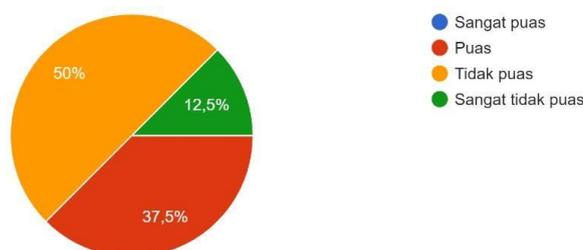
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, subjek yang menjadi responden adalah mahasiswa, karyawan, dan pengunjung lain. Kuisisioner disebarkan kepada 200 orang responden dan dikembalikan oleh 100 orang responden yang memenuhi syarat kualifikasi.

William T. Dachi, E. Ndruru, H. Giawa, C.C.D. Sarumaha, E.Y. Laia, G.P. Sihombing, E. Gultom, E. Tambunan,
Analisis Kualitas Pelayanan Kawasan Parkir Berbayar Di Kampus Universitas Kristen Indonesia

3.1 Lapangan Parkir Yang Luas Dan Memadai

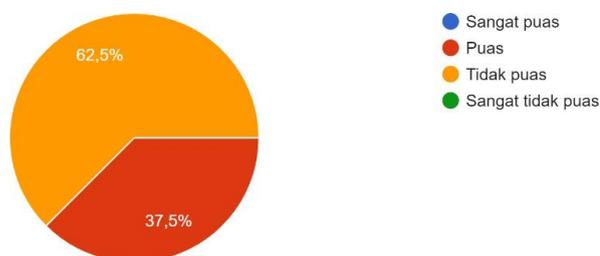
Kepuasan responden atas pernyataan tersedianya lahan parkir yang luas dan memadai sangat rendah. Hanya sebesar 37,5% mahasiswa setuju bahwa lahan parkir yang tersedia luas dan memadai; sedangkan 50% menyatakan tidak setuju, bahkan 12,5% memilih sangat setuju. Hasil ini berarti masih banyak mahasiswa yang menilai bahwa kapasitas lahan parkir yang tersedia di kampus UKI belum memadai untuk menampung jumlah kendaraan yang ada. Maka dari itu pihak pengelola kawasan parkir UKI perlu meningkatkan pengaturan lapangan parkir yang ada agar kapasitas kendaraan parkir dapat ditingkatkan.



Gambar 2. Tingkat kepuasan mahasiswa terhadap kapasitas lapangan parkir

3.2 Penataan Lapangan Parkir Yang Baik

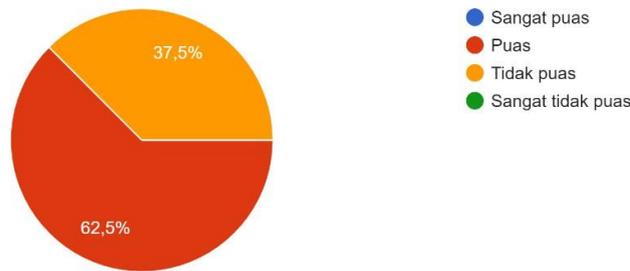
Kepuasan responden atas pernyataan kawasan parkir UKI ditata dengan baik masih rendah. Sebesar 62,5% memilih tidak puas dengan penataan lahan parkir yang ada saat ini; sementara 37,5% memilih setuju dengan penataan yang ada. Tidak ada yang memilih sangat setuju atau sangat tidak setuju seperti terlihat pada Gambar 3. Hasil ini berarti penataan lahan parkir dirasakan masih belum cukup baik karena banyak yang tidak setuju dengan penataan saat ini di dalam kawasan parkir UKI. Kondisi saat ini belum dapat membantu pengunjung dengan mudah mendapatkan tempat parkir yang dibutuhkan. Karena itu pihak pengelola kawasan parkir UKI perlu meningkatkan pengelolaan dalam menata kembali lahan parkir UKI agar semakin nyaman dan memudahkan bagi pengunjung.



Gambar 3. Tingkat kepuasan mahasiswa terhadap penataan lapangan parkir

3.3 Lapangan Parkir Yang Bersih dan Nyaman

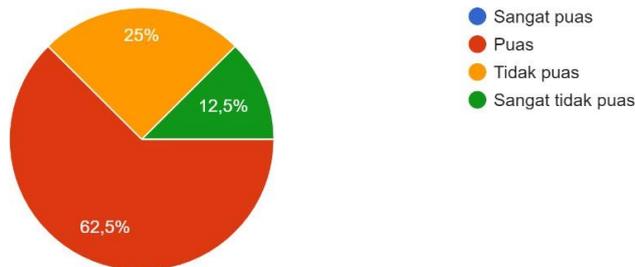
Kepuasan responden atas pernyataan kawasan parkir UKI bersih dan asri sudah relatif baik. Sebesar 62,5% mahasiswa menyatakan kepuasan terhadap kebersihan dan kenyamanan lapangan parkir, sedangkan 37,5% memilih tidak setuju seperti terlihat pada Gambar 4. Hasil ini berarti pengelolaan kebersihan kawasan parkir sudah cukup baik serta banyaknya pepohonan yang membuat lingkungan parkir menjadi asri.



Gambar 4. Tingkat kepuasan mahasiswa terhadap kebersihan dan kenyamanan lapangan parkir

3.4 Kelengkapan Fasilitas Parkir

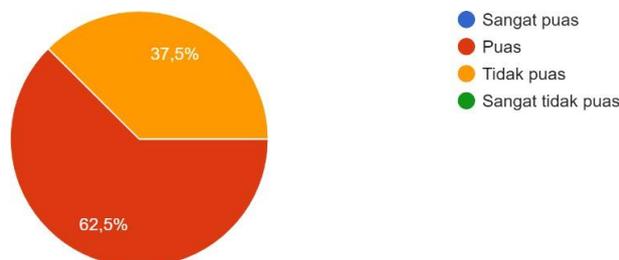
Kepuasan responden atas pernyataan panduan dan rambu yang tersedia memadai dan mengarahkan pengunjung sudah baik. Sebesar 62,5% responden memilih setuju, sedangkan 25% memilih tidak setuju dan 12,5% menyatakan sangat setuju seperti terlihat pada Gambar 5. Banyaknya responden yang setuju dengan panduan dan rambu yang tersedia memadai dan mengarahkan pengunjung, tetapi juga masih ada beberapa orang yang merasa sangat tidak setuju. Maka dari itu pihak pengelola kawasan parkir UKI perlu melihat beberapa titik khusus agar semua panduan dan rambu terpasang merata di seluruh kawasan parkir UKI.



Gambar 5. Tingkat kepuasan mahasiswa terhadap fasilitas parkir

3.5 Tarif Parkir Yang Sesuai

Kepuasan responden atas pernyataan tarif parkir UKI yang sesuai sudah baik. Sebesar 62,5% reponden memilih setuju, sementara 37,5% reponden memilih tidak setuju seperti terlihat pada Gambar 6. Hasil ini menunjukkan biaya parkir yang dikenakan di kawasan parkir UKI sesuai dengan standar yang berlaku.

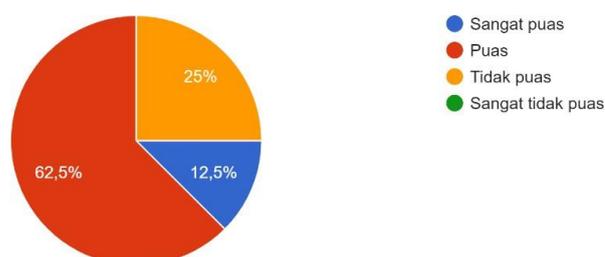


Gambar 6. Tingkat kepuasan mahasiswa terhadap tarif parkir

3.6 Pelayanan Petugas Parkir Yang Baik

William T. Dachi, E. Ndruru, H. Giawa, C.C.D. Sarumaha, E.Y. Laia, G.P. Sihombing, E. Gultom, E. Tambunan,
Analisis Kualitas Pelayanan Kawasan Parkir Berbayar Di Kampus Universitas Kristen Indonesia

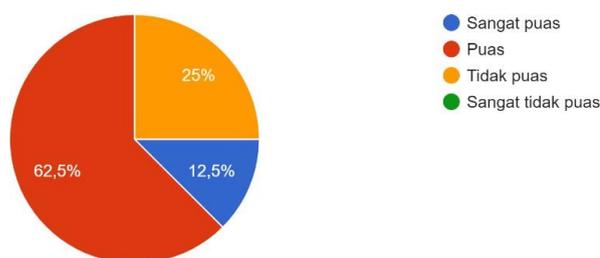
Kepuasan responden atas pernyataan petugas ramah dan sangat membantu pengunjung di kawasan parkir UKI sudah sangat baik. Sebesar 62,5% responden memilih setuju bahkan 12,5% menyatakan sangat setuju, sedangkan 25% responden memilih tidak setuju seperti terlihat pada Gambar 7. Hasil ini menunjukkan bahwa pihak pengelola kawasan parkir UKI melakukan rekrutmen petugas parkir dengan baik dengan memberikan pengetahuan yang memadai untuk melaksanakan tugas sebagai petugas parkir. Dengan demikian pengunjung merasa dilayani dengan baik oleh setiap petugas parkir.



Gambar 7. Tingkat kepuasan mahasiswa terhadap pelayanan petugas parkir

3.7 Keberadaan Petugas Parkir pada Jam Kerja

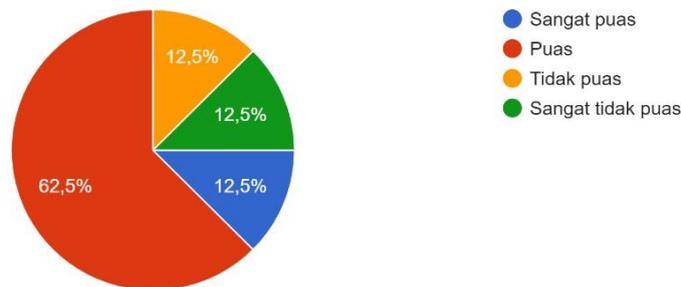
Kepuasan responden atas pernyataan petugas parkir UKI selalu dapat ditemui pada jam kerja sudah baik. Sebesar 62,5% responden memilih setuju bahkan 12,5% responden memilih sangat setuju, sedangkan 25% responden memilih tidak setuju seperti terlihat pada Gambar 8. Hasil ini menunjukkan kedisiplinan petugas parkir sudah cukup baik dengan selalu berada di posisi tugas sekitar lapangan parkir sehingga mudah dijumpai oleh pengunjung. Hal ini perlu terus ditingkatkan. Pihak pengelola kawasan parkir UKI perlu menjaga sikap disiplin petugas parkir secara konsisten sekalipun tidak ada pengawasan langsung dari atasannya sehingga bisa membuahkan kepuasan dari pengunjung yang menggunakan fasilitas dari lapangan parkir tersebut.



Gambar 8. Tingkat kepuasan mahasiswa terhadap keberadaan petugas parkir

3.8 Ketepatan Informasi Petugas Parkir

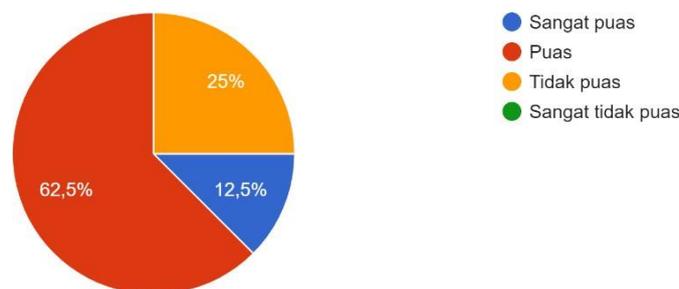
Kepuasan responden atas pernyataan pengunjung diberikan informasi yang tepat oleh petugas parkir sudah sangat baik. Sebesar 62,5% responden memilih setuju bahkan 12,5% responden memilih sangat setuju, dan selebihnya 12,5% responden memilih tidak setuju demikian juga responden yang memilih sangat tidak setuju sebesar 12,5% seperti terlihat pada Gambar 9. Hasil ini berarti sudah cukup banyak yang setuju dengan ketepatan informasi yang diberikan petugas parkir sesuai pengarahan pihak pengelola kawasan parkir UKI. Hal ini perlu ditingkatkan terus dengan pemberian training kepada petugasnya secara berkelanjutan.



Gambar 9. Tingkat kepuasan mahasiswa terhadap kapasitas lapangan parkir

3.9 Keramahan Petugas Parkir

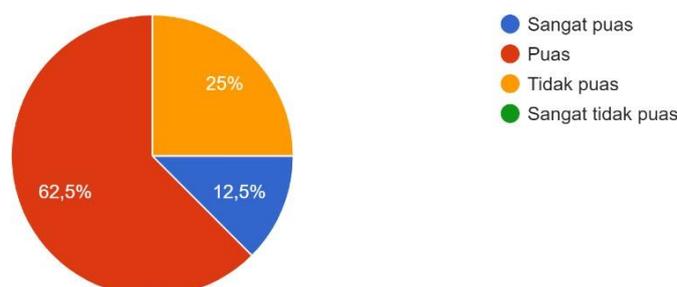
Kepuasan responden atas pernyataan keramahan sikap petugas parkir saat ditanya sangat baik. Sebesar 62,5% responden memilih setuju bahkan 12,5% responden sangat setuju, sedangkan 25% responden memilih tidak setuju seperti terlihat pada Gambar 10. Hasil ini berarti banyak pengunjung yang memberikan respons dengan baik saat berkomunikasi dengan pengunjung. Pihak pengelola kawasan parkir UKI harus terus mempertahankan bahkan meningkatkan lagi standar sikap layanan petugas parkir dengan berbagai pelatihan untuk kepuasan pengunjung.



Gambar 10. Tingkat kepuasan mahasiswa terhadap keramahan sikap petugas parkir

3.10 Bantuan Petugas Parkir Saat Diperlukan

Kepuasan responden atas pernyataan bantuan petugas parkir saat dibutuhkan sangat tinggi. Sebesar 62,5% responden memilih setuju bahkan 12,5% responden memilih sangat setuju, sementara 25% responden memilih tidak setuju seperti terlihat pada Gambar 11. Hasil ini berarti banyak pengunjung yang mudah mendapatkan bantuan saat diperlukan maka dari itu pihak pengelola kawasan parkir UKI diharapkan dapat terus mempertahankan bahkan meningkatkan kapasitas semua petugas parkir dengan berbagai pelatihan.

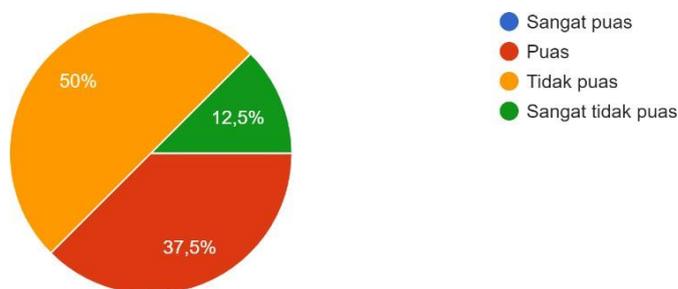


Gambar 11. Tingkat kepuasan mahasiswa terhadap bantuan petugas parkir

William T. Dachi, E. Ndruru, H. Giawa, C.C.D. Sarumaha, E.Y. Laia, G.P. Sihombing, E. Gultom, E. Tambunan,
Analisis Kualitas Pelayanan Kawasan Parkir Berbayar Di Kampus Universitas Kristen Indonesia

3.11 Masukan Pengunjung Terhadap Layanan Parkir

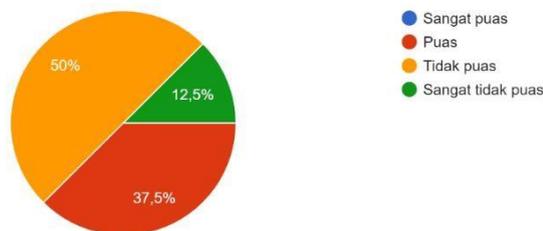
Kepuasan responden atas ketersediaan kotak saran sebagai masukan pengunjung untuk peningkatan layanan parkir sangat rendah. Sebesar 50% responden memilih tidak setuju bahkan 12,5% responden memilih sangat tidak setuju, sementara hanya 37,5% responden yang memilih setuju seperti terlihat pada Gambar 12. Hasil ini berarti tidak banyak pengunjung yang dapat memberikan masukan untuk peningkatan layanan parkir karena tidak tersedia kotak saran maka dari itu pihak pengelola kawasan parkir UKI dapat menyediakan QR code diberbagai tempat yang dapat discan oleh pengunjung sebagai media untuk memberikan masukan dengan metode terbaru yang mudah dan sederhana pengganti kotak saran.



Gambar 12. Tingkat kepuasan mahasiswa terhadap kotak saran di lahan parkir

3.12 Sistem Pembayaran Tarif Parkir Yang Sesuai

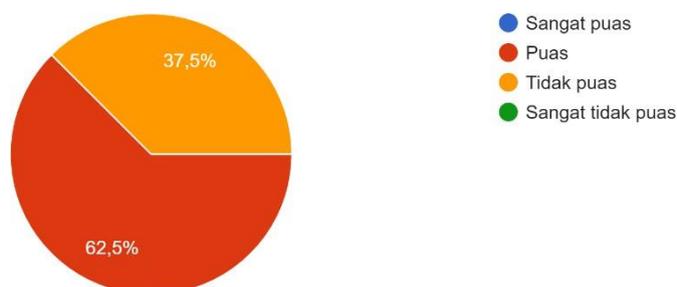
Kepuasan responden atas pernyataan pengunjung dimudahkan dalam mengakses tiket parkir hingga membayarnya sesuai standar tarif yang berlaku sangat rendah. Sebesar 50% responden memilih tidak setuju bahkan 12,5% responden memilih sangat tidak setuju, sementara hanya 37,5% responden memilih setuju seperti terlihat pada Gambar 13. Hasil ini berarti banyak pengunjung mengalami kesulitan dalam mengakses tiket parkir hingga membayarnya. Karena itu pihak pengelola kawasan parkir UKI harus segera meningkatkan lagi sistem tiket parkir dengan metode terbaru yang mudah dan sederhana serta melakukan perawatan terhadap peralatan tiket parkir otomatis yang digunakan saat ini.



Gambar 13. Tingkat kepuasan mahasiswa terhadap sistem pembayaran parkir

3.13 Akses Pintu Keluar dan Masuk Parkir

Kepuasan responden atas pernyataan pengunjung dimudahkan untuk masuk dan keluar lahan parkir dengan mudah relatif tinggi. Sebesar 62,5% responden memilih setuju dan hanya 37,5% responden memilih tidak setuju seperti terlihat pada Gambar 14. Hasil ini berarti sudah cukup banyak pengunjung yang bisa dengan mudah masuk parkir demikian juga pada saat keluar maka dari itu pihak pengelola kawasan parkir UKI dapat mempertahankan akses pintu parkir dengan pemeliharaan secara berkala agar selalu dalam kondisi baik.



Gambar 14. Tingkat kepuasan mahasiswa terhadap akses pintu masuk dan keluar parkir

4. KESIMPULAN

Sesuai dengan hasil analisis data penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa tingkat pelayanan parkir di kawasan Universitas Kristen Indonesia sudah relatif baik pada beberapa aspek. Sebanyak 62,5% responden merasa dimudahkan dalam mengakses pintu keluar dan masuk parkir. Selain itu juga kepuasan pengunjung terlihat pada aspek pernyataan kawasan parkir UKI bersih dan asri serta juga kelengkapan fasilitas parkir termasuk panduan dan rambu yang tersedia. Selain itu dari sisi tarif parkir UKI dirasakan oleh Sebagian besar pengunjung sepadan dengan fasilitasnya dan cukup terjangkau. Dalam hal petugas parkir juga dirasakan oleh Sebagian besar pengunjung sangat ramah dan sangat membantu, mudah dicari pada jam kerja, serta selalu memberikan informasi yang tepat kepada pengunjung. Hanya beberapa aspek perlu diperbaiki oleh pihak pengelola seperti perlu meningkatkan pengaturan lapangan parkir yang ada agar kapasitas kendaraan parkir dapat ditingkatkan, meningkatkan pengelolaan dalam menata kembali lahan parkir UKI agar semakin nyaman dan memudahkan bagi pengunjung, menyediakan QR code diberbagai tempat yang dapat discan oleh pengunjung sebagai media untuk memberikan masukan dengan metode terbaru yang mudah dan sederhana pengganti kotak saran serta harus segera meningkatkan lagi sistem tiket parkir dengan metode terbaru yang mudah dan sederhana serta melakukan perawatan terhadap peralatan tiket parkir otomatis yang digunakan saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsi, A., & Herianto. (2021). Langkah-Langkah Uji Validitas Realibilitas Instrumen Dengan Menggunakan SPSS. *Makalah Pada Sekolah Tinggi Agama Islam (STAI) Darul Dakwah Wal-Irsyad (DDI) Kota Makassar, Indonesia*, 1–8. <https://osf.io/m3qxs>
- Febrianti, Y. (2013). Analisis Kualitas Pelayanan Retribusi Parkir Berlangganan (Studi Di Dinas Perhubungan Perihal Parkir Berlangganan di Kabupaten Sidoarjo). *Jurnal Administrasi Publik*, 1(6), 1077–1085.
- Ghozali. (2009). Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program SPSS. In *Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Badan Penerbit Universitas Diponegoro Semarang*.
- Ilosa, A. (2019). Kualitas Pelayanan Parkir di Tepi Jalan Umum Kota Yogyakarta. In *Doctoral dissertation, Fakultas ISIPOL Jurusan Magister Ilmu Administrasi Publik*.
- Ing, T. L., & Yanuardi, A. H. (2007). Tinjauan Kepuasan Pelanggan Terhadap Kualitas Pelayanan Parkir Basement di Pusat Perbelanjaan Bandung Supermall. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 174–193.
- Kusumaningtyas, R. H. (2016). Evaluasi Dan Perancangan Sistem Informasi Lahan Parkir. *Jurnal Sistem Informasi*, 9(1), 15–27.
- Pignataro, L. J., & Cantilli, E. J. (1973). Traffic Engineering: Theory and Practice. In *Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, ISBN: 0139262202*.
- Retnawati, H. (2017). Reliabilitas Instrumen Penelitian. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Unnes*, 12(1), 129541. <http://staffnew.uny.ac.id/upload/132255129/pengabdian/8> Reliabilitas3 alhamdulillah.pdf

William T. Dachi, E. Ndruru, H. Giawa, C.C.D. Sarumaha, E.Y. Laia, G.P. Sihombing, E. Gultom, E. Tambunan,
Analisis Kualitas Pelayanan Kawasan Parkir Berbayar Di Kampus Universitas Kristen Indonesia

- Rizani, A., & Yamani, M. (2017). Evaluasi Layanan Parkir Di Pusat Perbelanjaan Kota Kandangan (Studi Kasus Kawasan Parkir Lantai 2 Pasar Los Batu Kandangan). *Polhasains: Jurnal Sains Dan Terapan Politeknik Hasnur*, 5(1), 26–31.
- Santoso, N. D. (2017). Implementasi Konsep Green Campus di Kampus Itenas Bandung Berdasarkan Kategori Tata Letak dan Infrastruktur. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 4(5), 139–150.
- Septriyaningrum, I. A., Nugrahadi, D. T., & Ridwan, I. (2016). Perancangan Dan Pengembangan Prototype Sistem Parkir. *Klik - Kumpulan Jurnal Ilmu Komputer*, 3(2), 146.
- Sutapa, I. K., Suthanaya, P. A., & Suweda, I. W. (2008). Analisis Karakteristik dan Pemodelan Kebutuhan Parkir Pada Pusat Perbelanjaan di Kota Denpasar. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 12(2).
- Suthanaya, P. A. (2010). Analisis karakteristik dan kebutuhan ruang parkir pada pusat perbelanjaan di Kabupaten Badung. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14(1).
- UU No.22. (2009). *Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan*. 2(1), 1–8.
- Winayati, W., Lubis, F., & Haris, V. T. (2019). Analisis Kebutuhan Areal Parkir Gedung Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 39–51.

ANALISIS KEMACETAN LALU LINTAS DI RUAS JALAN CAWANG, JAKARTA TIMUR

Evan Axel Diaz¹, Korintus Raja Pandapotan¹, Crespo Sinaga¹, Alventinus Bago¹, Enos
Hulu¹, Joyman Buulolo¹, Efendy Tambunan²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: evandiaz1902@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: efendy.tambunan@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Congestion is the most wasteful aspect of city life. This situation consumes time and energy and harms air quality and human health. The traffic bottleneck in Cawang had a substantial detrimental impact. Motorists will experience lengthier travel times as a result of this because the increase in the number of vehicles in Jakarta is not proportional to the increase in road length. Many criteria must be considered while studying traffic congestion in Cawang, including daily traffic capacity, average trip time, traffic density, and average vehicle speed. This study uses a descriptive observational research approach. It employs quantitative research to analyze the amount of congestion in Cawang and the impact of the congestion on everyday activities in Cawang, East Jakarta. Data gathering methods include measuring the width of the road, the number of lanes, the width of the road lane, and conducting traffic surveys. Data processing employs two methods: the 1997 Indonesian Road Capacity Manual (MKJI) and the 2014 Indonesian Road Capacity Guidelines (PKJI). The research results show that daily traffic capacity, average travel time, traffic density, and average vehicle speed in Cawang are feeble.

Keywords: traffic density, traffic jams, travel time, vehicle speed,

ABSTRAK

Kemacetan adalah pemborosan terbesar dalam kehidupan perkotaan. Kondisi ini tidak hanya menghancurkan waktu dan energi, tetapi juga merusak kualitas udara dan kesehatan manusia. Kemacetan yang terjadi di Cawang memiliki dampak negatif yang signifikan. Hal ini mengakibatkan waktu tempuh yang lebih lama bagi para pengendara. Karena membludaknya jumlah kendaraan di Jakarta kenyataannya tidak sebanding dengan kenaikan panjang jalannya. Dalam analisis kemacetan lalu lintas di Cawang, sejumlah penyebab faktor yang perlu dipertimbangkan antara lain kapasitas lalu lintas harian, waktu perjalanan rata-rata, kepadatan lalu lintas, dan kecepatan rata-rata kendaraan. Penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif bertujuan untuk menganalisis berapa besar tingkat kemacetan di Cawang serta dampak kemacetan yang terjadi, terhadap aktivitas sehari-hari di Cawang Jakarta Timur dengan menggunakan rancangan penelitian deskriptif observasional. Pengumpulan data meliputi pengukuran lebar jalan, jumlah lajur, lebar lajur jalan dan survei lalu lintas. Pengolahan data menggunakan dua metode dengan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kapasitas lalu lintas harian, waktu perjalanan rata-rata, kepadatan lalu lintas, dan kecepatan rata-rata kendaraan di Cawang dalam kategori sangat buruk.

Kata kunci: kecepatan kendaraan, kemacetan lalu lintas, kepadatan lalu lintas, waktu perjalanan

Evan A. Diaz, Korintus R. Pandapotan, Crespo Sinaga, Alventinus Bago, Enos Hulu, Joyman Buulolo, Efendy Tambunan, Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Cawang, Jakarta Timur

1. PENDAHULUAN

Jakarta menempati peringkat ke-29 dari 389 kota di seluruh dunia sebagai kota dengan jalan raya termacet (TomTom Traffic Index, 2023). Kemacetan di Jakarta sudah menjadi masalah krusial yang berdampak menimbulkan permasalahan lainnya pada bidang Kesehatan, pendidikan, dan juga lapangan. Cawang merupakan persimpangan penting yang menghubungkan beberapa jalur transportasi utama di Jakarta Timur, seperti Jalan Letjen MT. Haryono, Jalan Raya Bogor, dan Jalan Tol Jagorawi. Pertumbuhan populasi juga menjadi peningkatan jumlah penduduk di perkotaan menyebabkan melonjak jumlah kendaraan yang bisa ditemui di jalan, yang pada gilirannya dapat menyebabkan kemacetan (Soehodho, 2017).

Urbanisasi yang tidak terkendali dan kurangnya perencanaan perkotaan yang baik dapat mengakibatkan kemacetan lalu lintas yang parah (Nugroho, 2019). Dengan meningkatnya mobilitas kendaraan yang beroperasi di jalan menjadikan Jakarta sebagai kota pusat perekonomian dan perdagangan yang paling padat di Indonesia sehingga seringkali menimbulkan kemacetan lalu lintas di hampir setiap ruas jalan. Tentunya kemacetan lalu lintas yang terjadi akan menimbulkan kerugian yang cukup besar bagi pengguna jalan, antara lain peningkatan kebisingan dan polusi udara, penurunan kenyamanan lalu lintas, serta peningkatan pemborosan bahan bakar dan energi. Kemacetan adalah pemborosan terbesar dalam kehidupan perkotaan. Kondisi ini tidak hanya menghancurkan waktu dan energi, tetapi juga merusak kualitas udara dan kesehatan manusia (TomTom Traffic Index, 2023). Kemacetan yang terjadi di Cawang memiliki dampak negatif yang signifikan. Hal ini mengakibatkan waktu tempuh yang lebih lama bagi para pengendara. Sederhananya, pertumbuhan jaringan jalan raya di Jakarta tidak bisa mengimbangi peningkatan populasi mobil di kota tersebut. Kepadatan penduduk yang tinggi dan tingkat mobilisasi di Jakarta memerlukan perluasan infrastruktur serta peningkatan layanan kesehatan kota.

Dalam analisis kemacetan lalu lintas di Cawang, sejumlah penyebab faktor yang perlu dipertimbangkan antara lain kapasitas lalu lintas harian, waktu perjalanan rata-rata, kepadatan lalu lintas, dan kecepatan rata-rata kendaraan. Selain itu, data tentang pola pergerakan kendaraan selama jam sibuk, titik-titik bottleneck, dan infrastruktur lalu lintas di sekitar Cawang juga perlu dikumpulkan dan dianalisis. Dengan melakukan analisis yang komprehensif, pemerintah setempat dan badan terkait dapat mengidentifikasi penyebab kemacetan dan merancang solusi yang efektif. Solusi yang mungkin termasuk perbaikan infrastruktur seperti penambahan jalur jalan, pembangunan jalan layang dan peningkatan transportasi umum (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1999).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis berapa besar tingkat kemacetan di Cawang serta dampak kemacetan yang terjadi, terhadap aktivitas sehari-hari di Cawang Jakarta Timur. Penelitian tentang kemacetan di Cawang memiliki potensi untuk memberikan dampak sosial dan kebijakan yang signifikan. Hasil penelitian dapat digunakan untuk menyusun kebijakan transportasi yang lebih efektif sehingga meningkatkan kualitas hidup masyarakat, dan mengurangi dampak negatif kemacetan terhadap lingkungan dan kesehatan. Penelitian ini juga dapat memberikan dasar yang kuat bagi pengambilan keputusan yang berkelanjutan dan berwawasan masa depan di bidang transportasi dan perencanaan perkotaan.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan desain penelitian deskriptif observasional. Menghitung jalur, mengukur lebar bahu jalan, dan melakukan penghitungan lalu lintas merupakan bagian dari proses pengumpulan data. Terdapat dua

pendekatan pengolahan data yang berbeda, satu menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997 dan satu lagi menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2014.

Periode pengamatan survei lalu lintas selama lima hari. Mulai Senin tanggal 19 Juni 2023 sampai dengan Jumat tanggal 23 Juni 2023, kecuali hari Sabtu dan Minggu, dengan mengambil jumlah kendaraan di jalan setiap dua jam sekali yaitu pada pagi hari setiap 15 menit mulai pukul 07.00 – 08.00 WIB. *Hand counter, smartphone* sebagai *traffic counter* dan video pergerakan kendaraan, stopwatch, meteran, dan kertas pencatatan data digunakan sebagai alat pengukur dalam survei lalu lintas. Kendaraan yang dihitung terdiri dari sepeda motor, mobil kecil hingga bus besar dan truk semi-trailer. Pencatatan dilakukan dengan membuat video pergerakan kendaraan dari sisi samping jalan dan juga mengukur panjang marka dan jarak antar marka jalan. Lokasi survey penelitian lalu lintas akan dilakukan di Jembatan Penyeberangan Orang - JPO UKI (Gambar 1). Pemilihan lokasi didasarkan pada prevalensi kemacetan jalan raya.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Studi ini menggunakan data utama dari hasil pengamatan lapangan, seperti profil dan ruas jalan, volume lalu lintas, kecepatan, dan kepadatan, serta faktor lainnya sebagaimana terlihat pada Gambar 2. Persimpangan jalan ditentukan sebagai titik yang akan disurvei untuk pengumpulan data tersebut merupakan tempat pendataan survei lalu lintas Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) UKI yang akan datang. Data primer dikumpulkan dengan menggunakan metodologi observasi, yaitu suatu jenis pengumpulan data yang melibatkan pengamatan dan pencatatan segala proses yang berlangsung pada lalu lintas jalan raya di bawah jembatan penyeberangan.

Evan A. Diaz, Korintus R. Pandapotan, Crespo Sinaga, Alventinus Bago, Enos Hulu, Joyman Buulolo, Efendy Tambunan, Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Cawang, Jakarta Timur



Gambar 2. Kondisi Jalan Jembatan Penyebrangan Orang (JPO) UKI

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Beban Lalu Lintas

Dari hasil survey lalu lintas dari hari senin sampai jumat, diperoleh data kendaraan pada Tabel 1 dengan Panjang setiap marka jalan: 5 m (d_1 dan d_3) Jarak antar marka: 3,05 m (d_2).

Tabel 1. Data Survey Lalu Lintas

Hari	Pukul	Jenis Kendaraan		
		Sepeda Motor	Kendaraan Ringan	Kendaraan Berat
Senin	07.00-07.15	2490	768	100
	07.15-07.30	3389	1141	68
	07.30-07.45	3200	1098	120
	07.45-08.00	2991	798	112
Selasa	07.00-07.15	3390	1219	150
	07.15-07.30	3468	1389	132
	07.30-07.45	3354	879	96
	07.45-08.00	2915	713	78
Rabu	07.00-07.15	3356	1140	101
	07.15-07.30	3176	890	88
	07.30-07.45	3278	793	145
	07.45-08.00	2872	670	96
Kamis	07.00-07.15	3498	1129	156
	07.15-07.30	3271	1003	110
	07.30-07.45	3366	918	100
	07.45-08.00	2608	515	77
Jumat	07.00-07.15	3468	835	105
	07.15-07.30	3271	1221	122
	07.30-07.45	2980	1117	93
	07.45-08.00	3176	785	116

Waktu tempuh kendaraan (Tabel 2) dan kecepatan rata-rata kendaraan (Tabel 3) untuk melintasi marka jalan pada saat survei dengan mengambil 4 kendaraan dalam setiap sesi sesuai dengan formula:

$$V \text{ rata-rata} = (d_1 + d_2 + d_3) / (t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n)/n \quad (1)$$

dimana: d = Panjang marka jalan dan jarak antar marka jalan

n = Banyak kendaraan

Tabel 2. Waktu Tempuh Kendaraan

Hari	Kendaraan	Waktu Tempuh Kendaraan (detik)			
		Sesi 1 (07.00-07.15) (t ₁)	Sesi 2 (07.15-07.30) (t ₂)	Sesi 3 (07.30-07.45) (t ₃)	Sesi 4 (07.45-08.00) (t ₄)
Senin	1	1,9	1,3	1,2	4,3
	2	1,2	1,1	1,3	4,1
	3	1,7	1,4	1,3	4,2
	4	1,4	1,3	1,2	3,9
	Jumlah	6,2	5,1	5,0	16,5
Selasa	1	1,7	1,1	1,0	4,1
	2	1,4	1,3	1,5	4,3
	3	1,9	1,6	1,5	4,4
	4	1,6	1,5	1,4	4,1
	Jumlah	6,6	5,5	5,4	16,9
Rabu	1	1,8	1,2	1,1	4,2
	2	1,5	1,4	1,6	4,4
	3	2,0	1,7	1,6	4,5
	4	1,7	1,6	1,5	4,2
	Jumlah	7,0	5,9	5,8	17,3
Kamis	c	1,6	1,0	0,9	4,0
	2	1,1	1,0	1,2	4,0
	3	1,9	1,6	1,5	4,4
	4	1,3	1,2	1,1	3,8
	Jumlah	5,9	4,8	4,7	16,2
Jumat	1	1,5	0,9	0,8	3,9
	2	1,3	1,2	1,4	4,2
	3	1,5	1,2	1,0	4,0
	4	1,8	1,7	1,6	4,3
	Jumlah	6,1	5,0	4,8	16,4

Tabel 3. Kecepatan Rata-Rata Kendaraan

Hari	Waktu Tempuh Kendaraan (detik)			
	Sesi 1 (07.00-07.15)	Sesi 2 (07.15-07.30)	Sesi 3 (07.30-07.45)	Sesi 4 (07.45-08.00)
Senin	8,42	10,24	10,44	3,16
Selasa	7,90	9,50	9,60	3,10
Rabu	7,46	8,85	9,00	3,00
Kamis	8,85	10,88	11,11	3,22
Jumat	8,56	10,44	10,88	3,18

Evan A. Diaz, Korintus R. Pandapotan, Crespo Sinaga, Alventinus Bago, Enos Hulu, Joyman Buulolo, Efendy Tambunan, Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Cawang, Jakarta Timur

Sedangkan dalam perhitungan arus lalu lintas digunakan satuan SMP/jam dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Arus (q)} = \text{Jumlah kendaraan (n)} / (\text{Jumlah lajur (m)} \times \text{Waktu pengamatan (T)}) \quad (2)$$

Nilai konversi SMP penelitian berlangsung dapat dilihat pada Tabel 4 sehingga dapat disimpulkan bahwa kredibilitas dan objektifitasnya terjamin baik untuk arus lalu lintas (Tabel 5) maupun untuk kepadatan lalu lintas (Tabel 6).

Tabel 4. Konversi SMP

Tipe Kendaraan	Nilai SMP
Kendaraan Ringan	1,0
Kendaraan Berat	1,3
Motor	0,25

Tabel 5. Arus Lalu Lintas

Hari	Waktu (detik)			
	Sesi 1 (07.00-07.15)	Sesi 2 (07.15-07.30)	Sesi 3 (07.30-07.45)	Sesi 4 (07.45-08.00)
Senin	1720,9	1825,8	2347,4	1897,2
Selasa	2582,2	2804,7	2077,2	1733,7
Rabu	2422,0	2039,0	2067,4	1685,0
Kamis	2498,2	2386,0	2134,9	1398,5
Jumat	2057,5	2527,1	2290,1	1930,5

Tabel 6 Kepadatan lalu lintas

Hari	Waktu (detik)			
	Sesi 1 (07.00-07.15)	Sesi 2 (07.15-07.30)	Sesi 3 (07.30-07.45)	Sesi 4 (07.45-08.00)
Senin	204,38	178,30	224,85	600,40
Selasa	326,86	295,23	216,38	559,26
Rabu	324,66	230,40	229,71	561,66
Kamis	282,28	219,30	192,16	434,32
Jumat	240,36	242,06	210,49	607,08

4. KESIMPULAN

Kemacetan lalu lintas merupakan permasalahan utama kota-kota besar di Indonesia. Jakarta merupakan salah satu kota besar yang sering mengalami kemacetan seperti ini. Meningkatnya jumlah kendaraan setiap tahun, didorong oleh laju pertumbuhan penduduk yang semakin cepat. Kondisi ini diperparah dengan jaringan jalan raya yang tidak memadai. Diperlukan suatu tindakan cepat untuk mengurangi kemacetan lalu lintas karena dapat berakibat melumpuhkan kota. Jika terus berlanjut akan menimbulkan gangguan pada perekonomian yang bersentuhan dengan kehidupan masyarakat sehari-hari. Observasi lapangan dan analisis permasalahan menunjukkan bahwa kemacetan paling parah terjadi pada jalan lalu lintas Jembatan Penyeberangan (JPO) UKI di Cawang, Jakarta Timur (depan Universitas Kristen Indonesia), dan puncaknya terjadi antara pukul 07.00: 30 dan 08:00 WIB. Kecepatan rata-rata kendaraan yang lebih lambat di jalan menjadi salah satu indikator. Aktivitas pejalan kaki dan penyeberangan, kebiasaan transportasi kota, banyaknya jumlah kendaraan, dan kepadatan persimpangan jalan semuanya berkontribusi terhadap kemacetan

lalu lintas di Jl. Mayjen Sutoyo No. 2, Cawang, Jakarta Timur (tepat di depan Universitas Kristen Indonesia). Pemanfaatan kapasitas jalan dengan baik tanpa adanya kendaraan parkir atau pedagang yang berjualan di badan jalan tentunya akan memperlancar arus lalu lintas. Untuk itu diperlukan kesadaran pengguna jalan dan ketegasan aparat untuk mendisiplinkan pengguna jalan sesuai peraturan yang berlaku di jalan. Selain itu pemerintah juga memperbanyak layanan transportasi umum yang cukup nyaman bagi masyarakat sebagai alternatif angkutan umum untuk mengurangi kemacetan lalu lintas.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (1999). *Rekayasa Lalu Lintas : Pedoman Perencanaan Dan Pengoperasian Lalu Lintas Di Wilayah Perkotaan. Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Jakarta.*
- Ilham, I., Ahmad, S. N., & R. Nuhun. (2020). Analisis Faktor–Faktor Pemilihan Moda Transportasi Ke Kampus Oleh Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Halu Oleo. *STABILITA: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Doi: 10.55679/Jts.V8i2.13683*, 8(2).
- Moleong, L. J. (2018). Metodologi Penelitian Kualitatif. In *Penerbit PT Remaja Rosdakarya, Bandung, Cetakan ketiga puluh delapan, Juli 2018, ISBN 979-514-051-5.*
- Nugroho, R. (2019). Manajemen Transportasi Perkotaan: Kebijakan, Perencanaan, dan Pengoperasian Sistem Transportasi. *Penerbit Alfabeta, Bandung.*
- Soehodho, S. (2017). Perencanaan Transportasi: Teori dan Aplikasi. In *Penerbit Erlangga, Jakarta.*
- Sulistyono, S., Kriswardhana, W., & J. B. Arianto. (2022). Behavior Model Analysis of Pedestrians and Cyclists Mode Selection Based on Active Transportation on Universitas Jember Tegalboto Campus. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Doi: 10.1088/1755-1315/1000/1/012021.*
- TomTom Traffic Index. (2023). *Kemacetan Lalu Lintas pada Tahun 2022. Studi Global Tentang TomTom Traffic Index, <https://www.Tomtom.Com/Traffic-Index/>.*

[halaman ini sengaja dikosongkan]

ANALISIS KEMACETAN LALU LINTAS DI RUAS JALAN KALIMALANG BEKASI

Rio I. Silalahi¹, Ruth N. Bunitte¹, Michelle G. Tambunan¹, Putri R. B. Purba¹, Serina T. A.
Aritonang¹, Stevany J. Simbiak¹, Efendy Tambunan²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: immanuel766hi@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: efendy.tambunan@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Congestion in Bekasi City occurs in numerous areas, including the Jalan Raya Kalimalang segment, where most Bekasi City residents' activities occur, such as Bekasi City residents traveling to Jakarta or Bekasi Regency. Potholes, unlawful parking, and various public facility servicing activities can all contribute to traffic congestion. This study intends to conduct a congestion analysis that covers traffic volume and delay duration at the turning point. According to the research findings, the highest traffic volume influenced by side obstructions was 1082, while the lowest was 808. Jl. Raya Kalimalang traffic jams are influenced by two activities at the U-turn point, which increase the unit value of vehicle flow on the main road segment.

Keywords: side obstacles, traffic jams, U-turn points

ABSTRAK

Kemacetan di Kota Bekasi terjadi di beberapa titik, salah satunya adalah ruas Jalan Raya Kalimalang dimana daerah tersebut paling merupakan tempat banyak aktivitas warga kota Bekasi dilakukan seperti warga kota Bekasi yang menuju Jakarta maupun menuju ke Kabupaten Bekasi. Banyaknya hambatan seperti jalan berlubang, parkir liar, dan beberapa kegiatan pelayanan fasilitas umum dapat menjadi menambahnya masalah kemacetan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisa kemacetan yang mencakup volume lalu lintas dan waktu tundaan pada titik putaran balik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume lalu lintas terbesar yang dipengaruhi oleh hambatan samping berada di angka 1082 kendaraan dan terkecil sebesar 808 kendaraan. Kemacetan lalu lintas di segmen Jl. Raya Kalimalang dipengaruhi oleh 2 aktivitas pada titik putaran balik yang menyebabkan peningkatan nilai satuan arus kendaraan pada segmen jalan utama.

Kata kunci: hambatan samping, kemacetan, titik putaran balik

1. PENDAHULUAN

Kota Bekasi merupakan bagian dari metropolitan Jakarta Raya dan menjadi kota satelit dengan jumlah penduduk terbanyak se-Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Bekasi pada tahun 2020, penduduk kota Bekasi mencapai angka sebesar 3,084 juta penduduk dan akan terus meningkat (BPS, 2020). Hal ini berdampak pada terjadinya perubahan tata guna lahan. Perubahan tata guna lahan pada kawasan lalu lintas tersebut menjadi salah satu faktor utama pergerakan dan aktivitas, contohnya pada kawasan perdagangan dan jasa, kawasan kesehatan, maupun pendidikan yang memamcu tumbuhnya bangkitan ataupun tarikan pergerakan. Pergerakan yang tidak diikuti dengan adanya peningkatan pekalayanan jalan, akan mengakibatkan timbulnya dampak negatif berupa turunnya kinerja jalan. Kinerja suatu jalan sangat ditentukan oleh penggunaan ruang pada lebar jalan serta pengaturan bangunan disepanjang ruas jalan (N. D. Afsari, 2020; Prasetyo, 2005).

Rio I. Silalahi, R.N. Bunitte, M. G. Tambunan, P. R. B. Purba, S. T. A. Aritonang, S. J. Simbiak, E. Tambunan. Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Kalimalang Bekasi

Penggunaan area pada suatu ruas wilayah suatu jalan sangat berpengaruh terhadap kinerja jalannya, semakin tinggi aktivitas pada suatu ruas wilayah maka semakin tinggi juga tingkat kemampuan menarik aktivitas pada lalu lintas. Beberapa aktivitas yang mampu mempengaruhi kinerja jalan seperti aktivitas pendidikan, perkantoran, perdagangan, serta jasa, memiliki jam puncak (jam pergi dan pulang) yang membuat adanya penambahan volume kendaraan seperti kendaraan antar jemput sekolah maupun lembaga yang parkir di badan jalan, kemudian aktivitas menarik dan menurunkan penumpang ataupun barang disekitar area lalu lintas (N. D. Afsari, 2020). Penggunaan area pada suatu ruas wilayah dapat dikategorikan sebagai salah satu hambatan samping, karena hambatan samping yang dapat diartikan sebagai suatu aktivitas disamping segmen jalan yang mampu menimbulkan masalah disepanjang jalan dengan menghambat kinerja jalan untuk berkerja secara maksimal (O. Z. Tamin, 2019).

Kemacetan di Kota Bekasi terjadi di beberapa titik, salah satunya adalah ruas Jalan Raya Kalimalang dimana daerah tersebut paling merupakan tempat banyak aktivitas warga kota Bekasi dilakukan seperti warga kota Bekasi yang menuju Jakarta maupun menuju ke Kabupaten Bekasi (Administrator, 2019). Banyaknya hambatan seperti jalan berlubang, parkir liar, dan beberapa kegiatan pelayanan fasilitas umum dapat menjadi menambahnya masalah kemacetan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisa kemacetan yang mencakup volume lalu lintas dan waktu tundaan pada titik putaran balik (*U-turn*). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan solusi dan menjadi bahan masukan bagi pengurus wilayah setempat supaya dapat meningkatkan pelayanan yang lebih efektif terhadap lalu lintas di Kota Bekasi.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan rancangan penelitian deskriptif observasional. Metode ini digunakan untuk melihat gambaran dari fenomena, deskripsi kegiatan yang dilakukan secara sistematis dan lebih menekankan pada data sebenarnya dari pada kesimpulan yang didapat (PU, 2014). Metode dalam pengumpulan data yang digunakan adalah metode survei lapangan. Metode survei lapangan digunakan untuk mendapatkan data-data pada suatu tempat dengan menggunakan berbagai cara sebagaimana yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya (Baidhowi, 2019; Cindy, 2016; N. Pusparini, 2018).

Lokasi penelitian berlokasi di daerah ruas jalan raya Kota Bekasi dilakukan penentuan lokasi untuk sering terjadinya macet pada ruas Jalan Raya Kalimalang - Jakarta) untuk pengambilan data (Gambar 1). Data yang diolah dalam penelitian adalah data primer yang terdiri dari data sekunder yang terolah dan ada juga data sekunder yang digunakan merupakan data-data mengenai struktur geometri jalan. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh kendaraan yang melewati segmen Jalan Raya Kalimalang Kota Bekasi.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

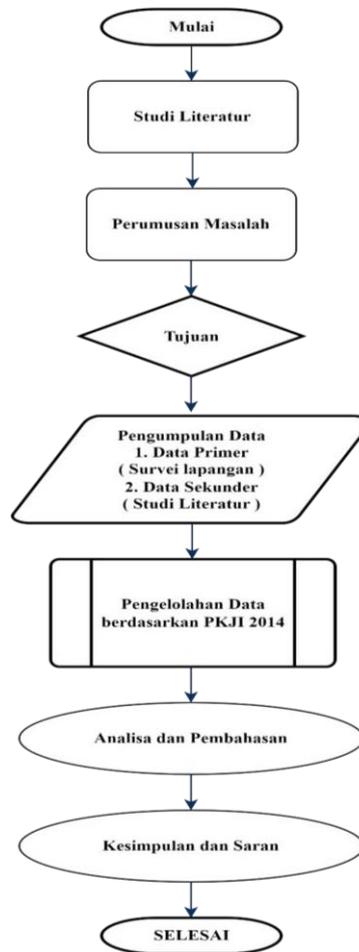
Metode survei dilaksanakan dengan cara observasi, mengukur dan mencatat data yang di dapat ke dalam pelaporan survei sesuai dengan tujuan yang ingin diambil. Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah pengamatan yang dilakukan dengan cara memperhitungkan atau pun mengukur semua titik survei yang telah ditentukan pada ruas jalan seperti terlihat pada Gambar 2. Waktu penelitian dilakukan selama 2 hari kerja dengan tiap harinya dilakukan pada saat jam puncak aktivitas kendaraan untuk pengambilan data. Dalam 1 hari hanya diambil pada jam - jam sibuk, yaitu pagi hari pukul 07.00 - 08.00 WIB. Metode survei dilakukan dengan cara mengukur jumlah lalu lintas kendaraan yang lewat di segmen jalan raya Kalimalang tersebut. Pencacatan dilakukan dengan cara mencatat volume kendaraan dalam interval waktu 10 – 15 menit. Sedangkan pengukuran hambatan samping dilakukan untuk menghitung secara langsung kejadian yang terjadi pada jam sibuk pada segmen jalan yang diamati.



Gambar 2. Kondisi Ruas Jalan Kalimalang

Analisa dilakukan setelah data yang diperlukan sudah cukup dengan menggunakan data yang diperoleh di lokasi penelitian dan rumus yang ada pada landasan teori. Analisis data kemacetan akan diukur berdasarkan PKJI 2014 sesuai alur penelitian pada Gambar 3 berikut:

Rio I. Silalahi, R.N. Bunitte, M. G. Tambunan, P. R. B. Purba, S. T. A. Aritonang, S. J. Simbiak, E. Tambunan. Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Kalimalang Bekasi



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Beban Lalu Lintas

Dari hasil survei lalu lintas selama 1 jam (dari pukul 06.45 – 07.48) dengan interval 15 menit, dilakukan pada segmen Jl. Raya Kalimalang, Kota Bekasi – Jakarta sepanjang 7 m pada hari Kamis tanggal 22 Juni 2023, didapatkan data seperti terlihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3 untuk kendaraan menuju Jakarta.

Tabel 1. Data Survey Lalu Lintas

Pukul	Jenis Kendaraan		
	Sepeda Motor	Kendaraan Ringan	Kendaraan Berat
06.45 – 07.00	656	223	16
07.01 – 07.16	874	197	11
07.17 – 07.32	821	163	9
07.33 – 07.48	705	98	5

Tabel 2. Jumlah Kendaraan U-Turn ke Arah Jakarta

Pukul	Jenis Kendaraan		
	Sepeda Motor	Kendaraan Ringan	Kendaraan Berat
06.45 – 07.00	67	109	3
07.01 – 07.16	45	89	0
07.17 – 07.32	59	72	2
07.33 – 07.48	63	42	1

Tabel 3. Jumlah Kendaraan U-Turn ke Arah Bekasi

Pukul	Jenis Kendaraan		
	Sepeda Motor	Kendaraan Ringan	Kendaraan Berat
06.45 – 07.00	37	58	0
07.01 – 07.16	51	63	0
07.17 – 07.32	49	46	0
07.33 – 07.48	26	31	0

Berikut adalah waktu tempuh kendaraan untuk melintasi panjang jalan pada saat survey dengan mengambil 3 jenis kendaraan dalam setiap lajur seperti terlihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Waktu Tempuh Kendaraan

Kendaraan	Waktu (t)	Waktu Tempuh Kendaraan (detik)			
		Sesi 1 (07.00-07.15)	Sesi 2 (07.15-07.30)	Sesi 3 (07.30-07.45)	Sesi 4 (07.45-08.00)
1	t ₁	4,03	17,25	10,48	06,71
2	t ₂	3,38	8,59	09,44	05,30
3	t ₃	16,06	15,50	09,45	09,51
4	t ₄	7,73	11,43	11,58	08,53
5	t ₅	6,99	8,48	08,47	06,75
Jumlah		38,19	61,25	49,42	36,80

Tabel 5. Data Rata-Rata Waktu, Kecepatan dan Kapasitas Kendaraan

Jam	t _{rata-rata} (s)	V _{rata-rata} (km/jam)	q (SMP/jam)	K (SMP/km)
06.45 – 07.00	7,638	3,3	1790	542,42
07.01 – 07.16	12,25	2,1	2164	1030
07.17 – 07.32	9,9	2,52	1986	788
07.33 – 07.48	12,76	1,9	1616	850,52

Sedangkan untuk perhitungan kendaraan pada titik balik arah Jakarta dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Waktu Tempuh Kendaraan di titik balik Arah Jakarta

Kendaraan	Waktu (t)	Waktu Tempuh Kendaraan (detik)			
		Sesi 1 (07.00-07.15)	Sesi 2 (07.15-07.30)	Sesi 3 (07.30-07.45)	Sesi 4 (07.45-08.00)
1	t ₁	4,12	13,75	30,37	5,83
2	t ₂	2,49	19,47	28,13	10,49
3	t ₃	2,06	8,80	11,1	5,84

Rio I. Silalahi, R.N. Bunitte, M. G. Tambunan, P. R. B. Purba, S. T. A. Aritonang, S. J. Simbiak, E. Tambunan. Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Kalimalang Bekasi

Jumlah	8,67	42,02	69,60	22,16
Tabel 7. Data Rerata Waktu, Kecepatan dan Kapasitas Kendaraan di Titik Balik Arah Jakarta				
Jam	$t_{rata-rata}$ (s)	$V_{rata-rata}$ (km/jam)	q (SMP/jam)	K (SMP/km)
06.45 – 07.00	2,89	4,9	358	73,06
07.01 – 07.16	14,06	1,02	269	262,7
07.17 – 07.32	23,2	1	266	266
07.33 – 07.48	7,38	2	212	106

Sedangkan untuk perhitungan kendaraan pada titik balik arah Bekasi dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Waktu Tempuh Kendaraan di titik balik Arah Bekasi					
Kendaraan	Waktu (t)	Waktu Tempuh Kendaraan (detik)			
		Sesi 1 (07.00-07.15)	Sesi 2 (07.15-07.30)	Sesi 3 (07.30-07.45)	Sesi 4 (07.45-08.00)
1	t_1	6,75	6,44	5,53	5,43
2	t_2	5,50	5,41	5,21	3,91
3	t_3	3,31	4,76	5,50	9,53
Jumlah		15,56	16,61	16,21	18,87

Tabel 9. Data Rerata Waktu, Kecepatan dan Kapasitas Kendaraan di Titik Balik Arah Bekasi					
Jam	$t_{rata-rata}$ (s)	$V_{rata-rata}$ (km/jam)	q (SMP/jam)	K (SMP/km)	
06.45 – 07.00	5,20	2,88	190	65,97	
07.01 – 07.16	5,54	2,52	228	90,50	
07.17 – 07.32	5,40	2,70	190	70,40	
07.33 – 07.48	6,30	2,27	114	50,22	

Untuk meningkatkan pelayanan jalan data yang diperlukan berupa data volume lalu lintas dan kapasitas jalan. Dari perhitungan di atas diperoleh nilai tingkat pelayanan Jl. Raya Kalimalang Bekasi – Jakarta seperti terlihat pada Tabel 10. Tingkat pelayanan jalan pada segmen Jl. Raya Kalimalang Bekasi – Jakarta memiliki nilai $Q/C > 1$ tergolong tingkat F, hal tersebut menyebabkan kondisi lalu lintas yang menjadi terhambat dan arus lalu lintas menjadi tertahan, tingkat pelayanan jalan menjadi berkurang.

Tabel 10. Data Rerata Waktu, Kecepatan dan Kapasitas Kendaraan di Titik Balik Arah Bekasi			
Arah Putaran	q (SMP/jam)	K (SMP/km)	Q/C
Jakarta ke Bekasi	228	90,5	2,52
Bekasi ke Jakarta	2164	1030	2,10

Berdasarkan hasil perhitungan di atas terlihat bahwa kondisi segmen Jalan Raya Kalimalang Kota Bekasi – Jakarta adalah padat merayap dikarenakan hambatan samping yang berupa fasilitas umum sedang tidak beroperasi, hal tersebut menyebabkan segmen jalan tersebut tidak terlalu padat akan kendaraan. Volume lalu lintas terbesar pada segmen Jalan Raya Kalimalang arah Jakarta tanpa adanya hambatan samping U -turn terjadi pada pengamatan jalan sesi ke-2 pukul 07.01 – 07.16 dimana besar volume sebesar 1082 kendaraan yang terdiri dari 3 jenis kendaraan, dan untuk volume lalu lintas terkecil Jalan

Raya Kalimalang arah Jakarta terjadi pada pengamatan sesi ke-4 pukul 07.33 – 07.48 dengan besar volume lalu lintas 808 kendaraan yang terdiri dari 3 jenis kendaraan.

3.2. Hambatan Samping

Peningkatan satuan arus kendaraan yang sebanding terjadi pada pengamatan jalan sesi ke-2, dimana satuan arus kendaraan yang disebabkan oleh hambatan samping *U-turn* arah Bekasi sebesar $90,5 \text{ SMP/km}$ menyebabkan peningkatan satuan arus kendaraan pada segmen jalan utama sebesar 1030 SMP/km . Volume lalu lintas terbesar pada segmen Jalan Raya Kalimalang arah Jakarta tanpa adanya hambatan samping *U-turn* terjadi pada pengamatan jalan sesi ke-2 pukul 07.01 – 07.16 dimana besar volume sebesar 1082 kendaraan yang terdiri dari 3 jenis kendaraan, dan untuk volume lalu lintas terkecil Jalan Raya Kalimalang arah Jakarta terjadi pada pengamatan sesi ke-4 pukul 07.33 – 07.48 dengan besar volume lalu lintas 808 kendaraan yang terdiri dari 3 jenis kendaraan.

Segmen Jalan Raya Kalimalang arah Jakarta memiliki 2 hambatan samping yaitu *U-turn* arah Jakarta dan *U-turn* arah Bekasi dari 2 hambatan samping tersebut, bisa dilihat dari hasil perhitungan parameter di atas bahwa hambatan samping *U-turn* arah Jakarta mempengaruhi kecepatan, arus, dan kepadatan lalu lintas pada ruas Jalan Raya Kalimalang arah Jakarta karena nilai dari satuan arus kendaraan mengalami peningkatan yang sebanding. Peningkatan satuan arus kendaraan yang sebanding terjadi pada pengamatan jalan sesi ke-2, dimana satuan arus kendaraan yang disebabkan oleh hambatan samping *U-turn* arah Bekasi sebesar $90,5 \text{ SMP/km}$ menyebabkan peningkatan satuan arus kendaraan pada segmen jalan utama sebesar 1030 SMP/km .

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas maka kondisi kemacetan di segmen Jl. Raya Kalimalang tergolong padat merayap, dengan besar volume lalu lintas terbesar yang dipengaruhi oleh hambatan samping berada di angka 1082 kendaraan pada pengamatan jalan sesi ke-2, dan volume lalu lintas terkecil sebesar 808 kendaraan pada pengamatan jalan sesi ke-4. Kemacetan lalu lintas di segmen Jl. Raya Kalimalang – Jakarta dipengaruhi oleh 2 aktivitas *U-turn*, dimana aktivitas *U-turn* pada pengamatan jalan sesi ke-2 menyebabkan peningkatan nilai satuan arus kendaraan pada segmen jalan utama

DAFTAR PUSTAKA

- Administrator. (2019). Bekasi Macet, Dishub: Kapasitas Jalan dan Kendaraan Tak Sebanding. Bekasi Kota, <https://Eyeclick.Bekasikota.Go.Id/Blogs/Umum/Bekasi-Macet-Dishub-Kapasitas-Jalan-Dan-Kendaraan-Tak-Sebanding>.
- Baidhowi, A. (2019). Analisis Kemacetan Di Ruas Jalan Raya Aloha Sidoarjo. *Swara Bhumi*, 1(3).
- BPS. (2020). Statistik Kota Bekasi. *Badan Pusat Statistik Bekasi*.
- Cindy, N. (2016). Analisa dan Solusi Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Kota (Studi Kasus Jalan Imam Bonjol - Jalan Sisingamangaraja). *JRSDD, ISSN:2303-0011, 2016, 4*.
- N. D. Afsari. (2020). Jalan Pada Kawasan Kampung Pelajar (Studi Kasus Koridor Jalan Kapten Piere Tendean Kota Balikpapan). [Http://Repository.Itk.Ac.Id/225/](http://Repository.Itk.Ac.Id/225/).
- N. Pusparini. (2018). Analisis Prioritas Kebijakan Penanganan Kemacetan Di Jalan Raya Bogor Kawasan Cililitan – Pekayon Jakarta Timur. In *Universitas Diponegoro, Semarang*.

Rio I. Silalahi, R.N. Bunitte, M. G. Tambunan, P. R. B. Purba, S. T. A. Aritonang, S. J. Simbiak, E. Tambunan. Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Kalimalang Bekasi

O. Z. Tamin. (2019). *Pemodelan, dan Rekayasa Transportasi*. In *ITB Press*.

Prasetyo, H. (2005). *Inovasi Praktek Penataan Ruang dalam Desentralisasi Pembangunan*.
Seminar Nasional Surabaya, 22 September 2005
https://Repository.Ugm.Ac.Id/92190/1/23_Model%20desain%20keruangan.Pdf.

PU. (2014). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia - Kapasitas Jalan Luar Kota*. *Kementerian Pekerjaan Umum*.

KAJIAN MANAJEMEN RISIKO BENCANA ALAM UNTUK MENDUKUNG PEYANDANG DISABILITAS

Putri Rimbun Purba¹, Candra Christiani Purnomo²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: putirimbunpurba0212@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: candra.christianti@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Indonesia, as a country located in a region prone to natural disasters, often experiences various types of disasters, such as earthquakes, tsunamis, landslides, flash floods, and tornadoes. These disasters result in severe loss of life, property and environmental damage. Disaster risk varies based on each region's vulnerability level and economic factors. One vulnerable group often overlooked in disaster management efforts is people with disabilities. This paper discusses disaster risk management and efforts to reduce disaster risk to persons with disabilities. Factors such as disaster preparedness programs that are not yet sensitive to persons with disabilities, their lack of participation in disaster risk education, limited access to services and facilities, and the lack of ability of persons with disabilities to save themselves are the main problems this group faces. Recommendations include regular counseling in disaster-prone areas, recording the unique needs of persons with disabilities, self-rescue training, special emergency response programs, evacuation and treatment in refugee camps, and improvement of post-disaster accessibility facilities. The government has an essential role in supporting these efforts, including data collection of persons with disabilities, raising public awareness of the issue, and cooperation in assisting persons with disabilities.

Keywords: Disaster Risk Management, People with Disabilities, Disaster Preparation Program, Emergency Response, Government, Indonesia.

ABSTRAK

Indonesia, sebagai negara yang terletak di wilayah rawan bencana alam, sering mengalami berbagai jenis bencana seperti gempa bumi, tsunami, tanah longsor, banjir bandang, dan angin puting beliung. Bencana-bencana ini mengakibatkan kerugian jiwa, harta benda, serta kerusakan lingkungan yang serius. Risiko bencana bervariasi berdasarkan tingkat kerentanan dan faktor ekonomi di masing-masing daerah. Salah satu kelompok rentan yang sering diabaikan dalam upaya penanggulangan bencana adalah penyandang disabilitas. Tulisan ini membahas manajemen risiko bencana dan upaya untuk mengurangi risiko bencana terhadap penyandang disabilitas. Faktor-faktor seperti program persiapan bencana yang belum sensitif terhadap penyandang disabilitas, minimnya partisipasi mereka dalam pendidikan risiko bencana, keterbatasan akses layanan dan fasilitas, serta kurangnya kemampuan penyandang disabilitas untuk menyelamatkan diri sendiri menjadi masalah utama yang dihadapi oleh kelompok ini. Rekomendasi yang diajukan termasuk penyuluhan secara berkala di daerah rawan bencana, pencatatan kebutuhan khusus penyandang disabilitas, pelatihan penyelamatan diri, program tanggap darurat khusus untuk mereka, evakuasi dan perawatan di tempat pengungsian, serta perbaikan fasilitas aksesibilitas pasca-bencana. Pemerintah memiliki peran penting dalam mendukung upaya ini, termasuk pendataan penyandang disabilitas, meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap isu ini, serta kerja sama dalam membantu penyandang disabilitas.

Kata kunci: Manajemen Risiko Bencana, Penyandang Disabilitas, Program Persiapan Bencana, Tanggap Darurat, Pemerintah, Indonesia.

1. PENDAHULUAN

Putri Rimbun Purba, Candra Christianti Purnomo, Kajian Manajemen Risiko Bencana Alam Untuk Mendukung
Peyandang Disabilitas

Secara geografis dan geologis, Indonesia terletak pada daerah yang rawan akan bencana alam. Berbagai jenis bencana alam yang sering terjadi di Indonesia antara lain: gempa bumi, tsunami, tanah longsor, banjir bandang, dan angin puting beliung. Banyak korban jiwa, kerugian harta yang besar dan rusaknya lingkungan semua diakibatkan oleh bencana alam (Hidayat, 2008). Seperti yang baru saja terjadi yaitu gempa bumi di Cianjur, Jawa Barat yang banyak mengakibatkan kerugian kepada masyarakat seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerusakan lingkungan akibat gempa bumi di Cianjur Jawa Barat, 2022
Sumber: (BNPB, 2022)

Pada tahun 2019, terdapat 3.721 bencana alam di Indonesia, menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Dampak yang sangat serius yang dialami termasuk hilangnya nyawa, orang hilang, masyarakat yang harus mengungsi, korban luka, dan kerusakan properti pada rumah individu dan bangunan umum. Kehidupan dan penghidupan masyarakat sangat rentan terhadap bahaya bencana alam. Hal itu disebabkan oleh faktor alam atau faktor non alam akibat faktor manusia, sehingga mengakibatkan timbulnya korban manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis masyarakat.

Risiko terhadap bencana setiap daerah berbeda-beda, dapat dilihat pada tingkat kerentanan daerah, fisik dan ekonomi daerah.(Hidayat, 2008) Risiko bencana yang didapat masyarakat sebagai korban antara lain: kematian, luka, sakit, kehilangan harta, bahkan gangguan kegiatan masyarakat tersebut. Risiko tersebut dalam dikurangi atau dicegah dengan membentuk kekuatan dan kekokohan di dalam diri masyarakat. Dalam *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*, Masyarakat mampu memahami dan mengelola risiko bencana dalam diri dan lingkungannya merupakan masyarakat yang kuat dan kokoh (Siregar & Wibowo, 2019).

Manajemen risiko bencana merupakan pengelolaan bencana ilmu pengetahuan yang aplikatif dan yang mencari serta melakukan observasi bencana secara menyeluruh dan terperinci upaya meningkatkan tindakan yang berkaitan dengan pencegahan, pengurangan, persiapan, respon darurat, dan rehabilitasi.(Paidi, 2012) Tujuan dari manajemen risiko sebagai kegiatan penanggulangan bencana yang terjadi pada saat belum terjadi sampai sudah terjadinya bencana antara lain untuk mengurangi korban jiwa, mengurangi dampak akibat bencana bagi masyarakat yang mengalaminya serta memberitahu pemerintah atau pihak berwenang sekaligus masyarakat mengenai risiko bencana sehingga dapat mengurangi kerugian masyarakat baik dari kehilangan sumber mata pencahariannya maupun harta benda mereka.

Ada sejumlah langkah yang harus diambil untuk mengendalikan risiko bencana secara efektif. Tahap pencegahan dan kesiapsiagaan sebelum bencana benar-benar terjadi perlu dipersiapkan dengan baik untuk menghindarinya. Keberhasilan pada tahap ini sangat bergantung pada kemampuan individu untuk mengingat sifat dan tingkat keparahan bencana alam yang pernah dialami di masa lalu. Dengan demikian pada tahapan terjadi bencana mampu mengambil tindakan penyelamatan diri dan segera mencari pertolongan medis. Dilanjutkan dengan tahap pemulihan atau rehabilitasi yang seringkali dipisahkan menjadi tahap pemulihan awal dan tahap rehabilitasi. Fase-fase manajemen risiko bencana mencakup fase-fase yang terjadi sebelum, selama, dan setelah bencana. Peningkatan kesiapsiagaan masyarakat merupakan aspek integral dari proses manajemen risiko bencana sebagai suatu siklus.

Mengelola dampak bahaya akibat bencana bagi penyandang disabilitas juga harus mendapatkan perhatian. Menurut UU Penanggulangan Bencana 24 Tahun 2007, kelompok yang paling berisiko terhadap bencana alam adalah bayi baru lahir, balita, dan anak-anak, serta ibu hamil dan menyusui, serta penyandang disabilitas fisik atau mental, dan lansia. Sering sekali penyandang disabilitas tidak di perhatikan dalam rencana penanggulangan bencana karena kurangnya pemahaman mereka tentang disabilitas.

Penyandang disabilitas memiliki tantangan pada rangkaian manajemen bencana, yang dapat dilihat bukan dari gangguan fisik saja tetapi juga sosial dan ekonominya. Ketika lingkungan social penyandang disabilitas tidak mampu membawa atau menyelamatkan dirinya merupakan gangguan sosial yang diterima oleh penyandang disabilitas. (Santoso et al., 2013) Masalah di hadapi oleh penyandang disabilitas ketika sedang terjadi bencana yaitu pada setiap rangkaian manajemen bencana. Terdapat beberapa masalah yang dihadapi oleh penyandang disabilitas antara lain seperti terlihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Kendala Pasca Bencana bagi Penyandang Disabilitas

Aspek	Kendala yang dihadapi saat ini
Program tanggap bencana	Program persiapan bencana yang sensitive bagi penyandang disabilitas belum optimal
Keterlibatan penyandang disabilitas	Minimnya partisipasi penyandang disabilitas dalam Pendidikan risiko bencana
Keterbatasan Pergerakan	Tidak dapat bertindak secara cepat untuk penyelamatan diri sendiri
Fasilitas bagi disabilitas	Kurangnya layanan dan fasilitas yang mudah diakses

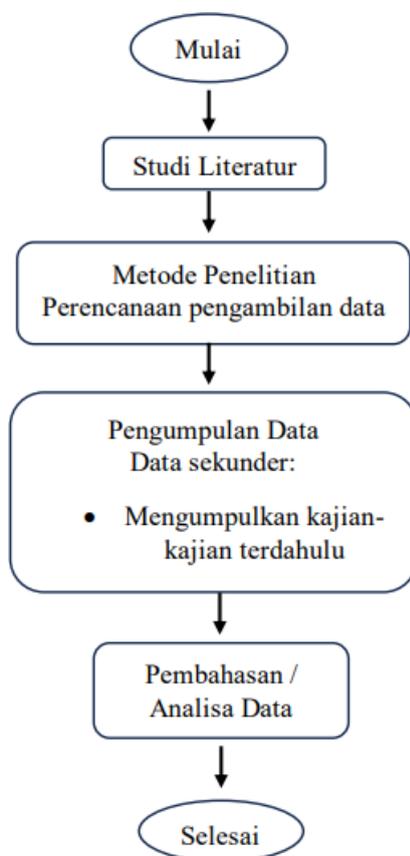
Beberapa penelitian mengkaji bahwa penyandang disabilitas yang berdampak bencana alam kurang memperoleh penanganan yang maksimal, karena proses evakuasi, tanggap darurat, dan proses rehabilitasi yang mereka terima tidak sesuai dengan apa yang mereka butuhkan.

Dalam tulisan ini mengkaji tentang apa saja manajemen risiko dan upaya atau langkah dalam mengurangi risiko bencana terhadap penyandang disabilitas. Fasilitas apa saja yang harus disediakan untuk mendukung keselamatan penyandang disabilitas ketika terjadi bencana. Penelitian ini tidak hanya akan memberikan gambaran tentang keadaan yang ada terkait dengan hak-hak disabilitas dan kesiapsiagaan bencana, namun juga akan menyelidiki kebutuhan dan kepentingan individu penyandang disabilitas.

Putri Rimbun Purba, Candra Christianti Purnomo, Kajian Manajemen Risiko Bencana Alam Untuk Mendukung Penyandang Disabilitas

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder berdasarkan literatur dari referensi terkait serta hasil penelitian yang pernah dipublikasikan sebelumnya, kajian, peraturan perundang-undangan, dan bentuk literatur tertulis lainnya. Semua sumber literatur yang mendukung untuk melakukan penelitian mengenai manajemen risiko untuk perlindungan individu penyandang disabilitas dikelompokkan secara sistematis. Setelah dilakukan ekstraksi data dan analisis tematik dapat dilakukan pengorganisasikan informasi yang dianalisis dalam tulisan ini sesuai topik pembahasan sebagaimana terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir tahapan penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Studi Tentang Mitigasi Bencana Bagi Penyandang Disabilitas

Hasil studi yang pernah dilakukan sebelumnya berkaitan dengan risiko bencana alam terhadap penyandang disabilitas dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Studi Mitigasi Bencana bagi Penyandang Disabilitas

Aspek	Hasil Studi	Sumber
Koordinasi antar berbagai komponen pasca bencana	1. Beberapa tahapan yang perlu diperhatikan dalam penanggulangan bencana di Indonesia berdasarkan Undang-undang RI Nomor 24 Tahun 2007 mencakup	(Widya, 2012)

	Kesiapsiagaan (Preparedness), Mitigasi (Mitigation), Tanggap darurat (Response), Rehabilitasi/Pemulihan (Rehabilitation/Recovery), dan Rekonstruksi (Reconstruction).	
	2. Dalam penanganan bencana di Indonesia diperlukan sinergi dan koordinasi dari berbagai pihak misalnya, pemerintah, masyarakat, para relawan dan lembaga swadaya masyarakat bahkan dengan masyarakat internasional.	
Regulasi pemerintah terhadap penyandang disabilitas pasca bencana	Mendapat perhatian pemerintah dalam merekomendasikan kebijakan-kebijakan untuk mengatasi permasalahan penyandang disabilitas dalam manajemen menggunakan problem stream. Hasil dari problem stream memunculkan alternatif kebijakan policy stream yaitu kebijakan pengurangan risiko bencana inklusif	(Anang, 2013)
Peranan pemerintah bagi penyandang disabilitas pasca bencana	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemerintah memegang peran penting dalam pengurangan risiko bencana serta pengelolaan risiko bencana yang harus dilakukan secara terus menerus 2. Peraturan daerah mulai dari tingkat desa hingga provinsi untuk melaksanakan kolaborasi dan sinergi lintas sektor, dengan fokus memberikan peran utama bagi penyandang disabilitas dalam seluruh kegiatan pembangunan di daerah. 3. Meningkatkan efisiensi relawan kemanusiaan pada saat terjadi bencana yang membantu penyandang disabilitas dengan melibatkan mereka dalam semua kegiatan, komunikasi dan simulasi pengurangan risiko bencana. 4. Manajemen risiko bencana yang dikelola baik oleh pemerintah maupun lembaga nirlaba, perlu memprioritaskan aksesibilitas publik bagi individu penyandang disabilitas. 	(Ayal, 2020)
Fasilitas bagi penyandang disabilitas pasca bencana	Sarana dan prasarana atau fasilitas harus mendukung terhadap penyandang disabilitas. Juga merekomendasikan pada saat tahapan pra bencana, kerjasama antara Masyarakat dan pemerintah harus ditingkatkan. Saat tanggap darurat penyediaan fasilitas harus lebih diperhatikan oleh pemerintah. Kemudian pada saat pasca bencana dibuatkan program rehabilitasi dan rekontruksi <u>sebagai persiapan menghadapi bencana sejak dini.</u>	(Salikha, 2019)

3.2. Tahap – Tahap Bantuan Bencana

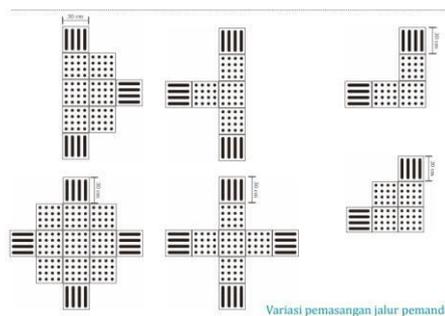
Dalam Undang-undang RI Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana menjelaskan beberapa yang berkaitan dengan siklus atau fase bencana dengan upaya pengurangan risiko bencana alam seperti terlihat pada Tabel 3.

Putri Rimbun Purba, Candra Christianti Purnomo, Kajian Manajemen Risiko Bencana Alam Untuk Mendukung Penyandang Disabilitas

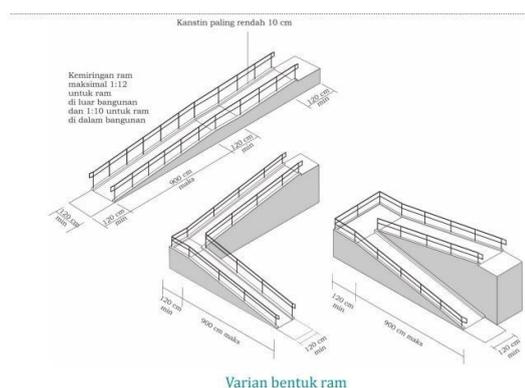
Tabel 3. Kendala Pasca Bencana bagi Penyandang Disabilitas

Tahapan	Deskripsi Kegiatan
Kesiapsiagaan/Fase Pra-Bencana	Kegiatan yang dilakukan untuk mengantisipasi bencana dengan terorganisir dengan langkah tepat
Mitigasi	Kegiatan yang dilakukan untuk mengurangi risiko bencana alam, pengajaran dan penyadaran dalam menghadapi bencana alam
Tanggap darurat/ Fase Pada Saat Bencana	Kegiatan yang menangani dampak buruk yang diakibatkan oleh bencana alam seperti evakuasi dan penyelamatan korban sampai mengurus pengungsian
Rehabilitasi/ Fase Pasca Bencana	Kegiatan pemulihan untuk korban, pemulihan sarana dan prasana kembali

Kontribusi pemerintah memegang peran penting dalam pengurangan risiko bencana alam kepada penyandang disabilitas di setiap tahapannya dengan cara mendata masyarakat penyandang disabilitas mulai dari RT, RW, desa sampai daerah untuk memudahkan dalam proses pengevuasian ketika terjadi bencana. Selain itu juga pemerintah harus lebih mendorong masyarakat mereka untuk lebih peduli dengan penyandang disabilitas sehingga pemerintah dan masyarakat dapat bekerjasama dalam membantu penyandang disabilitas. Yang tidak kalah pentingnya adalah pemerintah harus lebih memperhatikan sarana dan prasarana bagi penyandang disabilitas sesuai dengan standar fasilitas dan aksesibilitas pada bangunan gedung dan lingkungan fasilitas pelayanan kesehatan. Standar pembangunan sarana dan prasarana yang mudah diakses oleh penyandang disabilitas sesuai dengan standarisasi kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat (PUPR, 2017) terlihat pada Gambar 1, 2, 3, 4 dan 5 dibawah ini:



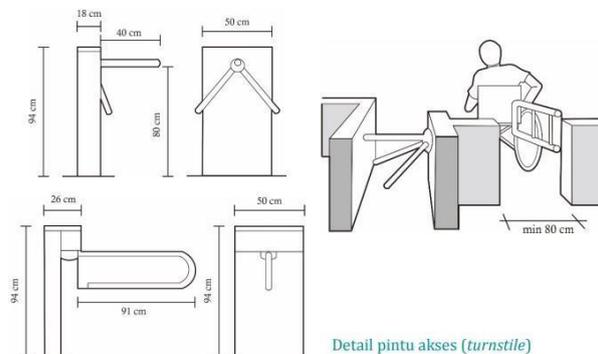
Gambar 1. Standar Pemasangan Ubin Jalur Pemandu Bagi Penyandang Disabilitas



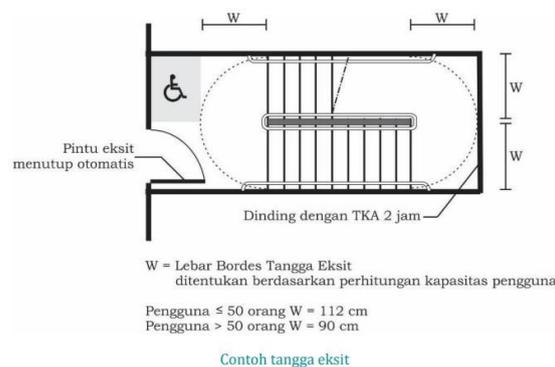
Gambar 2. Standar Pembuatan Bentuk Ram Untuk Aksebilitas Penyandang Disabilitas



Gambar 3. Standar Pemasangan Pegangan Pintu



Gambar 4. Standar Pembuatan Pintu Akses



Gambar 5. Standar Pembuatan Tangga Darurat

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah didapat peneliti mengemukakan beberapa rekomendasi pada manajemen risiko bencana alam sebagai upaya mengurangi risiko bencana alam untuk mendukung keselamatan penyandang disabilitas yang dibagi dalam 3 tahap. Tahap pra bencana sangat penting untuk melakukan sosialisasi secara teratur di daerah yang rawan akan bencana alam, mendata kebutuhan penyandang disabilitas yang mempermudah mereka menyelamatkan diri ketika terjadi bencana serta membuat pelatihan kepada penyandang disabilitas tentang penyelamatan diri mereka ketika terjadi bencana

Putri Rimbun Purba, Candra Christianti Purnomo, Kajian Manajemen Risiko Bencana Alam Untuk Mendukung
Peyandang Disabilitas

alam.. Kemudian dilanjutkan dengan Tahap saat terjadinya bencana perlu membuat program tanggap darurat penanggulangan bencana bagi penyandang disabilitas, mengevakuasi dan menampung penyandang disabilitas ketempat pengungsian serta memberikan terapi kepada penyandang disabilitas dipengungsian untuk mengurangi trauma yang mereka dapat. Kemudian diakhiri pada Tahap pasca bencana dengan mengevaluasi kebutuhan atau fasilitas penyandang disabilitas untuk dapat digunakan dengan mudah serta membangun dan menambah kembali sarana dan prasarana untuk penyandang disabilitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayal, L. N. (2020). Kontribusi Pemerintah Daerah dalam Pengelolaan Risiko Bencana bagi Penyandang Disabilitas di Kota Banda Aceh. *Media Informasi Penelitian Kesejahteraan ...*, 279–288.
- BNPB. (2022). *Kerusakan bangunan akibat gempabumi M 5,6 Cianjur*. <https://Berita/Kerusakan-Bangunan-Akibat-Gempabumi-M5-6-Cianjur>.
- Hidayat, D. (2008). Kesiapsiagaan Masyarakat: Paradigma Baru Pengelolaan Bencana Alam (Community Preparedness: New Paradigm in Natural Disaster Management). *Jurnal Kependudukan Indonesia*, 3(1), 69–84.
- Paidi. (2012). Pengelolaan manajemen risiko bencana alam di indonesia. *Widya*, 83, 37.
- Salikha, T. (2019). Manajemen Resiko Bencana bagi Penyandang Disabilitas di SLB BC Hanjuang Jaya Kecamatan Parongpong Kabupaten Bandung Barat. *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 16(2).
- Santoso, A. D., Noor, I., & Ulum, M. C. (2013). Disabilitas dan Bencana (Studi tentang Agenda Setting Kebijakan Pengurangan Risiko Bencana Inklusif Bagi Penyandang Disabilitas di Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, Indonesia). *Adiministrasi Publik*, 3(12), 2033–2039.
- Siregar, J. S., & Wibowo, A. (2019). Upaya Pengurangan Risiko Bencana Pada Kelompok Rentan. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, 10(1), 30–38.

ANALISA FAKTOR-FAKTOR DOMINAN PENYEBAB KETERLAMBATAN PROYEK BANGUNAN APARTEMEN LRT CITY

Fristi Jesy Tumiwa¹, Pinondang Simanjuntak²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: ftumiwa2@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: pinondang.simanjuntak@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

This research analyzes the dominant factors that cause delays in the LRT CITY apartment construction project using the observation method. Data on the factors influencing the project were identified through intensive field observations during the construction phase. The dominant factors found include licensing problems, budget limitations, lack of skilled human resources, and the impact of environmental factors such as bad weather. The results of this study indicate that these factors interact with each other and contribute to project delays. Complex and slow licensing processes often lead to financial problems, which in turn affect human resources and cause conflict. This research emphasizes the importance of efficient project management and close monitoring to overcome these dominant factors. Appropriate corrective actions need to be taken to minimize project delays and ensure that the construction of the LRT CITY apartments can be completed according to the planned schedule.

Keywords: dominant factors, field observations, project delays

ABSTRAK

Penelitian ini melakukan analisis terhadap faktor-faktor dominan yang menjadi penyebab keterlambatan proyek pembangunan apartemen LRT CITY menggunakan metode observasi. Melalui observasi lapangan yang intensif selama tahap konstruksi, data-data tentang faktor-faktor yang memengaruhi proyek diidentifikasi. Faktor-faktor dominan yang ditemukan meliputi permasalahan perizinan, keterbatasan anggaran, kurangnya sumber daya manusia terampil, serta dampak faktor lingkungan seperti cuaca buruk. Hasil observasi menunjukkan bahwa perizinan yang kompleks dan sering berubah-ubah memperlambat progres proyek, sementara keterbatasan anggaran menghambat sumber daya dan bahan yang diperlukan. Kurangnya pekerja terampil dan seringnya perubahan desain juga mempengaruhi produktivitas konstruksi. Penelitian ini menekankan pentingnya pengelolaan yang efisien dan pemantauan yang cermat untuk mengatasi faktor-faktor ini. Melalui pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor dominan yang memengaruhi keterlambatan proyek, upaya-upaya perbaikan dapat diarahkan dengan lebih efektif untuk memastikan penyelesaian proyek apartemen LRT CITY sesuai jadwal yang direncanakan.

Kata kunci: faktor dominan, keterlambatan proyek, observasi lapangan

1. PENDAHULUAN

Keterlambatan dalam mencapai tujuan pelaksanaan suatu proyek adalah aspek kritis yang tidak dapat diabaikan, dan untuk memastikan kelancaran proyek tersebut, peran perencanaan kerja dan penjadwalan kerja sangat penting. Setiap komponen dalam proyek, mulai dari pelaksanaan pekerjaan hingga peran pemilik proyek, memiliki potensi untuk memengaruhi hasil akhir proyek. Oleh karena itu, keberhasilan suatu proyek seringkali ditentukan oleh sejauh mana waktu, biaya, dan elemen lainnya sesuai dengan yang telah direncanakan dalam kontrak. Mencapai kesuksesan dalam proyek adalah tujuan yang mendasar

bagi kedua belah pihak, baik pemilik proyek maupun kontraktor proyek (Soeharto, 1995). Oleh karena itu, pengelolaan proyek yang efisien dan reaksi yang tepat terhadap potensi masalah adalah langkah-langkah yang sangat penting untuk menjaga proyek tetap berjalan sesuai jadwal dan anggaran yang telah ditetapkan.

Keterlambatan dalam proyek merupakan tantangan yang sering ditemui dalam berbagai konteks, termasuk proyek pembangunan Apartemen LRT CITY. Proyek ini diawali pada tahun 2021 dengan tahapan awal yang matang, termasuk desain dan perencanaan yang telah disiapkan secara cermat, yang kemudian berujung pada penyerahan tahap pertama pada tahun 2022. Proyek ini memiliki signifikansi yang tinggi, terutama karena lokasinya yang berdekatan dengan sistem transportasi ringan (Light Rapid Transportation) yang dapat memberikan kontribusi positif terhadap mobilitas konsumen. Namun, keterlambatan yang terjadi pada proyek pembangunan Apartemen LRT CITY memiliki dampak serius, terutamanya pada produsen. Dampaknya tidak hanya terbatas pada kerugian finansial, tetapi juga berpengaruh signifikan terhadap kepuasan konsumen. Lebih lanjut, keterlambatan ini berpotensi mengakibatkan hilangnya loyalitas konsumen terhadap produsen. Oleh karena itu, untuk memahami penyebab keterlambatan yang terjadi dalam pelaksanaan proyek konstruksi bangunan Apartemen LRT City Ciracas, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi keterlambatan tersebut (Ramadhan et al., 2023).

Kegiatan proyek adalah sebuah aktivitas sementara yang memiliki batasan waktu, alokasi sumber daya tertentu, dan tujuan yang telah ditetapkan dengan jelas (Soeharto, 1995). Oleh karena itu, diperlukan manajemen konstruksi selama pelaksanaan pekerjaan konstruksi, yang melibatkan berbagai tahap seperti perencanaan, perancangan, pelelangan, pelaksanaan, dan penyerahan hasil pekerjaan. Tujuan utama dari manajemen konstruksi adalah mencapai hasil yang optimal dengan mengurangi biaya, memanfaatkan waktu, dan menjaga mutu proyek (Tuelah et al., 2014). Keterlambatan dalam proyek akan mengakibatkan dampak kerugian bagi kontraktor, konsultan, dan pemilik proyek, seperti yang disajikan dalam Tabel 1

Tabel 1. Dampak Keterlambatan Proyek Konstruksi

Pihak	Cakupan Kerugian yang dialami
Kontraktor	naiknya overhead karena lebih banyak waktu yang dibutuhkan karena keterlambatan menyebabkan adanya biaya tambahan harus dikeluarkan perusahaan secara keseluruhan. Tambahan biaya ini dipengaruhi oleh kenaikan harga yang terkait dengan inflasi, kenaikan upah, dan pembayaran bunga atas pinjaman bank merupakan contoh pengeluaran overhead yang dikeluarkan oleh suatu bisnis terlepas dari adanya kontrak saat ini.
Konsultan	Penambahan waktu akibat keterlambatan akan mempengaruhi tugas-tugas pada proyek lain yang sedang dikerjakan secara bersamaan
Owner	kehilangan potensi pendapatan dari bangunan yang kosong atau tidak dihuni sebagai investasi yang dilakukan.

Sementara itu, Manajemen risiko proyek adalah faktor penting yang menghadirkan ketidakpastian dan dapat memiliki dampak positif atau negatif yang signifikan terhadap kinerja proyek, seperti yang dijelaskan oleh Prapti (Prapti, 2007). Praktek manajemen risiko melibatkan identifikasi, evaluasi, dan pengendalian faktor-faktor tersebut untuk mencegah atau mengurangi potensi dampak negatifnya. Dengan demikian, manajemen risiko dapat membantu

meminimalkan kerugian dan meningkatkan peluang kesuksesan dalam pelaksanaan proyek. Karena itu penting untuk memiliki pengaturan waktu atau penjadwalan yang terinci untuk mengelola kegiatan-kegiatan yang terlibat dalam proyek. Hal ini bertujuan agar proyek dapat berjalan dengan efisien dan lancar. Oleh karena itu, biasanya pihak yang bertanggung jawab dalam pelaksanaan proyek membuat jadwal waktu kegiatan atau *time schedule*, (Kareth et al., 2016). Jadwal waktu ini menjadi landasan yang penting dalam mengorganisir dan mengendalikan proyek secara efektif.

Faktor ketidakpastian dalam manajemen risiko proyek dapat memberikan dampak baik atau negatif terhadap keberhasilan proyek (Prapti, 2007). Manajemen risiko adalah proses mengenali risiko, menilai tingkat keparahannya, dan mengambil tindakan untuk memitigasi atau menghilangkannya. Oleh karena itu, penting untuk mengatur waktu atau menjadwalkan tugas-tugas yang ada agar proyek dapat berjalan efisien dan sukses. Oleh karena itu, pelaksana proyek sering kali membuat rencana waktu yang menguraikan kegiatan proyek secara rinci (Kareth et al., 2016).

Jadwal waktu aktivitas kerja menentukan sifat dan durasi tugas individu. Salah satu kunci mendasar manajemen proyek yang baik adalah peran aktif dari manajemen. Agar proyek dapat selesai tepat waktu, penting untuk memeriksa timeline dan mengidentifikasi langkah-langkah perubahan mendasar yang diperlukan (Ratna et al., 2013). Persyaratan kinerja waktu ditetapkan dengan mempertimbangkan total waktu dan penggunaan sumber daya di seluruh tahapan proyek. Jadwal waktu, kurva S, rencana jaringan, dan RAB adalah beberapa laporan yang mungkin dihasilkan dari data dan informasi yang dikumpulkan melalui proses penjadwalan (Utami & Girsang, 2022; Yurianto & Kadri, 2020).

2. METODE PENELITIAN

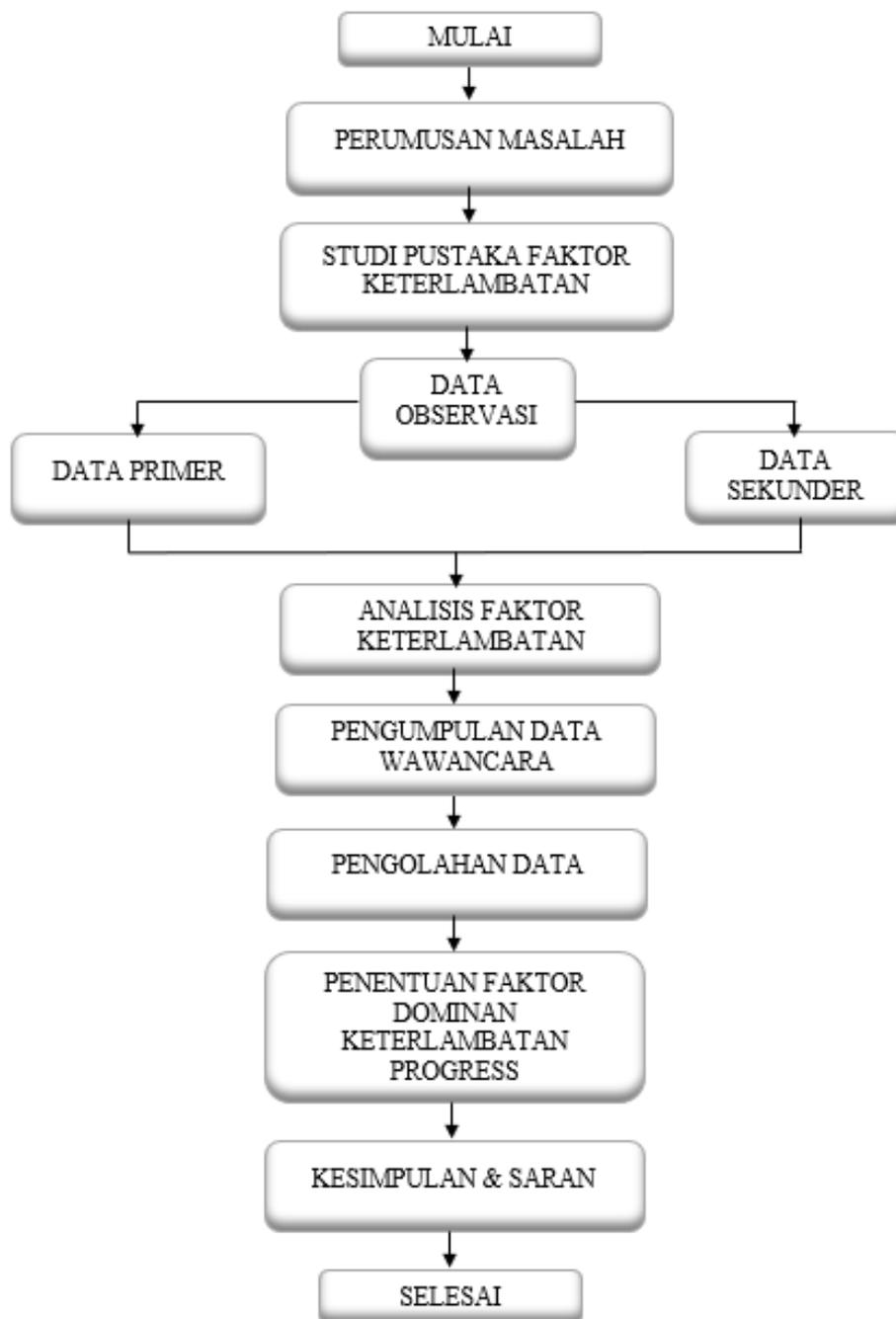
Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif, yang berupaya memberikan gambaran rinci tentang fenomena yang diteliti. Penelitian ini menggunakan strategi yang mudah dan efektif untuk mengumpulkan data yang benar, yaitu metode observasi (Sugianto, 2020; Sugiyono, 2016), yang memiliki keunggulan tersendiri jika dibandingkan dengan metode pengumpulan data lainnya. Ruang lingkup pengamatan tidak terbatas hanya pada manusia tetapi juga objek-objek alam yang lain. Pengamatandilakukan di lapangan melalui kegiatan observasi perilaku dan signifikansinya terkait pekerjaan di lapangan. Pengumpulan data dilakukan pada saat konstruksi Pembangunan Gedung Apartemen LRT City Ciracas masih berjalan di tahun 2023 dengan cakupan penelitian seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Ruang Lingkup penelitian

Komponen	Faktor yang diteliti
ke-1	Sumber daya dan tenaga kerja
ke-2	Kepatuhan jadwal
ke-3	Kualitas pekerjaan
ke-4	Interaksi tim
ke-5	Faktor cuaca dan lingkungan
ke-6	Masalah prizinan dan regulasi
ke-7	Manajemen resiko
ke-8	Keselamatan kerja

ke-9	Perubahan rencana dan desain
ke-10	Penggunaan teknologi

Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari proyek konstruksi, termasuk dokumen kontrak, metode pelaksanaan, jadwal pelaksanaan kegiatan, laporan kegiatan, serta rencana anggaran biaya dari proyek. Selain itu, data juga bersumber dari paper penelitian, jurnal, dan buku yang relevan dengan topik penelitian menurut diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Teknik pengolahan data dalam penelitian ini melibatkan beberapa tahap sebagaimana terlihat dalam Tabel 3.

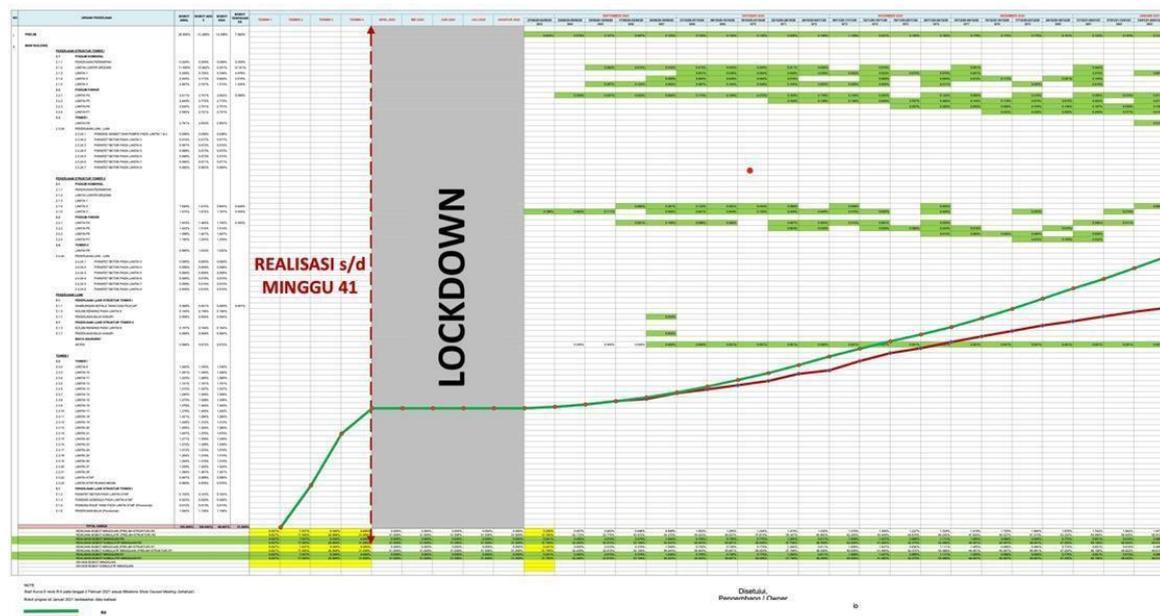
Tabel 3. Tahapan Pengolahan Data Penelitian

Tahapan	Faktor yang diteliti
ke-1	Identifikasi faktor penyebab keterlambatan progress
ke-2	Mengidentifikasi faktor paling utama penyebab keterlambatan progress berdasarkan observasi/wawancara
ke-3	Penyelesaian solusi atas faktor dominan penyebab keterlambatan progress

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Faktor Penyebab Keterlambatan Progress

Langkah awal dalam penelitian ini adalah melakukan identifikasi awal menggunakan data kurva S, jadwal waktu, untuk mengetahui penyebab apa yang menyebabkan kemunduran dan keterlambatan kemajuan. Proyek Apartemen LRT Ciracas City Tahap I memiliki tanggal mulai kontrak Juli 2019, dan tanggal penyelesaian pertengahan September 2021. Berdasarkan kurva S, seharusnya bisa mencapai 83,8% pada akhir Mei, tetapi realisasi yang didapatkan hanya sebesar 59,2%. Proyek Apartemen LRT City Ciracas mengalami keterlambatan sebesar 24,6% hingga akhir Maret 2021. Jadwal waktu saat ini dan kurva S menunjukkan bahwa proyek tersebut terhenti pada bulan April 2020 hingga Agustus 2020 akibat lockdown yang terjadi selama Covid-19.



Gambar 2. Kurva S Proyek Pembangunan Gedung Apartemen LRT City Ciracas

3.2 Identifikasi faktor paling utama penyebab keterlambatan progress berdasarkan observasi/wawancara

Setelah menemukan faktor awal penyebab kemudian dilanjutkan melalui wawancara atau interview kepada beberapa orang yang terlibat dengan proyek tersebut untuk mendapatkan faktor utama penyebab keterlambatan progress seperti terlihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Faktor Utama Penyebab Keterlambatan Proyek

Komponen	Deksripsi
Pembayaran	Keterlambatan Pembayaran dari pihak owner, sehingga mempengaruhi beberapa pekerjaan yang berlangsung dan harus berhenti sejenak
Tenaga kerja	Tenaga kerja yang tidak memenuhi standart pekerjaan, tidak memiliki pekerja yang mencukupi pekerjaan dilapangan sehingga hanya dilakukan oleh beberapa orang yang membuat terjadinya keterlambatan dengan memakan waktu yang cukup banyak karena kurangnya tenaga kerja
Faktor eksternal	Lockdown pada tahun 2020 sangat berpengaruh terhadap proyek LRT City Ciracas dikarenakan tidak berlangsungnya pekerjaan dilapangan yang membuat proyek tidak sesuai dari perencanaan penjadwalan sehingga berdampak pada keterlambatan proyek.

3.3 Penyelesaian solusi atas faktor dominan penyebab keterlambatan progress

Berdasarkan hasil dari wawancara dan observasi lapangan factor dominan penyebab keterlambatan progress proyek LRT City Ciracas maka perlu diambil langkah-langkah strategis untuk mengatasi keterlambatan proyek seperti terlihat pada Tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Langkah Taktis Mengatasi Keterlambatan Proyek

Komponen	Deksripsi
Pembayaran	Mengirimkan surat kepada pemilik properti berupa pembayaran tunai sebagai pelunasan outstanding pembayaran termin progres pengganti sisa pembayaran jangka waktu kemajuan.
Tenaga kerja	Melaporkan tertulis kepada pemilik berisi masalah keterlambatan pembayaran, menjelaskan dampaknya terhadap ketersediaan pekerja lapangan, dan meminta izin untuk mengubah kebutuhan personel
Faktor eksternal	Berdasarkan hasil evaluasi lapangan melaporkan kepada pemilik proyek agar dibuat perubahan kontrak (addendum) akibat penundaan yang tidak terduga berikut biaya tambahan yang dibutuhkan.

4. KESIMPULAN

Dari data penelitian dan pembahasan ini dapat ditarik kesimpulan bahwa didapat factor dominan yang menyebabkan terjadinya keterlambatan progress pada pelaksanaan bulan 4 sampai dengan bulan 8 tahun 2020. Setelah melakukan wawancara dengan pihak bersangkutan proyek didapat 3 faktor dominan penyebab keterlambatan progress, yaitu: (1). Faktor keterlambatan pembayaran dari pihak owner, (2). Faktor tenaga kerja yang tidak sesuai dengan kualitas pekerjaan, (3). Faktor situasi, lockdown covid-19. Penyelesaian atas factor dominan yang terjadi hingga menyebabkan terjadinya keterlambatan progress adalah dengan bersurat kepada owner terkait tagihan pembayaran, bersurat untuk penambahan tenaga kerja, dan

mengevaluasi addendum kontrak karena adanya penambahan waktu dan biaya. Penyelesaian atas factor dominan terjadinya keterlambatan progress adalah dengan melihat dan mengkoordinasikan sehingga mendapatkan jalan keluar dari segala permasalahan yang terjadi diproyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Intan, S. . S. W. . & S. R. C. (2020). Analisa Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi Di Kota Ambon: Klasifikasi Dan Peringkat Dari Penyebab-Penyebabnya. *Manumata: Jurnal Ilmu Teknik*, 6, 19–23.
- Kareth, M., Tarore, H., Tjakra, J., & Walangitan, D. R. O. (2016). Analisis Optimalisasi Waktu dan Biaya dengan Program Primavera 6.0 (Studi Kasus: Proyek Perumahan Puri Kelapa Gading). *Jurnal Sipil Statik*, 1(1), 53–59. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/631>
- Prapti, M. S. (2007). Manajemen Resiko Proyek: Suatu Kajian Teoritis. *J@TI Undip*, II(2), 74–83.
- Ramadhan, M., Sakti, R. J. N., & Purnomo, F. (2023). Analisis Penerapan Kerja Lembur Dan Penambahan Tenaga Kerja Pada Proyek Apartemen Urban Signature - LRT City Ciracas. *Jurnal Online Skripsi (JOS) Manajemen Rekayasa Konstruksi (MRK) Polinema, Journal Homepage: Http://Jos-Mrk.Polinema.Ac.Id/ ISSN: 2722-9203 (Media*, 4(1), 186–193.
- Ratna, D., Abdul, A., W., M. R., & Hartono, N. (2013). Analisa faktor penyebab keterlambatan progress terkait dengan manajemen waktu. *Wahana TEKNIK SIPIL*, 21, 61–74.
- Soeharto, I. (1995). Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional. In *Penerbit Erlangga Jakarta*, 751 halaman, ISBN 9794115789.
- Sugianto, O. (2020). Penelitian Kualitatif, Manfaat dan Alasan Penggunaan Penelitian Kualitatif. <https://Binus.Ac.Id/Bandung/2020/04/Penelitian-Kualitatif-Manfaat-Dan-Alasan-Penggunaan/>.
- Sugiyono. (2016). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. In *Alfabeta Bandung*.
- Tuelah, J. D. P., Tjakra, J., & Walangitan, D. R. O. (2014). Peranan Konsultan Manajemen Konstruksi Pada Tahap Pelaksanaan Proyek Pembangunan (Studi Kasus : The Lagoon Taman Sari). *Tekno Sipil*, 12(61), 47–54.
- Utami, R. D., & Girsang, H. (2022). Analisis Kinerja Proyek Peningkatan Jalan Johar-Gempol, Kabupaten Karawang Menggunakan Analisa Nilai Hasil (Earned Value Analysis). *Jurnal Jasa Konstruksi*, 1(2), 46–54.
- Yurianto, Y., & Kadri, T. (2020). Identifikasi Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keterlambatan Proyek Infrastruktur Kereta Cepat Jakarta-Bandung. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)*, 3(1), 35–41. <https://doi.org/10.25105/cesd.v3i1.8022>

[halaman ini sengaja dikosongkan]

KAJIAN ADAPTASI KONTRAKTOR MENGHADAPI KONDISI PANDEMI COVID-19

Matildah Pretty¹, Pinondang Simanjuntak²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: matildahputri2@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: pinondang.simanjuntak@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic began in early 2020 and has significantly changed various aspects of human life. One sector that has been dramatically impacted is the construction industry. Construction contractors worldwide are facing extraordinary challenges in adapting to this pandemic. They are pressured to maintain their projects' viability while adhering to strict health protocols. One of the main problems is the low adoption of technology in construction projects. The construction industry often lags in adopting new technology, even though technology can improve project quality and operational efficiency and reduce costs. This study focuses on how construction contractors in various regions face and adapt to the COVID-19 pandemic. This study discusses the impact of the pandemic, concrete steps contractors took to overcome obstacles, and the importance of technology adoption in the construction industry. Strict health protocols cover wearing masks, maintaining social distance, measuring body temperature, and dividing work shifts, which are essential to this adaptation. Adopting technology, such as remote monitoring and project management software, is crucial in keeping projects running smoothly and protecting worker health. With a deep understanding of these changes, it is hoped that the construction sector can continue to develop and perform well in Indonesia.

Keywords: COVID-19, Construction, Contractors, Technology Adoption, Health Protocols

ABSTRAK

Pandemi COVID-19 dimulai pada awal tahun 2020 dan telah mengubah berbagai aspek kehidupan manusia secara signifikan. Salah satu sektor yang terkena dampak besar adalah industri konstruksi. Kontraktor konstruksi di seluruh dunia menghadapi tantangan luar biasa dalam beradaptasi terhadap pandemi ini. Mereka ditekan untuk menjaga kelangsungan proyek mereka dengan tetap mematuhi protokol kesehatan yang ketat. Salah satu permasalahan utama adalah rendahnya adopsi teknologi dalam proyek konstruksi. Industri konstruksi sering kali tertinggal dalam mengadopsi teknologi baru, padahal teknologi dapat meningkatkan kualitas proyek dan efisiensi operasional serta mengurangi biaya. Kajian ini berfokus pada bagaimana kontraktor konstruksi di berbagai daerah menghadapi dan beradaptasi dengan pandemi COVID-19. Kajian ini membahas dampak pandemi, langkah nyata yang diambil kontraktor dalam mengatasi kendala, dan pentingnya adopsi teknologi dalam industri konstruksi. Protokol kesehatan yang ketat, seperti memakai masker, menjaga jarak sosial, mengukur suhu tubuh, dan membagi shift kerja, sangat penting dalam adaptasi ini. Penerapan teknologi, seperti pemantauan jarak jauh dan perangkat lunak manajemen proyek, sangat penting dalam menjaga proyek berjalan lancar dan melindungi kesehatan pekerja. Dengan pemahaman yang mendalam terhadap perubahan tersebut, diharapkan sektor konstruksi dapat terus berkembang dan berkinerja baik di Indonesia.

Kata Kunci: COVID-19, Konstruksi, Kontraktor, Adopsi Teknologi, Protokol Kesehatan

1. PENDAHULUAN

Pandemi COVID-19 yang telah melanda dunia sejak awal tahun 2020 menghasilkan perubahan yang substansial dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Salah satu sektor yang terdampak secara signifikan adalah industri konstruksi. Kontraktor konstruksi di seluruh dunia harus menghadapi tantangan besar yang belum pernah terjadi sebelumnya akibat

Matildah Pretty, P. Simanjuntak, Kajian Adaptasi Kontraktor Menghadapi Kondisi Pandemi COVID 19

pandemi ini. Mereka dihadapkan pada tekanan untuk beradaptasi dengan cepat demi menjaga kelangsungan proyek-proyek mereka dan mematuhi protokol kesehatan dan keselamatan yang ketat. Salah satu alasan utama dibalik tantangan ini adalah minimnya pemanfaatan teknologi dalam proyek-proyek konstruksi. Hal ini mencakup berbagai aspek, mulai dari peralatan dan alat yang digunakan hingga metode konstruksi dan perangkat lunak yang diperlukan. Industri konstruksi cenderung tertinggal dalam mengadopsi teknologi baru, dan tidak mengalami transformasi sebesar yang terjadi dalam berbagai industri lainnya. Khususnya, setiap proyek konstruksi memiliki karakteristik uniknya sendiri, sehingga penggunaan teknologi harus disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing proyek, yang seringkali menjadi tantangan tersendiri dalam menerapkan teknologi dengan efektif.

Kajian ini bertujuan untuk menyelidiki bagaimana kontraktor konstruksi di berbagai wilayah telah menghadapi dan beradaptasi dengan situasi pandemi COVID-19. Dalam hal ini, akan dibahas dampak pandemi terhadap industri konstruksi, langkah-langkah konkret yang diambil oleh kontraktor untuk mengatasi hambatan yang timbul, serta pembelajaran yang dapat diperoleh dari pengalaman ini. Kontraktor yang memiliki peran sentral dalam proyek konstruksi, memiliki tanggung jawab besar dalam mengadopsi dan memanfaatkan teknologi. Dengan kemajuan teknologi saat ini, seharusnya kontraktor dapat meningkatkan kualitas proyek, meningkatkan efisiensi operasional, dan mengurangi biaya, yang pada gilirannya akan memberikan dampak positif pada perkembangan industri konstruksi di Indonesia. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang cara kontraktor dapat memanfaatkan teknologi menjadi kunci dalam menentukan langkah-langkah yang diperlukan untuk memperbaiki sektor konstruksi. Hal ini diharapkan akan meningkatkan kinerja keseluruhan industri konstruksi di Indonesia.

Untuk memastikan kelangsungan sektor ekonomi konstruksi di tengah pandemi, Kementerian PUPR telah mengeluarkan Instruksi Menteri No. 02/IN/M/2020 yang mengatur protokol pencegahan penyebaran Coronavirus Disease 19 (COVID-19). Instruksi ini merupakan langkah penting dalam upaya pemerintah untuk mengendalikan penyebaran virus dan melindungi masyarakat serta para pekerja di sektor pembangunan. Instruksi Menteri ini mencakup berbagai langkah dan pedoman yang harus diikuti oleh semua pihak yang terlibat dalam proyek-proyek pembangunan di bawah naungan Kementerian PUPR. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa proyek konstruksi dapat berlanjut dengan aman sambil menjaga kesehatan dan keselamatan semua orang yang terlibat dalam proses tersebut.

Protokol pencegahan yang tercantum dalam instruksi ini mungkin mencakup hal-hal seperti penggunaan masker wajah, menjaga jarak sosial, protokol kebersihan yang ketat, serta langkah-langkah lain yang diperlukan untuk meminimalkan risiko penularan COVID-19 di lokasi konstruksi (Rika Permatasari, 2021; Sari, 2021). Instruksi Menteri seperti ini merupakan respons penting pemerintah terhadap pandemi COVID-19, dan tujuannya adalah untuk memastikan bahwa kegiatan konstruksi dapat berlangsung dengan aman sambil tetap mematuhi pedoman kesehatan yang ditetapkan. Ini adalah langkah proaktif dalam menjaga kesehatan masyarakat sambil tetap menjalankan proyek-proyek pembangunan yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan negara.

Pembatasan Sosial Skala Besar (PSBB) membatasi mobilitas untuk masuk ke daerah satu dan ke daerah lainnya. Hal ini menjadi penyebab mundurnya pekerjaan konstruksi. Material yang digunakan untuk mengerjakan suatu proyek tidak dapat dihadirkan tepat waktu, keterlambatan distribusi material dan bahan konstruksi, pemangkasan jam kerja bahkan penghentian kerja sementara bagi proyek-proyek yang berada di zona merah. Namun disisi lain, sektor konstruksi dalam negeri menghadapi situasi yang rumit karena Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Basuki Hadimuljono, menyatakan bahwa selama

pandemi COVID-19, layanan konstruksi terus berlanjut sesuai dengan Instruksi Menteri PUPR Nomor 2/IN/M/2020. Oleh karena itu, sektor konstruksi diharuskan terus berfungsi dan mengalami serangkaian perubahan demi beradaptasi dengan kondisi yang berlaku selama pandemi dan periode pasca pandemi.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perpaduan antara metode kualitatif dan studi pustaka atau literature review yang relevan dengan topik permasalahan (Moleong, 2018). Penelitian kualitatif adalah penelitian yang digunakan untuk meneliti pada kondisi objek alamiah, dimana peneliti merupakan instrumen kunci. Penelitian kualitatif dimulai dengan data yang terkumpul, menggunakan teori yang sudah ada sebagai alat bantu dalam menjelaskan data tersebut, dan akhirnya menghasilkan sebuah teori yang didasarkan pada pemahaman mendalam dari data (Mudjia Rahardjo, n.d.; Nilamsari, 2014; Somantri, 2005). Sebuah studi pustaka adalah peninjauan yang komprehensif dari literatur ilmiah dalam suatu bidang penelitian yang mencakup buku, artikel, laporan penelitian, dan sumber-sumber lain yang relevan (Gilang P., 2020).

Metode kualitatif yang digunakan adalah studi dokumen/teks (document studies), tujuannya adalah untuk mengumpulkan informasi dan data yang relevan dari dokumen atau teks, menggunakan dokumen sebagai sumber data atau bukti yang mendukung penelitian atau analisis. Metode studi pustaka atau literature review yang digunakan adalah Systematic Literature Review (SLR) yang merupakan suatu pendekatan sistematis untuk mengumpulkan data dari berbagai penelitian lain dengan tujuan menganalisisnya secara kritis serta menyajikan temuan dan informasi yang didapat. Pada proses review literatur ini, pendekatan dimulai dengan penelaahan yang bersifat dasar sebelum menjelajah aspek-aspek yang lebih kompleks.

3. PEMBAHASAN

Studi dokumen/teks (document studies) dan studi pustaka atau literature review telah dilakukan untuk mendapatkan analisis kontraktor dalam menghadapi kondisi pandemi COVID-19. Dari hasil studi dokumen/teks dan studi pustaka diperoleh langkah-langkah konkret yang diambil oleh kontraktor untuk mengatasi hambatan yang timbul dalam masa pandemi COVID-19, yaitu:

3.1 Pembagian Shift

Pengaturan jadwal shift dalam proyek konstruksi selama pandemi COVID-19 bertujuan untuk mengurangi kerumunan pekerja, meningkatkan jarak sosial, memastikan kelancaran proyek, dan keselamatan pekerja selama pandemi. Pembagian Shift bagi pekerja menjadi menjadi tiga shift untuk mengurangi jumlah pekerja yang hadir di area kerja pada saat yang sama. Terlihat pada Tabel 1, pembagian pekerja konstruksi dibagi menjadi tiga shift yang berbeda: Pagi, Sore, dan Malam. Setiap shift memiliki jadwal kerja yang berbeda dengan durasi delapan jam.

Tabel 1. Pembagian shift pekerja konstruksi

Shift	Waktu Kerja	Jumlah Pekerja
Pagi (A)	07:00 – 15:00	30
Sore (B)	15:00 – 23:00	35

Matildah Pretty, P. Simanjuntak, Kajian Adaptasi Kontraktor Menghadapi Kondisi Pandemi COVID 19

Malam (C) 23:00 – 07:00 35

3.2 Protokol Kesehatan Dan Keselamatan Yang Ketat

Selama pandemi COVID-19 di Indonesia, ada beberapa protokol kesehatan dan keselamatan yang ketat yang diterapkan di sektor konstruksi untuk melindungi pekerja dari penyebaran virus. Beberapa protokol kesehatan dan keselamatan yang umumnya diterapkan selama pandemi COVID-19 dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Protokol Kerja Konstruksi Semasa COVID-19

Persyaratan	Deskripsi
Penggunaan Masker Wajah	Semua pekerja di lokasi konstruksi diwajibkan untuk menggunakan masker wajah, terutama jika tidak memungkinkan menjaga jarak sosial yang aman. Ini membantu mengurangi resiko penyebaran virus melalui percikan air liur saat berbicara, batuk, atau bersin. Selain itu, masker juga memberikan perlindungan kepada pekerja dari paparan partikel udara yang dapat mengandung virus
Jaga Jarak Sosial	Upaya harus dilakukan untuk menjaga jarak fisik minimal 1-2 meter antara pekerja di lokasi konstruksi. Ini bisa melibatkan pembatas fisik, dan tanda-tanda lantai
Pengukuran Suhu Tubuh dan Protokol Kebersihan Tangan	Pemeriksaan suhu tubuh dapat dilakukan saat pekerja memasuki lokasi konstruksi. Siapa pun yang memiliki suhu tubuh di atas batas tertentu (biasanya 37,5°C) harus menjalani pemeriksaan tambahan. Pekerja harus sering mencuci tangan dengan air selama setidaknya 20 detik. Jika tidak ada air dan sabun, hand sanitizer berbasis alkohol yang memiliki konsentrasi 60% harus disediakan di berbagai titik di lokasi konstruksi
Sanitasi Lokasi	Lokasi konstruksi harus rutin disanitasi, termasuk alat dan peralatan kerja. Permukaan yang sering disentuh seperti gagang pintu, tombol lift, dan tangga harus disterilkan secara berkala
Pemisahan Pekerja yang Sakit	Pekerja yang mengalami gejala COVID-19 atau memiliki kontak dekat dengan kasus positif harus diberhentikan dari bekerja dan diisolasi sesuai pedoman kesehatan
Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)	Pekerja yang melakukan pekerjaan yang berisiko tinggi harus menggunakan APD seperti pelindung mata dan sarung tangan
Pembatasan Kerumunan	Kegiatan yang melibatkan kerumunan besar, seperti rapat proyek, atau pertemuan tim harus dibatasi atau dialihkan ke pertemuan virtual. Ini membantu menghindari potensi penyebaran virus

3.3 Adopsi Teknologi Dalam Konstruksi

Adopsi teknologi dalam konstruksi telah menjadi elemen kunci dalam adaptasi kontraktor selama pandemi COVID-19. Minimnya mobilitas fisik mendorong kontraktor untuk mencari solusi digital yang lebih canggih (Prasetyo, 2020). Adopsi teknologi yang digunakan dalam konstruksi dengan menggunakan 2 metode terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penggunaan Teknologi Dalam Konstruksi

Metode	Kelebihan
Pemantauan Jarak Jauh	Dengan menggunakan teknologi pemantauan jarak jauh, manajer proyek

(Remote Monitoring)	dapat mengawasi pekerjaan dan progress proyek secara real-time dari jarak jauh. Ini dilakukan melalui kamera CCTV, sensor, atau perangkat IoT yang dipasang di lokasi konstruksi. Informasi tersebut dapat diakses melalui aplikasi atau platform online, memungkinkan manajer proyek untuk mengambil tindakan atau membuat keputusan tanpa harus berada di lokasi konstruksi
Perangkat Lunak Manajemen Proyek	Proyek konstruksi memerlukan berbagai perangkat lunak untuk membantu manajemen, perencanaan, dan pelaksanaan proyek.

Adapun beberapa perangkat lunak manajemen proyek yang sering digunakan dalam industri konstruksi dapat terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perangkat Lunak Manajemen Proyek

Jenis perangkat lunak	Deskripsi
Microsoft Project	Microsoft Project adalah perangkat lunak manajemen proyek yang digunakan untuk merencanakan, mengatur, dan mengelola proyek dengan berbagai fitur sebagai pembuatan jadwal, alokasi sumber daya, dan pelacakan progres
AutoCAD	AutoCAD adalah perangkat lunak desain dan drafting yang sering digunakan oleh insinyur sipil untuk membuat gambar teknis, denah, dan model 2D/3D
PlanGrid	PlanGrid adalah perangkat lunak berbasis cloud yang dirancang khusus untuk pekerjaan lapangan dalam proyek konstruksi. Ini memungkinkan tim di lapangan untuk mengakses dan berbagi rencana, gambar, dan dokumen proyek secara <i>real-time</i> .

4. KESIMPULAN

Pandemi COVID-19 telah menghadirkan perubahan substansial dalam industri konstruksi, memaksa kontraktor untuk beradaptasi dengan cepat untuk menjaga kelangsungan proyek-proyek mereka dan mematuhi protokol kesehatan dan keselamatan yang ketat. Salah satu tantangan utama yang dihadapi adalah minimnya adopsi teknologi dalam proyek-proyek konstruksi. Kajian ini bertujuan untuk menyelidiki bagaimana kontraktor konstruksi di berbagai wilayah menghadapi dan beradaptasi dengan situasi pandemi COVID-19.

Selama pandemi, kontraktor memainkan peran sentral dalam industri konstruksi, dan tanggung jawab besar ada pada mereka untuk mengadopsi dan memanfaatkan teknologi. Adopsi teknologi dalam konstruksi telah menjadi elemen kunci dalam adaptasi kontraktor selama pandemi ini. Contohnya, pemantauan jarak jauh memungkinkan manajer proyek untuk mengawasi proyek secara real-time tanpa harus berada di lokasi.

Protokol kesehatan dan keselamatan yang ketat juga diterapkan di sektor konstruksi, termasuk penggunaan masker wajah, menjaga jarak sosial, pengukuran suhu tubuh, dan protokol kebersihan tangan. Pembagian shift kerja menjadi tiga shift berbeda juga digunakan untuk mengurangi kerumunan pekerja di lokasi konstruksi.

Secara keseluruhan, adaptasi kontraktor terhadap pandemi COVID-19 melibatkan kombinasi antara adopsi teknologi, penyesuaian protokol kesehatan dan keselamatan, serta

Matildah Pretty, P. Simanjuntak, Kajian Adaptasi Kontraktor Menghadapi Kondisi Pandemi COVID 19

pembagian shift kerja. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, menjaga kelancaran proyek, dan melindungi kesehatan pekerja selama masa pandemi. Dengan pemahaman yang mendalam tentang perubahan ini, sektor konstruksi diharapkan dapat terus berkembang dan berkinerja baik di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Gilang P. (2020). Literature Review: Pengertian, Metode, Manfaat, dan Cara Membuat. <https://www.gramedia.com/literasi/literature-review/>.
- Moleong, L. J. (2018). Metodologi Penelitian Kualitatif. In *Penerbit PT Remaja Rosdakarya, Bandung, Cetakan ketiga puluh delapan, Juli 2018, ISBN 979-514-051-5*.
- Mudjia Rahardjo, M. S. (n.d.). Jenis dan Metode Penelitian Kualitatif. [https://uin-malang.ac.id/r/100601/jenis-dan-metode-penelitian-kualitatif.html#:~:Text=Setidaknya%20ada%20delapan%20jenis%20penelitian,Studi%20sejarah%20\(Historical%20research\)](https://uin-malang.ac.id/r/100601/jenis-dan-metode-penelitian-kualitatif.html#:~:Text=Setidaknya%20ada%20delapan%20jenis%20penelitian,Studi%20sejarah%20(Historical%20research)).
- Nilamsari, N. (2014). Memahami Studi Dokumen Dalam Penelitian Kualitatif. *177-180*. <http://journal.moestopo.ac.id/index.php/wacana/article/download/143/88>.
- Prasetyo, R. F. (2020). Identifikasi Efektifitas Faktor Pada Proses Kerja Engineering Kontraktor di Proyek Konstruksi Secara Jarak Jauh di Masa Pandemi Covid-19. <https://e-journal.trisakti.ac.id/index.php/sipil/article/view/8551/6082>, 98-100.
- Rika Permatasari. (2021). Kajian Penerapan Teknologi Oleh Kontraktor Dalam Menghadapi Kondisi Pandemi Covid-19. <https://konteks.web.id/wp-content/uploads/2021/07/konteks-15-teknologi-konstruksi-dalam-masa-pandemi-covid-19.pdf>.
- Sari, A. N. (2021). Pandemi Covid-19: Dampak terhadap Pekerjaan Konstruksi. <http://talentasipil.unbari.ac.id/index.php/talenta/article/view/77/63>, 214–281.
- Somantri, G. R. (2005). Memahami Metode Kualitatif. <https://scholarhub.ui.ac.id/cgi/viewcontent.cgi?article=1255&context=hubsasia>, 57–63.

KAJIAN MANAJEMEN KONSTRUKSI PADA MITIGASI BENCANA

Tri Alexander Sihombing¹, Candra Christianti Purnomo²

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: alexsihombing9b@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: candra.christianti@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Indonesia is located on the Pacific Ring of Fire, with frequent natural disasters, many active volcanoes, and high seismicity rates. Earthquakes are one of the main threats that cause significant damage to buildings and loss of life. Efforts to reduce natural disasters through infrastructure development and strengthening disaster response capacity are critical. The government should prioritize raising public awareness to predict disasters as early as possible. The pre-disaster phase, disaster emergency response, and post-disaster phase are important cycles in disaster management. Earthquake mitigation includes measures such as self-preparedness, construction of earthquake-resistant buildings, and evacuation training.

Keywords: Natural disaster mitigation, earthquake, Indonesia, natural disaster management, management cycle, socialization

ABSTRAK

Indonesia terletak di Cincin Api Pasifik, negara yang sering terjadi bencana alam, banyak gunung berapi aktif dan tingkat kegempaan tinggi. Gempa bumi merupakan salah satu ancaman utama yang menyebabkan kerusakan signifikan pada bangunan dan korban jiwa. Upaya pengurangan bencana alam melalui pembangunan infrastruktur dan penguatan kapasitas tanggap bencana sangatlah penting. Pemerintah harus memprioritaskan peningkatan kesadaran masyarakat untuk memprediksi bencana sedini mungkin. Fase prabencana, tanggap darurat bencana, dan fase pascabencana merupakan siklus penting dalam penanggulangan bencana. Mitigasi gempa bumi mencakup tindakan seperti kesiapsiagaan diri, pembangunan gedung tahan gempa, dan pelatihan evakuasi.

Kata kunci: Mitigasi bencana alam, gempa bumi, Indonesia, penanggulangan bencana alam, siklus pengelolaan, sosialisasi

1. PENDAHULUAN

Indonesia terletak di Cincin Api Pasifik, sebuah wilayah pertemuan tiga lempeng tektonik utama. Lempeng-lempeng tersebut adalah Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Angka kematian yang tercatat cukup tertinggi dengan jumlah gunung berapi aktif terbanyak di dunia sebanyak 127. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) secara berkala memantau 69 dari 127 gunung berapi karena bahaya yang ditimbulkannya (Triarso and Arief Troa 2016). Letusan gunung berapi menimbulkan ancaman permanen bagi kehidupan masyarakat Indonesia yang tinggal di daerah dengan gunung berapi aktif. Indonesia adalah negara yang unik secara geografis karena terletak pada orbit dua lempeng benua lempeng Asia dan lempeng Australia yang seringkali bertumbukan sehingga menimbulkan gempa tektonik yang menghasilkan tekanan dan suhu tinggi. Hal ini akan mendorong magma untuk naik ke permukaan bumi membentuk gunung berapi.

Oleh karena itu, untuk mengantisipasi bencana dilakukan upaya mitigasi bencana berupa pembangunan infrastruktur atau peningkatan kapasitas tanggap bencana, serta kesediaan

pemerintah untuk mengambil tindakan yang tepat dan spesifik untuk mempersiapkan masyarakat dalam menghadapi bencana. jika rencana tersebut telah dilaksanakan oleh Pemerintah, namun alat pencegahan bencana alam terbatas dari segi teknologi dan sulit diprediksi, maka diperlukan model pembangunan berbasis ilmu pengetahuan untuk melakukan mitigasi bencana alam (Rahadhyan 2023). Apalagi, ketika terjadi bencana dalam bentuk apapun, pemerintah harus sigap dan bereaksi cepat. proses penyelamatan, evakuasi korban dan pemenuhan kebutuhan mendesak korban (Arif 2020; Arramadhani 2022; Rahman 2015). Maka respons pascabencana berupa dukungan finansial, tidak hanya bersumber dari pemerintah daerah namun juga dari pemangku kepentingan dalam membantu membangun kembali wilayah yang terkena bencana, khususnya gempa bumi (Muksin et al. 2023).

Pemberitaan di media cetak maupun online tentang terjadinya gempa bumi baik yang terjadi di Indonesia maupun di luar negeri seringkali menimbulkan kerusakan besar pada bangunan dan banyak memakan korban jiwa. Peristiwa gempa terjadi ketika permukaan bumi berguncang atau bergetar. Pergerakan lempeng stratigrafi pada kerak bumi merupakan pemicu paling umum terjadinya gempa bumi (Nasution, Sudaryanto, and Arifin 2018). Namun menurut Peraturan Pemerintah (PP No.21 2008) tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, bencana adalah setiap kejadian atau serangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu sebagian kehidupan manusia dan fasilitasnya, baik yang bersifat alamiah maupun tidak wajar yang menyebabkan hilangnya nyawa, harta benda, kerusakan, dan kerugian lingkungan hidup dan dampak psikologis lainnya.

Beberapa daerah rawan bencana alam mengalami kesulitan dalam mengakses pelayanan umum, memiliki sumber daya yang terbatas, dan mengalami kerugian material yang signifikan. Menurut kutipan dari humas Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), beberapa bencana alam yang terjadi di Indonesia, seperti gempa bumi di Cianjur, Jawa Barat, telah menyebabkan kerusakan yang signifikan dan menelan banyak korban jiwa. Gempa bumi tersebut memiliki kekuatan 5,6 skala richter dan menyebabkan 272 orang meninggal dunia, 2.046 orang luka-luka, dan 62.545 orang mengungsi. Selain itu, terdapat 56.311 unit rumah yang rusak akibat gempa tersebut, dengan 22.267 unit mengalami kerusakan berat, 11.836 unit mengalami kerusakan sedang, dan 22.208 unit mengalami kerusakan ringan (BNPB 2022).

Pemerintah mempunyai tanggung jawab untuk mengambil tindakan preventif dalam meminimalisir dampak bencana alam sebelum terjadi. Upaya untuk mengurangi dampak bencana alam disebut mitigasi bencana dengan tujuan untuk mengurangi kerentanan korban jiwa dan kehilangan harta benda dampak bencana alam (Arif 2020). Pengurangan risiko bencana dapat dicapai melalui pembangunan fisik serta peningkatan kesadaran dan kapasitas dalam menanggapi ancaman bencana alam.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan cara untuk mengurangi dampak buruk bencana alam dengan mengumpulkan dan menganalisis penelitian empiris yang ada. Data penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan mitigasi bencana diikuti dengan pengumpulan dokumen yang berkaitan dengan pembahasan bencana alam digunakan sebagai metode pengumpulan data dalam penelitian ini. Data yang digunakan adalah data yang relevan dan objek penelitian. Mitigasi bencana gempa bumi bertujuan untuk mengurangi risiko dan dampak yang mungkin terjadi karena gempa bumi, seperti korban jiwa, kerugian ekonomi, dan kerusakan sumber daya alam. Beberapa tujuan dari mitigasi bencana, di antaranya adalah mengurangi risiko dan dampak yang mungkin terjadi karena suatu bencana, menjadi pedoman untukantisipasi ke depan, meningkatkan pengetahuan masyarakat dalam menghadapi dan

mengurangi risiko bencana, dan perencanaan pembangunan yang berkelanjutan. Langkah-langkah mitigasi bencana gempa bumi yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Langkah-Langkah Mitigasi Bencana Gempa Bumi (Arif 2020)

Aspek	Langkah Mitigasi
Penyelamatan diri	Mempersiapkan rencana melakukan latihan darurat gempa
Bangunan yang tahan gempa	Asesmen bangunan berikut penempatan perabotan dalam secara proporsional
Peralatan dan fasilitas dalam bangunan	Memastikan listrik dan gas dalam kondisi aman, menyimpan nomor telepon penting, mengenakan jalur pengungsian, dan mengikuti kegiatan simulasi mitigasi bencana gempa

Penanggulangan bencana meliputi tiga tahap, yaitu tahap prabencana, tanggap darurat bencana, dan tahap pascabencana. Kegiatan seperti perencanaan sistem peringatan dini, penyimpanan perbekalan, pelatihan staf, pencarian dan penyelamatan, dan rencana evakuasi di daerah yang rawan bencana berulang merupakan bagian dari tahap mitigasi dan persiapan dari prabencana. Fase tanggap darurat suatu bencana merupakan serangkaian tindakan yang dilakukan segera setelah bencana terjadi untuk memitigasi dampaknya. Setelah terjadinya bencana, masyarakat berupaya untuk memulihkan dan membangun kembali komunitas mereka sehingga mereka dapat melanjutkan kehidupan normal secara fisik dan psikologis sesegera mungkin.

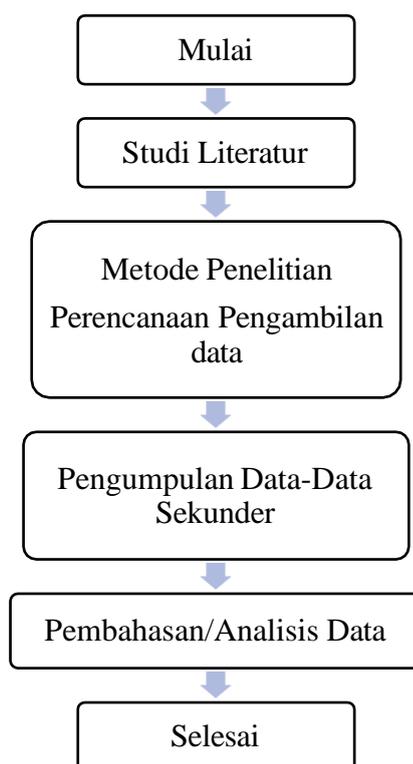
2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode sekunder dengan studi literatur dan undang-undang yang mengungacu pada penelitian-penelitian terdahulu untuk mencapai hasil yang diharapkan seperti terlihat pada Gambar 1.

Peran manajemen konstruksi dalam mengurangi kerusakan akibat gempa bumi menjadi fokus penelitian ini. Menurut teori mitigasi, yang mengelompokkan berbagai jenis mitigasi ke dalam dua kategori disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis Mitigasi Bencana

Aspek	Deskripsi
Struktural	Membangun infrastruktur yang diperlukan untuk mengurangi dampak negatif dan memaksimalkan solusi teknologi. Hal penting yang diamati mencakup pengembangan database wilayah yang mungkin rawan longsor dan sistem peringatan pada saat krisis.
Non struktural	Peningkatan kapasitas masyarakat melalui perencanaan tata ruang dan pelatihan. Hal penting yang dilakukan antara lain peningkatan kemampuan masyarakat melalui pelatihan, sikap, kesiapsiagaan bencana, dan mobilisasi sumber daya.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bencana alam ini datang secara tiba-tiba, tidak ada yang menyangka akan terjadi dimanapun dan kapanpun. Namun sebagai pemilik lembaga pengelola dan penyelenggara Pemerintahan, Pemerintah mempunyai tugas dan tanggung jawab yang besar, salah satunya adalah tugas mempersiapkan dan mengerahkan segala sumber daya yang diperlukan apabila terjadi bencana alam. Oleh karena itu, pemerintah telah melakukan banyak upaya untuk meminimalkan hal ini. Berikut ada beberapa Upaya yang bisa dilakukan oleh Pemerintah.

3.1 Sosialisasi dan Simulasi Bencana

Pelatihan kepada Masyarakat sangat penting dilakukan untuk menyampaikan informasi, yang berkaitan dengan bencana alam. Masyarakat wajib memiliki informasi yang benar dan tepat untuk merespons keadaan darurat secara efektif dengan mengetahui apa yang harus dilakukan jika terjadi bencana. Kegiatan sosialisasi di Cimahi pada bulan Mei 2023 (Rahadhyan 2023) merupakan salah satu kegiatan sosialisasi dan pelatihan dalam rangka menghimbau masyarakat untuk menyiapkan diri menghadapi bencana. Hal yang perlu dipahami masyarakat termasuk pengetahuan terkait kebencanaan juga peralatan tanggap darurat. Sosialisasi bencana harus dilakukan berulang-ulang. Hal ini bertujuan agar pada saat terjadi bencana maka resiko bencana yang terjadi dapat diminimalisir karena masyarakat sudah paham. Sosialisasi tentang Kesiapan masyarakat hadapi bencana yang dilakukan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) termasuk menggelar simulasi bencana yang berpotensi terjadi seperti terlihat pada Gambar 2. Kegiatan ini perlu melibatkan beberapa instansi terkait seperti BPBD, Satpol-PP, Polres, Kwartarab, PMI, Tenaga Kesejahteraan Sosial,

serta warga masyarakat setempat. Simulasi dan mitigasi bencana gempa ini bertujuan untuk memberikan pemahaman sikap yang benar kepada Masyarakat saat menghadapi bencana.



Gambar 2. Simulasi Bencana di DPRD Cimahi, sumber: (Rahadhyan 2023)

3.2 Pembangunan Posko dan Pekerjaan Tanggap Bencana

Kesediaan pemerintah dalam menghadapi kemungkinan terjadinya bencana menunjukkan adanya dukungan penuh dari pihak-pihak yang bertanggung jawab dalam penanggulangan bencana. Yang dilakukan pemerintah untuk mengantisipasi kemungkinan risiko bencana alam adalah dengan membangun sarana dan prasarana penting, termasuk posko, sumber daya manusia yang terlatih, dan peralatan lainnya, termasuk fasilitas IT yang mampu mendeteksi kemungkinan terjadinya bencana. Penggunaan teknologi untuk mengelola, memitigasi dan bersiap menghadapi bencana dengan menggunakan berbagai sistem, seperti penginderaan jauh; Sistem Informasi Geografis (GIS); Sistem Pemosisian Global “GPS”; dan sistem navigasi satelit.

3.3 Upaya Pengurangan Resiko Bencana

Dapat dilakukan melalui penerapan kebijakan yang berkaitan dengan perencanaan penggunaan lahan, peraturan pembangunan, pembangunan infrastruktur dan kebijakan lainnya. Namun pada kenyataannya, integrasi antara perencanaan penggunaan lahan dan mitigasi bencana alam masih sangat lemah. Salah satu penyebab rendahnya tingkat integrasi dalam proses perencanaan adalah penekanan pada faktor bencana alam terkait banjir dan kebakaran.

3.4 Memperkuat Kapasitas Kelembagaan

Tugas pokok dan fungsi dalam kerangka penanggulangan bencana menjadi tanggung jawab Badan Perlindungan Masyarakat dan Penanggulangan Bencana (BPB & Linmas). Namun pada kenyataannya, BPB & Linmas bukanlah satu-satunya lembaga atau organisasi daerah yang independen dan berwenang yang melaksanakan tugas tersebut. Yang terpenting secara kelembagaan harus ada koordinasi yang baik antar seluruh komponen lembaga yang berkepentingan atau terlibat dalam penanggulangan bencana (Arif 2020). Beberapa studi yang pernah dilakukan sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kajian tentang Manajemen Konstruksi pada Mitigasi Bencana Akibat Gempa

Hasil Kajian	Sumber
Pemantauan berkala 69 gunung api aktif oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG).	(Triarso and Arief Troa 2016)
Sebagai bentuk respons pascabencana, bukan hanya pemerintah daerah tetapi juga pihak berkepentingan lainnya harus mengalokasikan dukungan finansial untuk membantu rekonstruksi daerah yang terkena dampak gempa.	(Muksin et al. 2023)
Ketika bencana alam atau bencana akibat ulah manusia mengancam dan menghancurkan kehidupan manusia dan infrastruktur, maka manajemen bencana diperlukan	(PP No.21 2008)
Meningkatkan kesiapsiagaan dan pengetahuan tentang cara menghadapi dampak bencana alam merupakan dua komponen kunci pengurangan risiko bencana dengan memanfaatkan teknologi terbaru.	(Nasution et al. 2018)
<u>Kemampuan untuk mengendalikan dampak korban jiwa dan kerugian masyarakat secara material adalah salah satu dari banyak tujuan mitigasi bencana, selain menurunkan risiko terkait bencana dan meminimalkan dampaknya. Hal ini menjadi suatu panduan untuk perencanaan Pembangunan ke depan dan mendidik masyarakat setempat tentang cara mempersiapkan diri dan merespons bencana dengan lebih baik.</u>	(Arramadhani 2022)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan temuan dan pembahasan hasil analisa, maka dapat disimpulkan bahwa Mitigasi gempa dapat dilakukandengan menggunakan sistem yang bisa diterapkan oleh pemerintah seperti sosialisasidan simulasi bencana, Pembangunan posko dan pekerjaan tanggap bencana alam, upaya pengurangan risiko bencana, memperkuat kapasitas kelembagaan. Selain itu Pemerintah harus lebih proaktifdalam melakukan sosialisasi kepada masyarakat agar bisa mengantisipasi bencana tahap awal.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, Lukman. 2020. "Mitigasi Bencana Gempa Di Kota Surabaya (Kajian Tentang Upaya Antisipatif Pemerintah Kota Surabaya Dalam Mengurangi Resiko Bencana)." *Dinamika Governance : Jurnal Ilmu Administrasi Negara* 10(1). doi: 10.33005/jdg.v10i1.2048.
- Arramadhani, Abdul. 2022. "Analisis Data Penginderaan Jauh Terhadap Bencana Banjir Di Kabupaten Ngawi." (June).
- BNPB. 2022. "Kerusakan Bangunan Akibat Gempabumi M 5,6 Cianjur." <https://Berita/Kerusakan-Bangunan-Akibat-Gempabumi-M5-6-Cianjur>.
- Muksin, Zainal, Abdur Rahim, Andi Hermansyah, Azhari Aziz Samudra, and Evi Satispi. 2023. "Mitigasi Bencana Gempa Bumi Di Cianjur." *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan* 6(4):2486–90. doi: 10.54371/jiip.v6i4.1847.
- Nasution, A. C., S. Sudaryanto, and J. Arifin. 2018. "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Gempa Bumi Dengan Ayunan Bandul Berbasis Mikrokontroler ATmega328." *JET (Journal of*

Electrical ... 3(1):40–44.

PP No.21. 2008. “Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana.” Peraturan Pemerintah Republik Indonesia 282.

Rahadhyan, Adhy. 2023. “Simulasi Bencana, Media Sosialisasi Kesiapan Masyarakat Hadapi Bencana.” <https://Cimahikota.Go.Id/Berita/Detail/82178-Simulasi-Bencana%2C-Media-Sosialisasi-Kesiapan-Masyarakat-Hadapi-Bencana>.

Rahman, Amni Zarkasyi. 2015. “Kajian Mitigasi Bencana Tanah Longsor Di Kabupaten Banjarnegara.” *Gema Publica Jurnal Manajemen Dan Kebijakan Publik* ISSN 2460-9714 1(1):1–14.

Triarso, Eko, and Rainer Arief Troa. 2016. “Pemetaan Geologi Gunung Api Bawah Laut Kawio Barat Perairan Sangihe-Talaud Menggunakan Multibeam Echosounder Resolusi Tinggi.” *Jurnal Kelautan Nasional* 11(2):67. doi: 10.15578/jkn.v11i2.6108.



ukipressdigital.uki.ac.id



UKI PRESS

Pusat Penerbit dan Pencetakan
Universitas Kristen Indonesia
Jl. Mayjen Sutoyo No. 2, Cawang
Jakarta Timur 13630

