

Volume 11 Nomor 1 April 2022

ISSN 2302-4976

eISSN 2503-1511

JURNAL

Teknik Sipil
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

FONDASI

FONDASI

ISSN 2302-4976



9 772302 497604

eISSN 2503-1511



9 772503 151015

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jalan Jenderal Sudirman Km 3
Cilegon-Banten

FONDASI: JURNAL
TEKNIK SIPIL

VOLUME 11

NOMOR 1

HALAMAN
1-107

EDISI APRIL
2022

ISSN 2302-4976
eISSN 2503-1511

SUSUNAN DEWAN REDAKSI

EDITOR IN CHIEF

Woelandari Fathonah, S.T.,M.T

EDITOR

Ngakan Putu Purnaditya, S.T.,M.T

Dr. Subekti, S.T.,M.T

Dwi Esti Intari, S.T.,M.Sc

Baehaki, S.T.,M.Eng

Rama Indera Kusuma, S.T.,M.T

Restu Wigati, S.T.,M.Eng

Enden Mina, S.T.,M.Pd.,M.T

Arief Budiman, S.T.,M.Eng

Andi Maddeppungeng, Ir., M.T

Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T.,M.T

Dr. Soelarso, S.T.,M.Eng

Zulmahdi Darwis, S.T.,M.Eng

Hendrian Budi Bagus Kuncoro, S.T.,M.Eng

Rifky Ujianto, S.T.,M.T

Siti Asyiah, S.T.,M.T

Dr. Bambang Adhi Priyambodho, S.T.,M.T

Dwi Novi S, S.T.,M.T

Ahmad Shulhany, S.Pd.,M.Si

Abdurohimi, S.Ag., M.Ag

MITRA BESTARI

Dr. Jessica Sjah (Universitas Indonesia)

Predaricka,Phd (Universitas Islam Indonesia)

Dr. Harmein Rahman (Institut Teknologi Bandung)

Dr. Ida Bagus Rai Widiarsa (Universitas Udayana)

Dr. Subrata Aditama K.A.Uda (Universitas Palangka Raya)

Dr. Eng. Heriansyah, S.pd., M.Eng (Institut Pertanian Bogor)

Dr. Nur Qudus (Universitas Negeri Semarang)

Dr I Dewa Ketut Sudarsana (Universitas Udayana)

ALAMAT REDAKSI

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jend Sudirman km 3 Cilegon, Banten 42435

Email : fondasi@untirta.ac.id/jurnalfondasi@gmail.com

Website : <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jft>

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas terbitnya Fondasi: Jurnal Teknik Sipil Volume 11 Nomor 1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Pada Volume 11 Nomor 1 ini terdiri dari sepuluh (10) artikel yang terdiri atas berbagai bidang keahlian yaitu Sumber Daya Air, Transportasi, Geoteknik, Manajemen dan Struktur yang ada di Teknik Sipil.

Fondasi: Jurnal Teknik Sipil ini merupakan wadah bagi civitas akademika baik dilingkungan Untirta maupun di luar lingkungan untirta yang ingin mempublikasikan karya ilmiahnya, dan jurnal ini terbit dua kali dalam setahun yaitu pada bulan April dan Oktober.

Demikanlah kata pengantar yang singkat dari pemimpin redaksi dan tidak lupa pula pemimpin redaksi mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang sudah turut membantu atas terbitnya Jurnal Fondasi ini. Semoga jurnal ini dapat membawa manfaat bagi perkembangan keilmuan teknik sipil di Indonesia

Pemimpin Redaksi

Woelandari Fathonah,S.T.,M.T

DAFTAR ISI

Evaluasi Kesesuaian Struktur Rumah Tinggal Sederhana dengan Pedoman Teknis Rumah Tinggal Tahan Gempa (Studi Kasus: Perumahan Subsidi di Kota Cilegon) Muhammad Rizqi Agisna, Baehaki, Hendrian Budi Bagus Kuncoro	1-12
Analisis Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa Fakultas Teknik Untirta (Studi Kasus Cilegon-Tangerang) Arief Budiman, Rindu Twidi Bethary, Fachriz Ferruzi Hilzams	13-23
Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Pasir Pantai Terhadap Nilai CBR <i>Unsoaked</i> Rama Indera Kusuma, Enden Mina, Woelandari Fathonah, Rizqi Cahyo Nugroho	24-33
Penggunaan Limbah Slag Nikel Untuk Material Jalan Ramah Lingkungan Rindu Twidi Bethary, Dwi Esti Intari	34-43
Pengaruh Kontraktor dan Kondisi Lingkungan Terhadap Bahaya Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) Di Proyek The Canary Apartement Andi Maddeppungeng, Siti Asyiah, Fadil Prasetyo	44-55
Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Serat Bambu dari Tusuk Gigi Sebagai Bahan Tambah M. Nuklirullah, Haerul Pathoni, Ayu Wanda	56-65
Perencanaan Desain Embung Untuk Kebutuhan Air Baku dan Pengendalian Banjir (Studi Kasus: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kampus Sindangsari) Rifky Ujianto, Restu Wigati, Ivandhika Rizal Ardiansyah, Kulsum	66-77
Pengolahan Pofa (<i>Palm Oil Fuel Ash</i>) dan Semen Sebagai Material Alternatif Timbunan Pilihan Jalan Untuk Perbaikan Infrastruktur Jalan Dila Oktarise Dwina, Nazarudin, Oki Alfernando, Dyah Kumalasari, Tia Nofrina	78-87
Analisis Sedimentasi di Tampungan Embung Daerah Irigasi Jurug Lendah Kulon Progo Ahmad Hakim Bintang Kuncoro, Diah Setyati Budiningrum, Istianah	88-97
Evaluasi Penggunaan Angkutan Umum Perkotaan Di Kota Malang (Trayek Arjosari – Tidar / AT) Rifky Aldila Primasworo , Blima Oktaviastuti, Ronaldus Winarso Madun	98-107

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas terbitnya Fondasi: Jurnal Teknik Sipil Volume 11 Nomor 1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Pada Volume 11 Nomor 1 ini terdiri dari sepuluh (10) artikel yang terdiri atas berbagai bidang keahlian yaitu Sumber Daya Air, Transportasi, Geoteknik, Manajemen dan Struktur yang ada di Teknik Sipil.

Fondasi: Jurnal Teknik Sipil ini merupakan wadah bagi civitas akademika baik dilingkungan Untirta maupun di luar lingkungan untirta yang ingin mempublikasikan karya ilmiahnya, dan jurnal ini terbit dua kali dalam setahun yaitu pada bulan April dan Oktober.

Demikanlah kata pengantar yang singkat dari pemimpin redaksi dan tidak lupa pula pemimpin redaksi mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang sudah turut membantu atas terbitnya Jurnal Fondasi ini. Semoga jurnal ini dapat membawa manfaat bagi perkembangan keilmuan teknik sipil di Indonesia

Pemimpin Redaksi

Woelandari Fathonah,S.T.,M.T

DAFTAR ISI

Evaluasi Kesesuaian Struktur Rumah Tinggal Sederhana dengan Pedoman Teknis Rumah Tinggal Tahan Gempa (Studi Kasus: Perumahan Subsidi di Kota Cilegon) Muhammad Rizqi Agisna, Baehaki, Hendrian Budi Bagus Kuncoro	1-12
Analisis Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa Fakultas Teknik Untirta (Studi Kasus Cilegon-Tangerang) Arief Budiman, Rindu Twidi Bethary, Fachriz Ferruzi Hilzams	13-23
Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Pasir Pantai Terhadap Nilai CBR <i>Unsoaked</i> Rama Indera Kusuma, Enden Mina, Woelandari Fathonah, Rizqi Cahyo Nugroho	24-33
Penggunaan Limbah Slag Nikel Untuk Material Jalan Ramah Lingkungan Rindu Twidi Bethary, Dwi Esti Intari	34-43
Pengaruh Kontraktor dan Kondisi Lingkungan Terhadap Bahaya Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) Di Proyek The Canary Apartement Andi Maddeppungeng, Siti Asyiah, Fadil Prasetyo	44-55
Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Serat Bambu dari Tusuk Gigi Sebagai Bahan Tambah M. Nuklirullah, Haerul Pathoni, Ayu Wanda	56-65
Perencanaan Desain Embung Untuk Kebutuhan Air Baku dan Pengendalian Banjir (Studi Kasus: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kampus Sindangsari) Rifky Ujianto, Restu Wigati, Ivandhika Rizal Ardiansyah, Kulsum	66-77
Pengolahan Pofa (<i>Palm Oil Fuel Ash</i>) dan Semen Sebagai Material Alternatif Timbunan Pilihan Jalan Untuk Perbaikan Infrastruktur Jalan Dila Oktarise Dwina, Nazarudin, Oki Alfernando, Dyah Kumalasari, Tia Nofrina	78-87
Analisis Sedimentasi di Tampungan Embung Daerah Irigasi Jurug Lendah Kulon Progo Ahmad Hakim Bintang Kuncoro, Diah Setyati Budiningrum, Istianah	88-97
Evaluasi Penggunaan Angkutan Umum Perkotaan Di Kota Malang (Trayek Arjosari – Tidar / AT) Rifky Aldila Primasworo , Blima Oktaviastuti, Ronaldus Winarso Madun	98-107

Evaluasi Kesesuaian Struktur Rumah Tinggal Sederhana dengan Pedoman Teknis Rumah Tinggal Tahan Gempa (Studi Kasus: Perumahan Subsidi di Kota Cilegon)

Muhammad Rizqi Agisna¹, Baehaki², Hendrian Budi Bagus Kuncoro³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email : baehaki@untirta.ac.id

Diterima redaksi: 22 Maret 2022 | Selesai revisi: 13 April 2022 | Diterbitkan *online*: 30 April 2022

INTISARI

Program rumah subsidi merupakan program bantuan pembiayaan kepemilikan rumah yang diberikan oleh pemerintah sebagai bentuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat berpenghasilan rendah (MBR), namun bangunan tersebut harus tetap memiliki standar minimal kelayakan rumah tinggal. Salah satu standar yang diatur oleh pemerintah dan diprakarsai Direktorat Jenderal Cipta Karya yaitu Pedoman Teknis Rumah Tinggal Tahan Gempa. Dalam implementasinya ternyata ditemukan banyak rumah subsidi yang tidak memenuhi spesifikasi teknis dari pedoman teknis tersebut. Kota Cilegon termasuk salah satu wilayah yang berpotensi besar mengalami bencana alam seperti meletusnya gunung merapi dan bencana gempa bumi. Pada tahun 2019 gempa bumi terjadi di Banten dengan kekuatan gempa 6,9 skala richter, tercatat 233 bangunan rumah tinggal mengalami kerusakan dan 4 korban jiwa berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Berdasarkan kondisi di atas, maka pada penelitian ini membahas mengenai evaluasi kesesuaian struktur rumah tinggal sederhana dengan pedoman Teknis rumah tinggal tahan gempa. Penelitian ini diarahkan untuk mengetahui persentase tingkat kesesuaian struktur rumah subsidi Kota Cilegon dengan pedoman teknis rumah tinggal tahan gempa dan sebagai masyarakat perencana/*stakeholder* setempat memahami aturan pada pedoman. Metode penelitian ini adalah wawancara, observasi dan kuesioner, yang selanjutnya data sampel penelitian akan diuji kecukupan data, uji keseragaman dan uji T Test. Hasil penelitian didapat 2 kategori persentase yaitu kategori tidak sesuai mendapatkan 70% karena tidak memakai balok lintel, tidak adanya angkur pada pondasi, dan dinding. Kategori sesuai didapatkan 30% karena hanya penggunaan bahan material yang sesuai, dengan hasil tingkat kesesuaian lebih kecil dari persentase tidak sesuai dapat dikatakan kurangnya sosialisasi pedoman dari pihak pemerintah kepada perencana/*stakeholder*.

Kata Kunci : Gempa bumi, Struktur bangunan, SPSS, Quisoner, Wawancara, dan Observasi

ABSTRACT

The subsidized housing program is a home ownership financing assistance program provided by the government as a form of improving the welfare of low-income people (MBR), but the building must still have a minimum standard of housing eligibility. One of the standards set by the government and initiated by the Directorate General of Human Settlements is the Technical Guidelines for Earthquake Resistant Residential Houses. In its implementation, it was found that many subsidized houses did not meet the technical specifications of the technical guidelines. Cilegon City is one of the areas that have a great potential to experience natural disasters such as the eruption of Mount Merapi and an earthquake. In 2019 an earthquake occurred in Banten with a magnitude of 6.9 on the Richter scale, recorded 233 residential buildings damaged and 4 fatalities based on data from the National Disaster Management Agency. Based on the above conditions, this study discusses the evaluation of the suitability of simple residential structures with earthquake-resistant housing technical guidelines. This study was directed to determine the percentage level of conformity of the Cilegon City subsidized housing structure with the technical

guidelines for earthquake-resistant housing and as a community planning /stakeholder local understand the rules in the guidelines. The research methods are interviews, observations and questionnaires, after which the research sample data will be tested for data adequacy, uniformity test and T test. The results of the study obtained 2 percentage categories, namely the inappropriate category getting 70% because they did not use lintel beams, there were no anchors on the foundation, and walls. The appropriate category is obtained by 30% because only the use of appropriate materials, with the result that the level of conformity is smaller than the percentage is not appropriate, it can be said that is a the lack of socialization of guidelines from the government to planners/stakeholders.

Keywords : *Earthquake, building structure, SPSS, Quisoner, Interview, and Observation*

1. Pendahuluan

Pesatnya pertumbuhan penduduk di wilayah Indonesia salah satunya Kota Cilegon yang terletak di Provinsi Banten memiliki jumlah penduduk 374.559 jiwa (3,52 persen) menurut data Badan Pusat Statistik pada tahun 2010, dengan jumlah penduduk Kota Cilegon yang semakin pesat masyarakat memerlukan tempat tinggal layak dan aman sebagai hunian.[1]

Salah satu rumah hunian layak adalah rumah tinggal sederhana berupa rumah tunggal, dengan harga cukup terjangkau kalangan menengah kebawah dengan luas bangunan < 70 m² [2]. Rumah tinggal sederhana bersubsidi merupakan rumah hunian dengan perencanaan atau pengerjaan berdasarkan kebijakan yang diberikan oleh pemerintah berdasarkan undang-undang dan keputusan menteri serta pelaksanaannya melalui Departemen Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) dengan skema Fasilitas Likuiditas Pembiayaan Perumahan (FLPP). Fasilitas tersebut ditujukan untuk membantu masyarakat ekonomi menengah kebawah dalam pemenuhan kebutuhan tempat tinggal.

Dalam implementasinya ditemukan banyak data rumah hunian yang tidak memenuhi standar rumah hunian layak, berdasarkan data pada Badan Nasional Penanggulangan Bencana kerusakan rumah hunian yang diakibatkan oleh bencana gempa bumi. Wilayah Kota Cilegon berada dalam wilayah yang terdapat gunung merapi masih aktif salah satunya Krakatau sehingga disebut cincin api pasifik (*Ring of Fire*) dan diapit tiga pertemuan lempeng benua, yakni *Indo-Australia* dari arah selatan, *Eurasia* dari

utara dan *Pacific* dari timur yang saling berbenturan, mengakibatkan terjadinya bencana alam yakni gempa bumi. Sehingga memerlukan ketentuan pembangunan rumah hunian memerlukan Pedoman Teknis diprakarsai oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya mencakup bahan bangunan, denah bangunan, struktur bangunan meliputi pondasi, *sloof*, kolom, dinding, balok *lintel*, *ring* balok, gunungan dan rangka kuda-kuda. Pada penelitian ini penulis ingin mengetahui kesesuaian rumah subsidi di kota Cilegon dengan pedoman teknis rumah tinggal tahan gempa, menghitung presentase tingkat kesesuaian rumah subsidi dengan pedoman teknis rumah tinggal tahan gempa dan mengetahui pemahaman perencana/*stakeholder* setempat terhadap aturan rumah tinggal tahan gempa.

2. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini menggunakan tinjauan dari beberapa penelitian sebelumnya :

- a. Penelitian pertama dengan judul “Kesesuaian Struktur Rumah Tinggal Sederhana Tahan Gempa yang menggunakan Pedoman Rumah Sederhana Tahan Gempa” yang diteliti oleh Fajar Mahmudi (2016), Dengan metode penelitian observasi, wawancara kepada pihak terkait, dan kuisioner dengan analisa data menggunakan alat bantu *software Microsoft Excel* dan Statistik. Dari hasil penelitian mendapatkan tiga presentase kategori kesesuaian bangunan rumah tinggal tahan gempa, yaitu (1) kategori sesuai 44 %, (2) kategori kurang sesuai 42 %, (3)

kategori tidak sesuai 16 %.[4]

- b. Penelitian kedua dengan judul “Rumah Tembokan Beton Bertulang Tahan Gempa di Perumahan Graha Arradea” yang diteliti oleh Fengky Satria Yoresta (2018). metode penelitian ini wawancara dan observasi yang dilakukan terhadap tiga aspek, yaitu (1) kualitas material, (2) kualitas/mutu pengerjaan, dan (3) komponen/elemen bangunan. Hasil penelitian didapatkan pengadukan beton dengan molen lebih baik dan penggunaan tipe pondasi batu kali direkomendasikan rumah tinggal sederhana, memperhatikan ukuran dan jarak komponen sambungan terhubung dengan baik.[5]
- c. Penelitian ketiga dengan judul “Evaluasi Ketahanan Gempa Rumah Sederhana Di Kelurahan Rum, Kota Tidore Kepulauan” yang diteliti oleh Ahmad Aldo⁽¹⁾, Galeh Nur Indriatno Putro Pratama⁽²⁾ (2019). Metode Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif, wawancara dan dokumentasi dengan menggunakan analisis deskriptif. Dari hasil penelitian ini diperoleh 21 rumah tinggal (60%) dikategorikan kurang cocok dan 3 rumah tinggal (8%) tidak cocok terhadap gempa bumi, dikarenakan tidak menggunakan balok *sloof*.[6]

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengisi quisioner yang terdiri dari setiap penilaian pertanyaan, menggunakan skala Guttman dengan 2 interval yang memiliki skor 2 untuk Sesuai (S) dan skor 1 untuk Tidak Sesuai (TS) [7]. Observasi dan wawancara diambil tiap perumahan sebanyak 2 sampel dengan total sampel 20 dalam 10 perumahan berdasarkan rumus penentuan jumlah sampel [7] sebagai berikut :

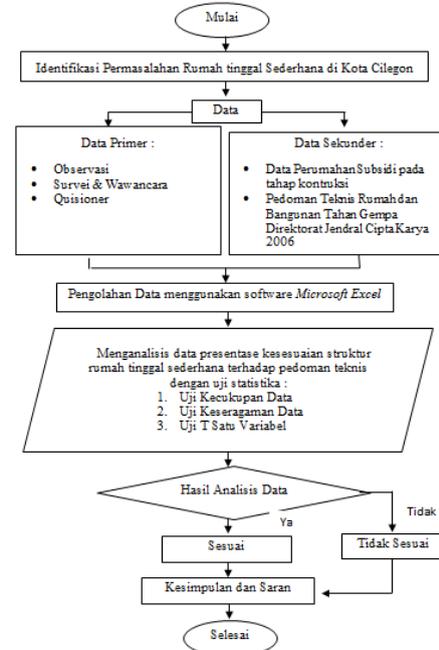
$$S = \frac{\lambda^2 \cdot N \cdot P \cdot Q}{d^2 (N - 1) + P \cdot Q} \tag{1}$$

$$S = \frac{3,841^2 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,05^2 (10 - 1) + 3,841^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5} \tag{2}$$

$$S = 9,9 = 10 \text{ sampel} \tag{3}$$

Keterangan :

- s = Jumlah sampel
- λ^2 = Chi kuadrat 5% = 3,841
- N = Jumlah Populasi
- P = Peluang benar (0,5)
- Q = Peluang salah (0,5)



Gambar 1. Bagan alur penelitian
Sumber : Analisis Penulis, 2021

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Data Penelitian

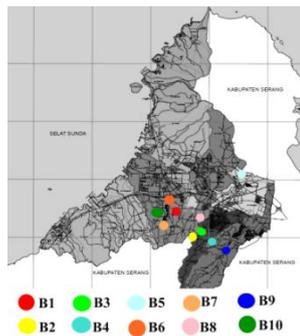
4.1. Karakteristik Objek Penelitian

Kota Cilegon berada di bagian utara Kabupaten Serang yang memiliki luas wilayah 175,51 Km² [1] dengan 10 perumahan subsidi yang terdaftar dalam website resmi [8], untuk menjaga kerahasiaan data pengembang penulis memberikan nama lain sebagai berikut :

Tabel 1. Daftar perumahan subsidi Kota Cilegon

NO	Nama Perumahan Subsidi	Sampel
1	B1	2
2	B2	2
3	B3	2
4	B4	2
5	B5	2
6	B6	2
7	B7	2
8	B8	2
9	B9	2
10	B10	2
Jumlah		20

Sumber : Analisis Penulis, 2021

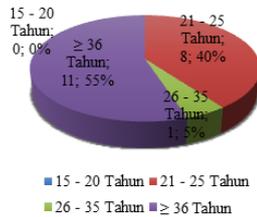


Gambar 2. Peta Wilayah Kota Cilegon
Sumber : Analisis Penulis, 2021

4.2. Hasil Penelitian

Penyebaran kuesioner di Kota Cilegon untuk mengetahui karakteristik responden didapat :

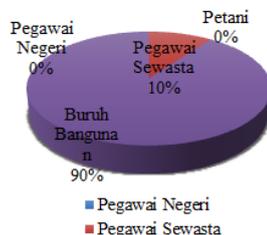
- 1) karakteristik responden berdasarkan usia.



Gambar 3. Diagram lingkaran klasifikasi responden berdasarkan usia
Sumber : Analisis Penulis, 2021

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa dari 20 responden, pada usia 15-20 tahun sebanyak 0%, responden pada usia 20-25 tahun sebanyak 40%, responden pada usia 25-35 tahun sebanyak 5% dan responden pada usia ≥ 35 tahun sebanyak 55%.

- 2) karakteristik responden berdasarkan pekerjaan.



Gambar 4. Diagram lingkaran klasifikasi responden berdasarkan pekerjaan.
Sumber : Analisis Penulis, 2021

Berdasarkan Gambar 4 diketahui bahwa dari 15 responden, responden dengan pekerjaan pegawai negeri sebanyak 0%, responden dengan pekerjaan pegawai swasta sebanyak

20%, responden dengan pekerjaan petani sebanyak 0% dan responden dengan pekerjaan lain-lain sebanyak 80%.

4.3. Analisis Deskripsi

4.3.1. Kesesuaian sampel dengan pedoman teknis

Penelitian ini mendeskripsikan dalam skor tertinggi dan skor terendah, didapatkan jarak interval sebagai berikut :

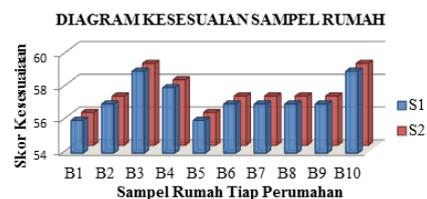
$$\text{Jarak Interval (i)} = \frac{\text{Jumlah skor tertinggi-jumlah skor terendah}}{\text{Jumlah kelas interval}} \quad (19)$$

$$= \frac{59 - 56}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 = 1 \quad (20)$$

Tabel 2. Skor kesesuaian

Skor	Kategori	Frekuensi	Persentase
57-58	Tidak Sesuai	14	70 %
59-60	Sesuai	6	30 %
Jumlah		20	100%

Sumber : Analisis Penulis, 2021



Gambar 5. Diagram tabulasi data evaluasi kesesuaian sampel rumah
Sumber: Analisis Penulis, 2021

Berdasarkan pada Tabel 2 memberikan hasil yaitu 30% sesuai dengan pedoman dan dikategori tidak sesuai sebanyak 70%.

Tabel 2. Skor kesesuaian

No	Nama Perumahan	Skor			
		Kesesuaian (xi)	Xi ²	(Xi - \bar{x}) ²	
1.	Sampel 1	56	3136	-1,3	2
2.	B1 Sampel 2	56	3136	-1,3	2
3.	Sampel 1	57	3249	-0,3	0
4.	B2 Sampel 2	57	3249	-0,3	0
5.	Sampel 1	59	3481	1,7	3
6.	B3 Sampel 2	59	3481	1,7	3
7.	Sampel 1	58	3364	0,7	0
8.	B4 Sampel 2	58	3364	0,7	0
9.	Sampel 1	56	3136	-1,3	2
10.	B5 Sampel 2	56	3136	-1,3	2
11.	Sampel 1	57	3249	-0,3	0
12.	B6 Sampel 2	57	3249	-0,3	0
13.	Sampel 1	57	3249	-0,3	0
14.	B7 Sampel 2	57	3249	-0,3	0
15.	Sampel 1	57	3249	-0,3	0
16.	B8 Sampel 2	57	3249	-0,3	0
17.	Sampel 1	57	3249	-0,3	0
18.	B9 Sampel 2	57	3249	-0,3	0
19.	Sampel 1	59	3481	1,7	3
20.	B10 Sampel 2	59	3481	1,7	3
Jumlah		1146	65686	6E-14	65686
Rata-rata (\bar{x})		57,3			

Sumber : Analisis Penulis, 2021

Dari hasil data persentase kesesuaian struktur rumah terhadap pedoman teknis yang terdapat pada (Tabel 5.15) akan dilakukan 3 pengujian untuk memastikan apakah 10 sampel rumah dianggap cukup sebagai obyek penelitian, dengan 3 uji sebagai berikut :

1) Uji Kecukupan data

Uji kecukupan data dilakukan untuk memastikan hasil data penelitian dapat dianggap mencukupi atau tidak

$$N' = \frac{k/s \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \tag{4}$$

$$N' = \frac{2/0,1 \sqrt{20 \times 65686^2 - (1313316)^2}}{1146} = 0,1 \tag{5}$$

Keterangan :

- N = Jumlah data pengamatan
- s = Derajat ketelitian 10%
- k = Tingkat keyakinan 99 % = 3 dan 95% = 2

Hasil perhitungan uji kecukupan data didapatkan N' = 0,1, sehingga N' < N (0,1 < 20) dapat dikatakan jumlah 20 sampel cukup.

2) Uji Keseragaman data

Untuk memastikan hasil data penelitian berasal dari system yang sama, maka dilakukan pengujian terhadap keseragaman

data.

a) Mencari standar deviasi

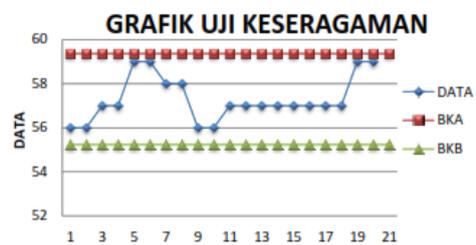
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} \tag{6}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{20}{20-1}} = 1 \tag{7}$$

b) Mencari nilai batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 57,3 + (2 \times 1) = 59 \tag{8}$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 57,3 - (2 \times 1) = 55 \tag{9}$$



Gambar 6. Grafik uji keseragaman

Sumber: Analisis Penulis, 2021

Berdasarkan (Gambar 5.36) bahwa data pengamatan menunjukkan masih dalam range BKA (Batas Kontrol Atas) dan BKB (Batas Kontrol Bawah), sehingga data pada penelitian ini dapat dikatakan seragam.

3) Uji T-Test

Untuk memastikan rata-rata data hasil penelitian secara statistik berbeda secara signifikan bila dibandingkan dengan nilai rata-rata yang sudah diketahui.

Ho : Tingkat kesesuaian struktur rumah subsidi Kota Cilegon terendah sebesar 30% dari skor ideal.

Ho : Tingkat kesesuaian struktur rumah subsidi Kota Cilegon tertinggi sebesar 30% dari skor ideal.

Hasil persentase kesesuaian berdasarkan instrumen penelitian yang terdiri dari 42 butir pertanyaan dengan 2 interval yang memiliki skor 2 untuk Sesuai (S) dan skor 1 untuk Tidak Sesuai (TS). Taraf kepercayaanya yang digunakan pada penelitian ini 95%.

Skor Ideal = 42 x 2 x 20 = 1680

Rata-rata nilai ideal = 1680 / 20 = 84

Dengan 30% kesimpulan skor idealnya yaitu 0,30 x 84 = 25

a) Menentukan t_{tabel} α

Dengan taraf signifian $\alpha = 0,05$

$$db = n - 1 = 20 - 1 = 19 \tag{10}$$

Sehingga nilai $t_{tabel(0,05,19)} = 1,729$

b) Menentukan t_{hitung}

$$t_{hitung} = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}} \tag{11}$$

$$t_{hitung} = \frac{57,3-25}{1/\sqrt{20}} = 146,8 \tag{12}$$

H_0 diterima jika, $t_{tabel(0,05,19)} < t_{hitung}$

H_0 ditolak jika, $t_{tabel(0,05,19)} > t_{hitung}$

4.3.2. Pemahaman masyarakat terhadap pedoman teknis

Penelitian ini menggunakan 20 sampel berikut deskripsi tanggapan responden :

a) Evaluasi kesesuaian struktur pondasi Berdasarkan evaluasi kesesuaian terhadap pedoman maka penggunaan bahan pondasi di beberapa unit rumah tidak memakai batu kali melainkan pondasi plat beton. Sedangkan proses pengadukan material mortar yang akan digunakan untuk pondasi dilakukan secara manual, pengadukan secara manual tidak dianjurkan karena menghasilkan kuat tekan yang rendah [5]. Penggunaan pondasi plat beton tidak dianjurkan dalam perencanaan rumah tinggal tahan gempa karena dinilai tidak cukup kuat untuk menahan beban lateral gempa dengan rekomendasi pemakaian bahan pondasi adalah batu kali atau batu gunung. [2], [5], [9], [10],[11],[12]

Tabel 6. Persentase tingkat kesesuaian struktur pondasi

Materi	Butir Soal	Jumlah Tanggapan Responden		Persentase %	
		Sesuai	Tidak Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Tahun pembuatan	A1	20	0	100	0
Bahan material	A2	16	4	80	20
Tinggi pondasi	A3	0	20	0	100
Lebar bawah	A4	0	20	0	100
Lebar atas	A5	0	20	0	100
Kedalaman muka tanah	A6	0	20	0	100
Jumlah				30	70

Sumber : Analisis Penulis, 2021



Gambar 6. Pondasi batu kali Perumahan P1 dengan galian

Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



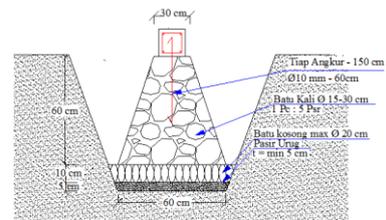
Gambar 7. Pondasi pelat beton bertulang Perumahan P2

Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 8. Pondasi batu kali Perumahan P3 tanpa galian

Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 9. Potongan melintang pondasi menerus.

Sumber: Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa

b) Evaluasi kesesuaian struktur *sloof* Berdasarkan evaluasi kesesuaian terhadap pedoman maka penggunaan penggunaan *sloof* pada tiap lokasi perumahan ada beberapa tidak memakai *sloof*. Jarak antara tulangan sengkang >15 cm [2], [5], [9], [10],[11],[12].

Tabel 7. Persentase tingkat kesesuaian struktur *sloof*

Materi	Butir Soal	Jumlah Tanggapan Responden		Persentase %	
		Sesuai	Tidak Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Tinggi <i>sloof</i>	A7	4	16	20	80
Lebar <i>sloof</i>	A8	0	20	0	100
Diameter tulangan pokok	A9	0	20	0	100
Jumlah tulangan pokok	A10	20	0	100	0
Ukuran begel	A11	16	4	80	20
Jarak begel	A12	0	20	0	100
Jumlah				42	67

Sumber : Analisis Penulis, 2021



Gambar 10. Sloof Perumahan P1

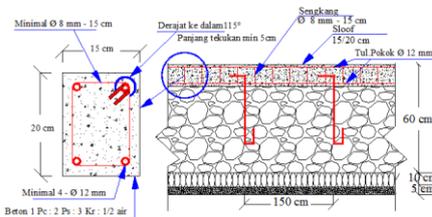
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 11. Perumahan P2 tidak ada sloof
 Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 12. Sloof Perumahan P3
 Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 13. Hubungan pondasi dengan sloof.
 Sumber: Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa

c) Evaluasi kesesuaian struktur Kolom Berdasarkan evaluasi kesesuaian terhadap pedoman maka penggunaan tulangan sengkang pada kolom tidak memiliki bengkokan di kedua ujungnya dan jarak antara tulangan sengkang >15, untuk dimensi kolom < 15x15 cm. [2], [5], [9], [10],[11],[12].

Tabel 8. Persentase tingkat kesesuaian struktur kolom

Materi	Butir Soal	Jumlah Tanggapan Responden		Persentase %	
		Sesuai	Tidak Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Tinggi kolom	A13	0	20	0	100
Lebar kolom	A14	0	20	0	100
Diameter tulangan pokok	A15	20	0	100	0
Jumlah tulangan pokok	A16	20	0	100	0
Ukuran begel	A17	20	0	100	0
Jarak begel	A18	0	20	0	100
Jumlah				50	50

Sumber : Analisis Penulis, 2021



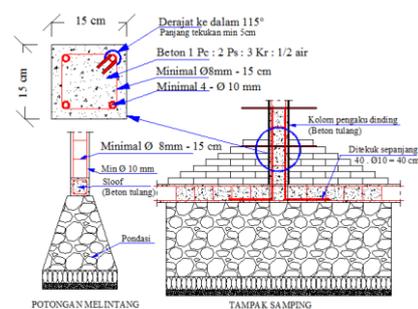
Gambar 14. Kolom Perumahan P1
 Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 15. Kolom Perumahan P2
 Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 16. Kolom Perumahan P3
 Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 17. Hubungan kolom dengan dinding.
 Sumber: Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa

d) Evaluasi kesesuaian struktur balok lintel Berdasarkan evaluasi kesesuaian terhadap pedoman maka penggunaan balok lintel hanya beberapa unit rumah yang memakai dimensi yang sesuai yaitu 20x15 cm di tulangan sengkang dengan diameter 6mm dan jarak tidak sesuai >15 cm. [2], [5], [9], [10],[11],[12].

Tabel 9. Persentase tingkat kesesuaian struktur balok *lintel*

Materi	Butir Soal	Jumlah Tanggapan Responden		Persentase %	
		Sesuai	Tidak Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Tinggi balok <i>lintel</i>	A19	0	20	0	100
Lebar balok <i>lintel</i>	A20	0	20	0	100
Diameter tulangan pokok	A21	4	16	20	80
Jumlah tulangan pokok	A22	4	16	20	80
Ukuran begel	A23	4	16	20	80
Jarak begel	A24	0	20	0	100
Jumlah			10	90	

Sumber : Analisis Penulis, 2021



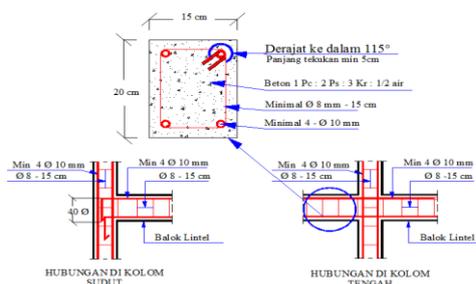
Gambar 18. Balok *lintel* Perumahan P1
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 19. Balok *lintel* Perumahan P2
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 20. Balok *lintel* Perumahan P3
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 21. Hubungan balok *lintel* dengan kolom.

Sumber: Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa

e) Evaluasi kesesuaian struktur *ring* balok Berdasarkan evaluasi kesesuaian terhadap pedoman maka penggunaan *ring* balok dengan dimensi > 20 x 15 cm. Tulangan sengkang dengan diameter 8 mm memiliki

jarak tiap sengkang >15cm dan pada saat pengecoran beton tidak padat. [2], [5], [9], [10],[11],[12].

Tabel 10. Persentase tingkat kesesuaian struktur *ring* balok

Materi	Butir Soal	Jumlah Tanggapan Responden		Persentase %	
		Sesuai	Tidak Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Tinggi <i>ring</i> balok	A25	4	16	20	80
Lebar <i>ring</i> balok	A26	0	20	0	100
Diameter tulangan pokok	A27	20	0	100	0
Jumlah tulangan pokok	A28	20	0	100	0
Ukuran begel	A29	20	0	100	0
Jarak begel	A30	0	20	0	100
Jumlah			53	47	

Sumber : Analisis Penulis, 2021



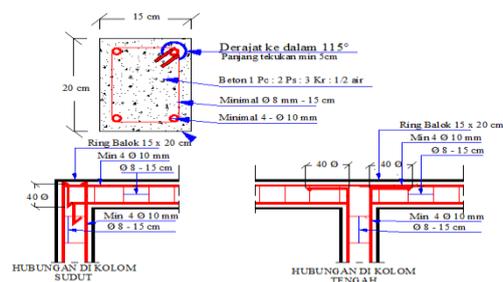
Gambar 22. *Ring* balok Perumahan P1
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 23. *Ring* balok Perumahan P2
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 24. *Ring* balok Perumahan P3
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 25. Hubungan *ring* balok dengan kolom.
Sumber: Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa

f) Evaluasi kesesuaian struktur dinding Berdasarkan evaluasi kesesuaian terhadap pedoman maka penggunaan kolom praktis pada dinding di tiap perumahan tidak memakai angkur ditiap 30 cm, sehingga tidak sesuai dengan pedoman. [2], [5], [9],

[10],[11],[12].

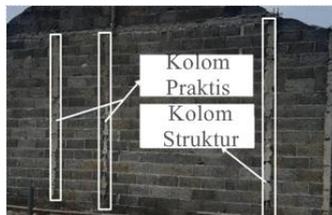
Tabel 11. Persentase tingkat kesesuaian struktur dinding

Materi	Butir Soal	Jumlah Tanggapan Responden		Persentase %	
		Sesuai	Tidak Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Luasan bidang dinding	A31	20	0	100	0

Sumber : Analisis Penulis, 2021



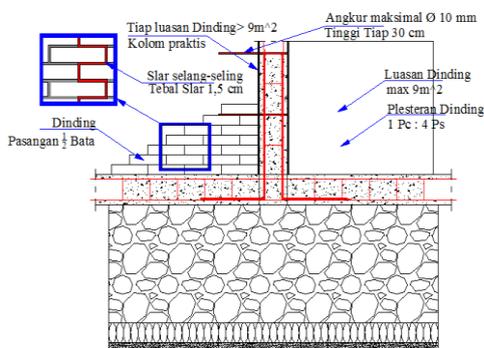
Gambar 26. Dinding Perumahan P1
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 27. Dinding Perumahan P2
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 28. Dinding Perumahan P3
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 29. Detail hubungan kolom dan dinding.

Sumber: Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa

g) Evaluasi kesesuaian angkur Berdasarkan evaluasi kesesuaian terhadap pedoman maka pemakaian angkur tidak sesuai dengan pedoman karena ditiap perumahan tidak memakai angkur. [2], [5], [9], [10],[11],[12].

Tabel 12. Persentase tingkat kesesuaian angkur

Materi	Butir Soal	Jumlah Tanggapan Responden		Persentase %	
		Sesuai	Tidak Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Diameter angkur pondasi	A32	0	20	0	100
Jarak angkur pondasi	A33	0	20	0	100
Diameter angkur dinding	A34	0	20	0	100
Jarak angkur dinding	A35	0	20	0	100
Jumlah				0	100

Sumber : Analisis Penulis, 2021

h) Evaluasi kesesuaian ikatan joint Berdasarkan evaluasi kesesuaian terhadap pedoman maka penggunaan ikatan joint pada tiap perumahan tidak sesuai dengan pedoman. [2], [5], [9], [10],[11],[12]

Tabel 13. Persentase tingkat kesesuaian ikatan joint

Materi	Butir Soal	Jumlah Tanggapan Responden		Persentase %	
		Sesuai	Tidak Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Ikatan joint sepanjang 40D	A36	0	20	0	100

Sumber : Analisis Penulis, 2021

i) Evaluasi kesesuaian struktur gunungan Berdasarkan evaluasi kesesuaian terhadap pedoman maka penggunaan kolom praktis pada gunungan ditiap perumahan tidak dibuat menerus ke pondasi sehingga tidak sesuai dengan pedoman. [2], [5], [9], [10],[11],[12]

Tabel 14. Persentase tingkat kesesuaian struktur gunungan

Materi	Butir Soal	Jumlah Tanggapan Responden		Persentase %	
		Sesuai	Tidak Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Kolom praktis gunungan menerus ke pondasi	A37	2	18	10	90
Angkur gunungan	A38	0	20	0	100
Jumlah				5	95

Sumber : Analisis Penulis, 2021



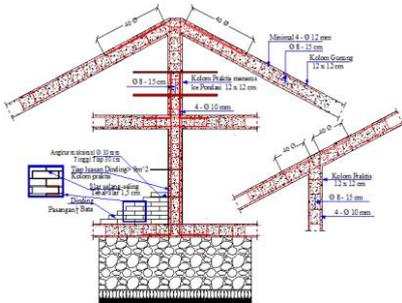
Gambar 30. Kolom praktis pada gunungan Perumahan P2

Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 31. Kolom praktis pada gunung Perumahan P3

Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 32. Detail Gunung.

Sumber: Buku Saku Persyaratan Pokok Rumah Yang Lebih Aman

j) Evaluasi kesesuaian struktur kuda-kuda Berdasarkan evaluasi kesesuaian terhadap pedoman maka penggunaan kuda-kuda sesuai dengan pedoman yaitu memakai bahan baja ringan C100.0,75 dan pada tiap joint kuda-kuda dibuat kait ke balok sebagai pengikat dengan jarak kuda-kuda >120 cm. [2], [5], [9], [10], [13] [14].

Tabel 15. Persentase tingkat kesesuaian struktur kuda-kuda

Materi	Butir Soal	Jumlah Tanggapan Responden		Persentase %	
		Sesuai	Tidak Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Kuda-kuda dibuat kait	A39	20	0	100	0
Bahan kuda-kuda	A40	20	0	100	0
Dimensi C 100.0,75	A41	20	0	100	0
Jarak kuda-kuda	A42	16	4	80	20
Jumlah				95	5

Sumber : Analisis Penulis, 2021

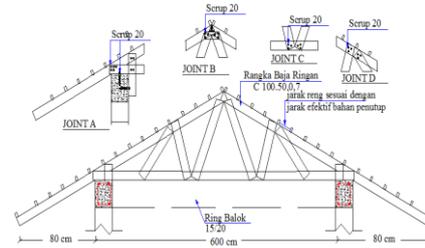


Gambar 33. Kuda-kuda Perumahan P2
Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 34. Kuda-kuda Perumahan P3

Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021



Gambar 35. Detailkuda-kuda baja ringan.

Sumber: Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa

Penelitian yang dilakukan dilapangan mendapatkan tingkat persentase pemahaman sesuai terendah dengan pedoman pada bagian struktur pondasi, *sloof*, balok *lintel*, pemakaian ikatan *joint* dengan angkur dan gunung dengan tingkat persentase kesesuaian terendah terhadap pedoman sebesar <50%.

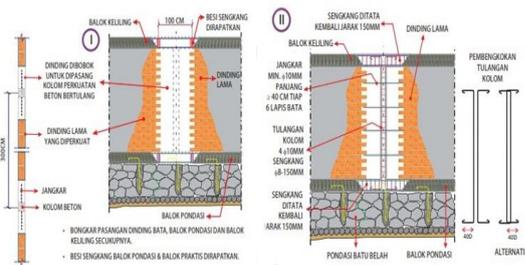
4.4. Pembahasan

Persentase kesesuaian bangunan rumah tinggal dalam kategori tidak sesuai lebih tinggi dengan persentase 67% dari kategori sesuai dengan persentase 33% terbilang sangat banyak pada bagian pondasi (28%), *sloof* (28%), balok *lintel* (17%), pemakaian ikatan *joint* dengan angkur (0%) dan gunung (0%), dikarenakan Wilayah Kota Cilegon tidak memakai pedoman rumah tinggal tahan gempa sebagai acuan pembangunan rumah subsidi, melainkan memakai PERMEN PUPR NOMOR 403/KPTS/M/2002 sebagai pedoman pembangunan teknis rumah subsidi tentang pembangunan teknis rumah sehat menurut penjelasan lampiran Rencana Penerbitan KPR Sejahtera pada PERMEN NOMOR 20/PRT/M/2019.

Solusi perbaikan pada struktural bangunan sebagai berikut :

- 1) penambahan kolom praktis

Penambahan kolom praktis dilakukan apabila balok dan kolom mudah dibobok karena tidak melekat pada kolom. [15]



Gambar 36. Perbaikan dinding dan kolom praktis.

Sumber: Buku Cara Memperbaiki Bangunan Sederhana Yang Rusak Akibat Gempa, 2010

2) Perbaikan kolom dan balok yang rusak. Menambah jumlah tulangan dan sengkang di luar kolom atau balok beton, kemudian ditutup kembali dengan coran beton. [15]

4.2. Kesimpulan Dan Saran

a. Kesimpulan

Dari Penelitian dan analisa yang telah dilakukan penulis dapat memberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Perumahan subsidi di Kota Cilegon belum memenuhi standar kesesuaian struktur dengan pedoman rumah tinggal tahan gempa.
2. Persentase kesesuaian mendapatkan 30% dan tidak sesuai sebesar 70%. berdasarkan kesesuaian struktur rumah tinggal dengan pedoman teknis.
3. Perencana/*stakeholder* tidak memahami aturan teknis rumah tinggal tahan gempa terbukti pada persentase jawaban responden pada angket < 50% dikategori sesuai terhadap pedoman, karena kurangnya pengawasan, pelaksanaan dan sosialisasi dari pihak pemerintah kepada perencana/*stakeholder*.

b. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang didapat dari penelitian, maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. Pembangunan rumah tinggal perlu mendapatkan perhatian khusus terutama penerapan aturan rumah tinggal tahan gempa yang dikhususkan di daerah rawan bencana dengan faktor pelaksanaan, pengawasan dan keselamatan

2. Penelitian ini berdasarkan hasil pengisian kuisioner, wawancara dan observasi langsung ke lapangan mendapatkan hasil kurang maksimal. Sehingga untuk penelitian selanjutnya di ajarkan untuk menambah sampel perumahan dalam tahap pembangunan lebih banyak untuk memberikan informasi lebih akurat.

3. Pemerintah perlu menerapkan sikap disiplin terhadap pengawas dan pengembang terkait penerapan peraturan khususnya peraturan teknis pembangunan rumah tinggal tahan gempa.

Daftar Pustaka

- [1] B. P. Statistik, "Kependudukan Kota Cilegon," 2010. .
- [2] T. Boen, *Manual Perbaikan Bangunan Sederhana Yang Rusak Akibat Gempa Bumi*, Boen, Teddy, 1992. 2005.
- [3] Sunarjo, M. T. Gunawan, and S. Pribadi, *Gempabumi Edisi Populer*. 2012.
- [4] A. Aldo and G. N. I. Pratama, "Evaluasi ketahan gempa rumah sederhana di Kelurahan Rum, Kota Tidore Kepulauan," *Inersia*, vol. 15, no. 2, pp. 1–9, 2019.
- [5] F. S. Yoresta, "Analisis Ketahanan Gempa Rumah Tembokan Beton Bertulang di Perumahan Graha Arradea," *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 24, no. 1, p. 54, 2018, doi: 10.14710/mkts.v24i1.18097.
- [6] F. Mahmudi, "Evaluasi kesesuaian struktur bangunan rumah tinggal dengan pedoman rumah sederhana tahan gempa," 2016.
- [7] S. E. P. Widoyoko, *Teknik Penyusunan Instrument Penelitian*, 1st ed. Yogyakarta: PUSTAKA BELAJAR, 2012.
- [8] Pusat Pengelolaan Dana Pembiayaan Perumahan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, "Daftar Lokasi Perumahan," 2021. <http://www.sikumbang.pdpdpp.id> (accessed May 28, 2021).
- [9] s P. Boen, Teddy; Suprobo, Priyo; Krishna, "Buku Saku Persyaratan Pokok Rumah Yang Lebih Aman

- (JICA).pdf.” .
- [10] R. Faizah, “Persyaratan Bangunan Tahan Gempa REST BLOG,” *Http://Blog.Umy.Ac.Id*, 2016.
- [11] Badan Standarisasi Nasional, “Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung,” 2013.
- [12] Badan Standarisasi Nasional, “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung,” 2012.
- [13] Badan Standarisasi Nasional, “SNI 8399:2017 Profil Rangka Baja Ringan,” p. 26, 2017.
- [14] Badan Standarisasi Nasional, “Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu,” 2013.
- [15] T. Boen, “CARA MEMPERBAIKI BANGUNAN SEDERHANA YANG RUSAK AKIBAT GEMPA BUMI Dicetak oleh: Bekerjasama dengan.”

Analisis Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa Fakultas Teknik Untirta (Studi Kasus Cilegon-Tangerang)

Arief Budiman¹, Rindu Twidi Bethary², Fachriz Ferruzi Hilzams³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman KM.3 Cilegon 42435, Banten

fachrizferruzi17@gmail.com

Diterima redaksi: 25 Maret 2022 | Selesai revisi: 12 April 2022 | Diterbitkan *online*: 30 April 2022

INTISARI

Peningkatan jumlah mahasiswa terutama mahasiswa yang menggunakan kendaraan, baik dengan kendaraan pribadi maupun angkutan umum tampaknya menyumbang kepadatan dan kemacetan lalu lintas. Penyelesaian permasalahan transportasi yang terjadi dapat dilakukan adalah dengan mengetahui karakteristik mahasiswa dalam melakukan pergerakan perjalanan, terutama dalam hal pemilihan moda transportasi yang akan digunakan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik mahasiswa Fakultas Teknik UNTIRTA dalam memilih moda transportasi dengan atribut biaya perjalanan, waktu perjalanan, kenyamanan pelayanan, dan keselamatan keamanan dengan metode *Stated Preference* dan analisa statistik menggunakan SPSS versi 25. Karakteristik responden pada penelitian ini mayoritas adalah laki-laki dan mayoritas responden memiliki SIM dan kelengkapan surat lainnya serta kepemilikan kendaraan 1 sampai 4 unit kendaraan. Pada pengolahan data, peneliti melakukan uji Korelasi, Linearitas, Uji F dan Uji T dan Regresi Logit Multinomial. Pengujian Analisis Regresi Logistik Multinomial berdasarkan atribut responden dan Analisis Regresi Logistik Multinomial berdasarkan atribut moda menghasilkan konstanta tertinggi bernilai 0,185 dimana hal tersebut menyatakan bahwa probabilitas kendaraan pribadi lebih tinggi di dibandingkan kendaraan umum dan menunjukkan keterkaitan antara atribut responden dan atribut moda.

Kata kunci : Pemilihan Moda, Angkutan Umum, Angkutan Pribadi, *Stated Preference*

ABSTRACT

Increasing number of students, especially students who use vehicles, both private and public transport, seems to contribute to traffic congestion and congestion. The solution to transportation problems that occur can be done by knowing the characteristics of students in making travel movements, especially in terms of choosing the mode of transportation to be used. The purpose of this study is to determine the characteristics of students from the Faculty of Engineering UNTIRTA in choosing a mode of transportation with attributes of travel costs, travel time, service convenience, and safety security with the Stated Preference method and statistical analysis using SPSS version 25. The characteristics of the respondents in this study were majority male and the majority of respondents had a driver's license and other documents as well as vehicle ownership of 1 to 4 vehicles. In data processing, the researcher conducted a correlation test, linearity, F test and T test and multinomial logit regression. Testing Multinomial Logistic Regression Analysis based on respondent's attributes and Multinomial Logistics Regression Analysis based on mode attributes resulted in the highest constant of 0.185 where it stated that the probability of private vehicles was higher than public transportation and showed the relationship between respondents' attributes and modal attributes.

Keyword : *Mode Selection, Public Transportation, Private Transport, Stated Preference*

1. Pendahuluan

Perkembangan dan pertumbuhan masyarakat yang pesat dewasa ini telah memberikan dampak yang luar biasa terhadap berbagai aspek kehidupan, mulai dari peningkatan ruang untuk aktivitas masyarakat sampai dengan peningkatan pergerakan masyarakat. Peningkatan jumlah mahasiswa terutama mahasiswa yang menggunakan kendaraan, baik dengan kendaraan pribadi maupun angkutan umum tampaknya menyumbang kepadatan dan kemacetan lalu lintas. Penyelesaian permasalahan transportasi yang terjadi dapat dilakukan adalah dengan mengetahui karakteristik mahasiswa dalam melakukan pergerakan perjalanan, terutama dalam hal pemilihan moda transportasi yang akan digunakan.

Mahasiswa Fakultas Teknik UNTIRTA berasal dari berbagai kota di Indonesia. Mayoritas dari mahasiswa di Fakultas Teknik UNTIRTA berasal dari Banten dan Tangerang merupakan salah satu kota yang banyak terdapat mahasiswa UNTIRTA. Mahasiswa Fakultas teknik yang berdomisili di Kota Tangerang berjumlah 323. Setiap tahunnya UNTIRTA mengalami peningkatan jumlah mahasiswa, dan seiring dengan peningkatan jumlah mahasiswa maka akan mempengaruhi pertumbuhan penggunaan transportasi.

Aspek pemilihan moda transportasi merupakan salah satu hal yang cukup penting dalam mengkontribusi di bidang perencanaan transportasi. Pada perencanaan transportasi, pemilihan moda adalah tahap terpenting. Terdapat dua buah moda yang akan digunakan yaitu moda transportasi umum dan transportasi pribadi. Moda transportasi umum berkontribusi cukup penting dalam berbagai kebijakan transportasi. Pada moda transportasi umum penggunaan ruang jalan yang lebih efisien daripada moda transportasi pribadi. Pemilihan moda dikatakan sulit, karena banyaknya faktor yang sulit dikuantifikasi, misalnya kenyamanan, keamanan, dan ketersediaan mobil.

Dari uraian diatas penulis mencoba menganalisis bagaimana karakteristik

mahasiswa Fakultas Teknik UNTIRTA dalam memilih moda transportasi serta mengetahui faktor yang mendasari mahasiswa Fakultas Teknik UNTIRTA dalam memilih moda transportasi dengan menggunakan metode *Stated Preference*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Faktor Pemilihan Moda

Ilmarianti Ilham dalam penelitiannya pada tahun 2020 tentang “Analisis Faktor-Faktor Pemilihan Moda Transportasi Umum Terhadap oleh Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Halu Oleo” mendapatkan hasil penelitian dengan metode *Proportional Random Sampling* dan analisis data menggunakan *Analytical Hierarchy Process (AHP)* menunjukkan bahwa faktor-faktor yang menjadi prioritas dalam pemilihan moda transportasi yaitu keamanan, waktu, biaya, dan kenyamanan. Secara berurutan faktor paling besar dalam mempengaruhi pemilihan moda transportasi di Jurusan Teknik Sipil Universitas Halu Oleo adalah keamanan (37%), waktu (23%), biaya (21%), dan kenyamanan (18%).[1]

2.2 *Stated Preference*

Salah satu aspek yang dapat ditinjau dalam kebutuhan dan pelayanan transportasi adalah pemilihan moda transportasi.. Rani Bastari Alkam melakukan penelitian Pemilihan Moda Transportasi menuju Kampus Mahasiswa Universitas Muslim Indonesia pada tahun 2018. Data penelitian ini didapatkan melalui teknik *Stated Preference (SP)* dan metode *Cluster Random Sampling*. Data dianalisis dengan melakukan uji statistika deskriptif berdasarkan data hasil survei dengan instrumen kuesioner. [2]

a. Analisis Pemilihan Moda

Pada penelitian Ibnu Fauzi pada tahun 2016 yang berjudul “Analisa Pemilihan Moda Transportasi ke Kampus oleh Mahasiswa Universitas Gadjah Mada” dikatakan bahwa tingginya pergerakan transportasi maka secara tidak langsung telah membawa pola pergerakan seiring dengan bertambahnya mahasiswa Hal ini menuntut peningkatan moda transportasi menuju Kampus Universitas Gadjah Mada. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati perilaku pengguna transportasi serta menganalisis

pemilihan moda yang dipengaruhi perubahan atribut (variabel). Penelitian ini dilakukan dengan data hasil pendekatan observasi, hasil kuesioner, kajian literatur, dan pengolahan data menggunakan program SPSS [3].

3. Metodologi Penelitian

Analisa pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mahasiswa Fakultas Teknik UNTIRTA dalam memilih moda transportasi antara kendaraan umum dan kendaraan pribadi studi kasus kota Cilegon-Tangerang.

Karakteristik responden meliputi jenis kelamin, usia, kepemilikan SIM, kepemilikan kendaraan, dan intensitas pergantian moda.

Pemilihan moda transportasi mahasiswa Fakultas Teknik UNTIRTA studi kasus kota Cilegon-Tangerang menggunakan metode *Stated Preference*. Metode ini digunakan untuk memberikan penawaran berupa atribut kepada responden yang jawabannya berupa rating. Dari analisa jawaban responden tersebut didapatkan probabilitas penggunaan moda transportasi antara kendaraan umum dan kendaraan pribadi. Analisis pada penelitian ini menggunakan program *Statistic Package For Social Science* (SPSS).

3.1 Metode Pengumpulan Data

3.1.1 Data Primer

a. Kuesioner

Pertanyaan pada kuesioner penelitian ini berhubungan dengan mahasiswa sebagai pelaku perjalanan pengguna transportasi umum serta pemilihan moda transportasi yang diinginkan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan perjalanan.

Kuesioner dilakukan secara online menggunakan google form. Dalam kuesioner ini terdapat atribut yang digunakan yaitu atribut biaya perjalanan, waktu perjalanan, kenyamanan pelayanan dan keselamatan keamanan.

Untuk mengetahui apakah kuesioner layak diberikan kepada responden maka dilakukan pengujian sebagai berikut :

1) Uji Validitas

Uji validitas dilakukan untuk mengetahui kebenaran jawaban yang diisi oleh responden. Uji ini dilakukan dengan

membandingkan antara r hitung hasil analisa responden dan r tabel. [4]

2) Uji Reliabilitas

Uji Reliabilitas dilakukan untuk mengetahui apakah data kuesioner ini dapat dipercaya atau dapat diandalkan (*reliable*). Pengujian ini membandingkan antara angka *cronbach alpha* yang dihasilkan dari jawaban reponden dengan ketentuan minimal *cronbach alpha* Eisingerich dan Rubera (2010: 27) yaitu 0,7, jika nilai *cronbach alpha* lebih dari 0,7 maka jawaban responden dapat dikatakan *reliable*. [5]

3.1.2 Data Sekunder

a. Data Jumlah Mahasiswa Fakultas Teknik UNTIRTA Domisili di Kota Tangerang tahun 2021

Jumlah mahasiswa Fakultas Teknik UNTIRTA domisili di Kota Tangerang ditujukan untuk mengetahui jumlah sampel yang akan digunakan pada penelitian ini. Mahasiswa UNTIRTA yang berdomisili di kota Tangerang berjumlah 323 orang. Melalui jumlah penduduk, penulis dapat mengetahui jumlah masyarakat dominan laki – laki atau perempuan untuk mewakili persentase responden pada kuesioner. Mahasiswa UNTIRTA yang berdomisili di kota Tangerang berjumlah 323 orang.

3.1.3 Alat-Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah blanko kuesioner yang digunakan untuk mengetahui karakteristik responden dan pemilihan moda untuk kemudian diolah pada program *Microsoft Excel* dan SPSS.

3.1.4 Variabel Penelitian

a. Karakteristik Pengguna

Karakteristik pengguna pada penelitian ini berfungsi untuk mengetahui karakter responden pengguna yang meliputi data diri responden

b. Atribut Pelayanan Penelitian

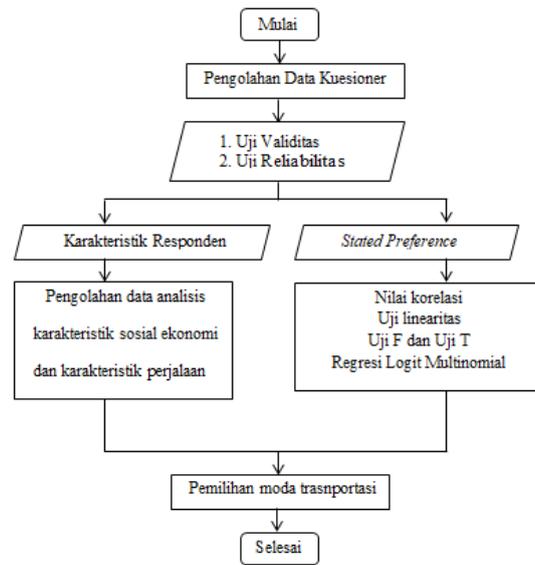
1) Biaya perjalanan (*Cost*)

Biaya perjalanan merupakan biaya yang dikeluarkan pelaku perjalanan untuk menggunakan jasa.[6]

2) Waktu perjalanan (*Time*)

Atribut waktu perjalanan merupakan waktu yang ditempuh oleh pelaku perjalanan dari tempat

- keberangkatan sampai ke tempat tujuan.[7]
- 3) Kenyamanan pelayanan (*Service*)
Atribut kenyamanan pelayanan merupakan fasilitas serta pelayanan yang disediakan oleh pengguna jasa pada pelaku perjalanan.[8]
 - 4) Keselamatan keamanan (*Safety*)
Atribut keselamatan keamanan yang ditawarkan oleh kendaraan umum menjadi pertimbangan bagi pelaku perjalanan. Pengguna kendaraan pribadi maupun kendaraan umum melakukan pertimbangan lebih terhadap point keselamatan dan keamanan karena hal tersebut merupakan point penting dalam menggunakan moda transportasi.[9]



Gambar 2. Flowchart Pengolahan Data

4. Analisis dan Pembahasan

4.1 Karakteristik Objek Penelitian

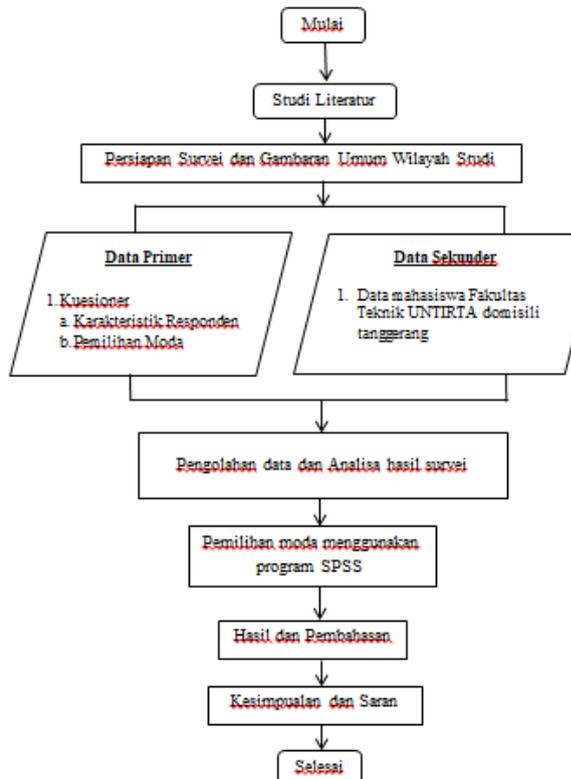
Mahasiswa Fakultas Teknik UNTIRTA berasal dari berbagai kota di Indonesia. Mayoritas dari mahasiswa di Fakultas Teknik UNTIRTA berasal dari Banten dan Tangerang merupakan salah satu kota yang banyak terdapat mahasiswa UNTIRTA. Keberadaan Fakultas Teknik UNTIRTA yang berlokasi di Kota Cilegon menjadikan salah satu faktor pemilihan wilayah studi. Tidak hanya itu, banyaknya mahasiswa yang berasal dari Kota Tangerang ikut menentukan cakupan wilayah studi yang dipilih.

4.2 Penentuan Jumlah Sampel

Penentuan jumlah sampel pada penelitian ini menggunakan Rumus Slovin. Rumus slovin adalah formula untuk menghitung jumlah sampel minimal jika perilaku sebuah populasi belum diketahui secara pasti.[10] Penentuan sampel ditentukan berdasarkan jumlah mahasiswa aktif dari perolehan data Administrasi Kampus Fakultas Teknik Untirta Tahun 2021 yang berjumlah 4274 total keseluruhan mahasiswa, dan 323 jumlah mahasiswa berasal dari Kota Tangerang. Setelah mendapatkan jumlah mahasiswa berdomisili Kota Tangerang, kemudian digunakan tabel taraf kesalahan sebesar 10% dan didapatkan 98 sampel.

4.3 Analisis Pengumpulan Data

Langkah awal penelitian ini adalah penyebaran kuesioner untuk mengetahui



Gambar 1. Flowchart Penelitian

3.1.5 Diagram Alur Penelitian

karakteristik responden dan pemilihan moda, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data yang derima oleh penulis menggunakan program *Statistic Package For Social Science* (SPSS) versi 25. Untuk mengetahui apakah kuesioner yang diisi tepat dan dapat diandalkan maka dilakukan beberapa pengujian yaitu :

a. Uji Validitas

Uji validitas dilakukan untuk mengetahui kebenaran jawaban yang diisi oleh responden. Uji ini dilakukan dengan membandingkan antara r hitung hasil analisa responden dan r tabel. Pada penelitian ini digunakan r product moment dengan taraf kesalahan 10%, dengan jumlah responden sebanyak 116 sampel maka dapat r dihitung dengan persamaan interpolasi dan didapat nilai r sebesar 0,239. Apabila nilai r lebih dari 0,239 maka dinyatakan bahwa kuesioner ini valid.

Tabel 1. Uji Validitas

No.	ATRIBUT	R Hitung	R Tabel 10 %	KETERANGAN
1	TF1	0.634	0.239	VALID
2	TF2	0.756	0.239	VALID
3	TF3	0.516	0.239	VALID
4	TF4	0.182	0.239	VALID
5	TF5	0.050	0.239	VALID
6	WK1	0.729	0.239	VALID
7	WK2	0.845	0.239	VALID
8	WK3	0.688	0.239	VALID
9	WK4	0.520	0.239	VALID
10	WK5	0.312	0.239	VALID
11	WK6	0.309	0.239	VALID
12	KY1	0.806	0.239	VALID
13	KY2	0.807	0.239	VALID
14	KY3	0.662	0.239	VALID
15	KY4	0.514	0.239	VALID
16	KY5	0.659	0.239	VALID
17	KY6	0.595	0.239	VALID
18	KY7	0.476	0.239	VALID
19	KS1	0.896	0.239	VALID
20	KS2	0.736	0.239	VALID
21	KS3	0.750	0.239	VALID

b. Uji reliabilitas

Langkah awal pada uji reliabilitas Uji Reliabilitas dilakukan untuk mengetahui apakah data kuesioner ini dapat dipercaya atau dapat diandalkan (*reliable*). Pengujian ini membandingkan antara angka *cronbach alpha* yang dihasilkan dari jawaban reponden dengan ketentuan minimal *cronbach alpha* Eisingerich dan Rubera (2010: 27) yaitu 0,7, jika nilai *cronbach alpha* lebih dari 0,7 maka jawaban responden dapat dikatakan *reliable*. [5] Langkah awal pada uji reliabilitas adalah dengan mengetahui *cronbach alpha* dari jawaban responden melalui analisis program SPSS.

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
.882	25

Gambar 3. Cronbach Alpha jawaban responden

Tabel 2. Uji Validitas

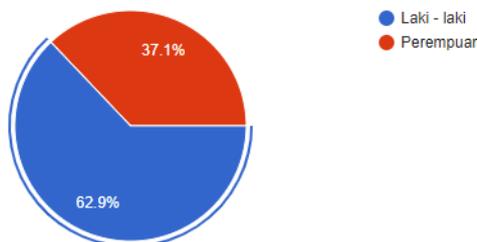
No.	ATRIBUT	Cronbach's Alpha	KETERANGAN
1	TF1	0.882	RELIABLE
2	TF2	0.882	RELIABLE
3	TF3	0.882	RELIABLE
4	TF4	0.882	RELIABLE
5	TF5	0.882	RELIABLE
6	WK1	0.882	RELIABLE
7	WK2	0.882	RELIABLE
8	WK3	0.882	RELIABLE
9	WK4	0.882	RELIABLE
10	WK5	0.882	RELIABLE
11	WK6	0.882	RELIABLE
12	KY1	0.882	RELIABLE
13	KY2	0.882	RELIABLE
14	KY3	0.882	RELIABLE
15	KY4	0.882	RELIABLE
16	KY5	0.882	RELIABLE
17	KY6	0.882	RELIABLE
18	KY7	0.882	RELIABLE
19	KS1	0.882	RELIABLE
20	KS2	0.882	RELIABLE
21	KS3	0.882	RELIABLE

4.4 Analisis Karakteristik Responden

Karakteristik pengguna transportasi umum di Kota Cilegon adalah sebagai berikut:

a. Jenis Kelamin

Mayoritas dari responden pada penelitian ini adalah laki-laki, dengan persentase laki-laki sebesar 62,9% dan perempuan sebesar 37,1%. Berdasarkan hasil penyebaran kuesioner, responden yang berjenis kelamin laki-laki cenderung lebih sering menggunakan kendaraan pribadi, sebaliknya masyarakat yang berjenis kelamin perempuan lebih sering menggunakan kendaraan umum.

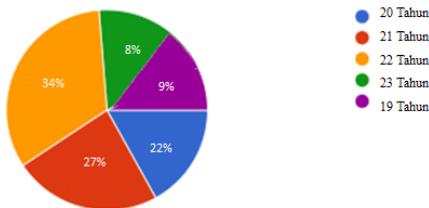


Gambar 4. Grafik distribusi jenis kelamin pengguna moda transportasi

b. Usia

Mayoritas responden dari Mahasiswa/i Fakultas Teknik UNTIRTA berusia 18-23 tahun dengan presentase 2% berusia 18 tahun, 9% berusia 19 tahun, 22% berusia 20 tahun, 27% berusia 21 tahun, 34%

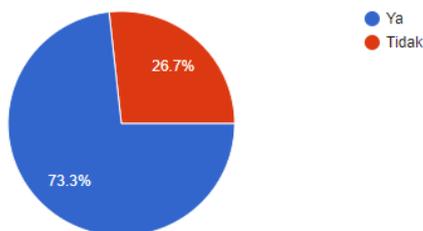
berusia 22 tahun, dan 6% berusia 23 tahun. Dari hasil penelitian ini didapatkan persentase paling tinggi pada responden berusia 22 tahun yaitu sebanyak 34% dan mayoritas memilih kendaraan umum. Hal ini disebabkan karena pemilihan responden dengan ketentuan angkatan 2017-2019, maka dapat dikatakan mahasiswa angkatan 2017 menjadi pengisi responden terbanyak memilih kendaraan umum.



Gambar 5. Grafik distribusi usia pengguna moda transportasi

c. Kepemilikan SIM (Surat Izin Mengemudi)

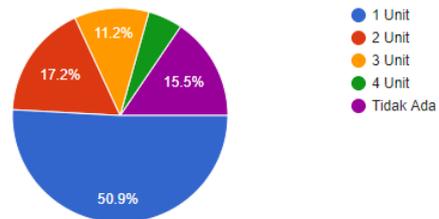
Kepemilikan SIM (Surat Izin Mengemudi) diperkirakan dapat mempengaruhi mahasiswa dalam pemilihan moda transportasi. Mahasiswa yang belum memiliki SIM dan kelengkapan surat lainnya, pada umumnya lebih memilih untuk menggunakan kendaraan umum daripada kendaraan pribadi. Berdasar hasil survey dapat diketahui bahwa responden yang memiliki SIM dan kelengkapan surat lainnya berjumlah 85 orang, sementara responden yang tidak/belum memiliki SIM sebesar 31 orang. Berdasar hasil survey diketahui persentase terbesar 73,3% mahasiswa yang memiliki SIM (Surat Izin Mengemudi) lebih cenderung memilih kendaraan pribadi.



Gambar 6. Grafik distribusi kepemilikan SIM pengguna moda transportasi

d. Kepemilikan Kendaraan

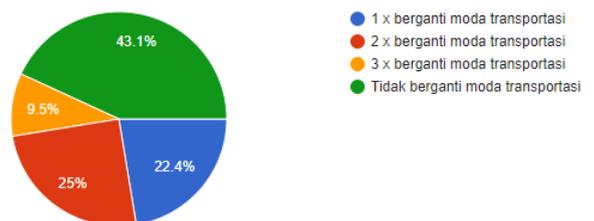
Mayoritas dari responden yang memiliki kendaraan sebesar 84,5 % dengan jumlah kepemilikan unit kendaraan yang beragam yaitu 50,9% pemilik kendaraan 1 unit, 17,2% pemilik kendaraan 2 unit, 11,2% pemilik kendaraan 3 unit, dan 5,2% pemilik kendaraan 4 unit. Sedangkan yang tidak memiliki kendaraan sebanyak 15,5% atau berjumlah 18 orang. Dengan mayoritas pelaku perjalanan yang memiliki kendaraan, bukan berarti responden melakukan perjalanan dengan menggunakan kendaraan pribadi melainkan lebih memilih menggunakan kendaraan umum dengan pertimbangan waktu, biaya, kenyamanan pelayanan, dan keselamatan keamanan yang didapat oleh responden saat menggunakan kendaraan umum.



Gambar 7. Grafik distribusi kepemilikan kendaraan pengguna moda transportasi

e. Intensitas Pergantian Moda

Berdasarkan hasil survei didapatkan bahwa seluruh responden yang menggunakan kendaraan pribadi tidak melakukan pergantian moda dan yang untuk pelaku perjalanan yang memakai kendaraan umum di dapatkan melakukan pergantian moda transportasi. Mahasiswa pada umumnya melakukan pergantian moda sebanyak 66 responden atau 56,9%, sedangkan jumlah responden yang tidak melakukan pergantian moda hanya sebanyak 50 responden atau 43,1% dari jumlah responden.



Gambar 8. Grafik distribusi intensitas pergantian moda pengguna moda transportasi

f. Alasan Pemilihan Moda

- 1) Biaya Perjalanan (*cost*) : 36 Responden = 31%

Alasan responden yang memiliki kendaraan pribadi namun menggunakan kendaraan umum adalah semakin jauh tujuan perjalanan responden dengan menggunakan kendaraan pribadi maka semakin besar biaya yang dikeluarkan, salah satunya adalah biaya bahan bakar. Dengan menggunakan kendaraan umum maka responden dapat menghemat biaya perjalanan yang dikeluarkan apabila menggunakan kendaraan pribadi..

- 2) Waktu Perjalanan (*Time*) : 33 Responden = 28,4%

Waktu perjalanan yang diinginkan oleh responden adalah harus sesuai dengan jarak yang akan di tempuh untuk mencapai tempat tujuan.

- 3) Kenyamanan Pelayanan (*Service*) : 27 Responden = 23,3%

Kenyamanan yang diinginkan oleh pelaku perjalanan meliputi pelayanan yang baik seperti menjamin penerapan jaga jarak fisik (*physical distancing*), menyiapkan *hand sanitizer*, Larangan merokok di dalam kendaraan, melakukan sterilisasi moda transportasi melalui penyemprotan disinfektan dan mengenakan alat kesehatan pribadi (seperti masker ataupun sarung tangan).[11]

- 4) Keselamatan Keamanan (*Safety*) : 20 Responden = 17,2%

Kelamatan keamanan yang diinginkan pelaku perjalanan adalah terhindar dari kecelakaan dan bebas dari kejahatan.[12]

4.5 Analisis Metode *Stated Preference*

Metode ini dilakukan dengan menawarkan atribut biaya perjalanan, waktu perjalanan, kenyamanan pelayanan dan keselamatan keamanan kepada responden. Jawaban responden dalam metode ini berupa rating terhadap penggunaan moda transportasi mahasiswa Fakultas Teknik UNTIRTA studi kasus kota Cilegon-Tangerang. Selanjutnya analisis dilakukan untuk mengetahui

probabilitas atau kemungkinan terhadap penggunaan moda transportasi mahasiswa Fakultas Teknik UNTIRTA yang dilakukan sebagai berikut :

a. Nilai Korelasi

Berdasar hasil SPSS, *Pearson Correlation* variabel bebas biaya perjalanan (X1) dan variabel bebas waktu perjalanan (X2) dikategorikan kedalam korelasi lemah dengan derajat hubung yang bernilai 0,313 dan 0,279. Sedangkan *Pearson Correlation* variabel bebas kenyamanan pelayanan (X3) dan variabel bebas keselamatan keamanan (X4) tidak ada korelasi, karena derajat hubung yang bernilai 0,078 dan 0,053. Selain dilihat dari pedoman derajat hubung, korelasi dapat ditentukan dari nilai signifikansi, dengan ketentuan nilai signifikansi variabel < 0,05 artinya terdapat hubungan secara signifikan antara kedua variabel. Apabila > 0,05 artinya tidak terdapat hubungan secara signifikan antara kedua variabel.[13]

		USER RESPON	BIAYA	WAKTU	KENYAMANAN PELAYANAN	KESELAMATAN KEAMANAN
USER RESPON	Pearson Correlation	1	.313 ^{**}	.279 ^{**}	.078	.053
	Sig. (2-tailed)		.001	.002	.405	.575
	N	116	116	116	116	116
BIAYA	Pearson Correlation	.313 ^{**}	1	.085	.211 [*]	.137
	Sig. (2-tailed)	.001		.362	.023	.141
	N	116	116	116	116	116
WAKTU	Pearson Correlation	.279 ^{**}	.085	1	.297 ^{**}	.180
	Sig. (2-tailed)	.002	.362		.001	.053
	N	116	116	116	116	116
KENYAMANAN PELAYANAN	Pearson Correlation	.078	.211 [*]	.297 ^{**}	1	.682 ^{**}
	Sig. (2-tailed)	.405	.023	.001		.000
	N	116	116	116	116	116
KESELAMATAN KEAMANAN	Pearson Correlation	.053	.137	.180	.682 ^{**}	1
	Sig. (2-tailed)	.575	.141	.053	.000	
	N	116	116	116	116	116

Gambar 9. Correlations

b. Uji Linearitas

Uji linearitas dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan secara linear antara variabel dependen terhadap setiap variabel independen yang hendak diuji. [14] Hasil uji linearitas :

- 1) Nilai *Deviation from Linearity Sig* Biaya (X1) > 0,05, maka ada hubungan yang linear secara signifikan antara variabel independent dengan variabel dependent.
- 2) Nilai *Deviation from Linearity Sig* Waktu (X2) > 0,05, maka ada hubungan yang linear secara signifikan antara variabel independent dengan variabel dependent.
- 3) Nilai *Deviation from Linearity Sig* Kenyamanan Pelayanan (X3) > 0,05, maka ada hubungan yang linear

secara signifikan antara variabel independent dengan variabel dependent.

- 4) Nilai *Deviation from Linearity Sig* Keselamatan Keamanan (X4) > 0,05, maka ada hubungan yang linear secara signifikan antara variabel independent dengan variabel dependent.

c. Uji F dan Uji T

Dari tabel F diketahui bahwa nilai untuk pengaruh biaya perjalanan (X1) dan waktu perjalanan (X2) Kenyamanan Pelayanan (X3) Keselamatan Keamanan (X4) terhadap nilai Y adalah sebesar $0 < 0,05$ dan F Hitung $8,083 > 2,45$ Hal tersebut membuktikan bahwa H_0 1 ditolak dan H_a 1 diterima[14]. Artinya terdapat pengaruh biaya perjalanan (X1) waktu perjalanan (X2) Kenyamanan pelayanan (X3) dan Keselamatan Keamanan (X4). Hasil uji T secara (parsial) menunjukkan bahwa nilai signifikansi :

- 1) biaya perjalanan (X1) terhadap user respon (Y) adalah $0 < 0,05$ dan nilai T hitung $3,025 > \text{nilai T tabel } 1,659$ maka H_0 1 ditolak dan H_a 1 diterima, maka hipotesis diterima.
- 2) waktu perjalanan (X2) terhadap user respon (Y) adalah $0,001 < 0,05$ dan nilai T hitung $2,315 > \text{nilai T tabel } 1,659$ maka H_0 2 ditolak dan H_a 2 diterima, maka hipotesis diterima.
- 3) kenyamanan pelayanan (X3) terhadap user respon (Y) adalah $0,311 > 0,05$ dan nilai T hitung $5,224 > \text{nilai T tabel } 1,659$ maka H_0 3 diterima dan H_a 3 diterima, maka hipotesis ditolak.
- 4) keselamatan keamanan (X4) terhadap user respon (Y) adalah $0,911 > 0,05$ dan nilai T hitung $6,297 > \text{nilai T tabel } 1,659$ maka H_0 4 diterima dan H_a 4 diterima, maka hipotesis ditolak.

d. Regresi Logistik Multinomial

- 1) Analisis Regresi Logistik Multinomial Berdasarkan Atribut Responden

Kereta Api	Intercept	-588	587	370	1	543			
	[JENIS KELAMIN=1]	897	940	011	1	918	1.102	175	6.959
	[JENIS KELAMIN=2]	0 ^a			0				
	[USIA=1]	-2.038	879	5.376	1	820	130	823	730
	[USIA=2]	0 ^a			0				
	[PEPEMILIKAN SIM=1]	-0.897	1.239	2.247	1	134	156	814	1.770
	[PEPEMILIKAN SIM=2]	0 ^a			0				
	[PEPEMILIKAN KENDARAAN=1]	1.321	944	1.959	1	162	3.746	589	23.807
	[PEPEMILIKAN KENDARAAN=2]	0 ^a			0				

Gambar 10. Analisis Regresi Logistik Multinomial Responden Kereta Api

Motor Pribadi	Intercept	-160	662	058	1	809			
	[JENIS KELAMIN=1]	1.054	560	3.541	1	860	2.870	957	8.603
	[JENIS KELAMIN=2]	0 ^a			0				
	[USIA=1]	-416	536	802	1	436	659	230	1.887
	[USIA=2]	0 ^a			0				
	[PEPEMILIKAN SIM=1]	-1.495	658	5.164	1	023	224	062	814
	[PEPEMILIKAN SIM=2]	0 ^a			0				
	[PEPEMILIKAN KENDARAAN=1]	-1.200	860	1.947	1	163	301	056	1.625
	[PEPEMILIKAN KENDARAAN=2]	0 ^a			0				

Gambar 11. Analisis Regresi Logistik Multinomial Responden Motor Pribadi

Mobil Pribadi	Intercept	177	746	057	1	812			
	[JENIS KELAMIN=1]	304	693	192	1	661	1.955	349	5.265
	[JENIS KELAMIN=2]	0 ^a			0				
	[USIA=1]	-1.387	634	4.789	1	023	250	072	865
	[USIA=2]	0 ^a			0				
	[PEPEMILIKAN SIM=1]	-1.824	905	4.059	1	044	161	027	952
	[PEPEMILIKAN SIM=2]	0 ^a			0				
	[PEPEMILIKAN KENDARAAN=1]	-1.025	1.142	806	1	369	359	038	3.363
	[PEPEMILIKAN KENDARAAN=2]	0 ^a			0				

Gambar 12. Analisis Regresi Logistik Multinomial Responden Mobil Pribadi

Berdasarkan hasil ketiga persamaan regresi nilai konstanta yang terbentuk bernilai lebih besar adalah nilai konstanta dari persamaan regresi mobil, yaitu sebesar 0,177, dimana nilai tersebut positif. Artinya adanya karakteristik jenis kelamin, usia, kepemilikan sim dan kepemilikan kendaraan, maka probabilitas keputusan untuk memilih mobil pribadi sangat tinggi. Hal ini menunjukkan berdasarkan banyaknya variasi moda dipilih moda kendaraan pribadi yaitu motor dan mobil.

- 2) Analisis Regresi Logistik Multinomial Berdasarkan Atribut Moda

Bus	Intercept	-1.185	1.019	1.320	1	249			
	[BIAYA=1]	3.424	1.319	4.738	1	009	30.706	2.313	407.540
	[BIAYA=2]	1.193	1.231	802	1	371	0.012	270	33.657
	[BIAYA=3]	1.237	1.666	551	1	458	3.444	132	90.127
	[BIAYA=4]	-483	1.256	148	1	701	617	853	7.230
	[BIAYA=5]	0 ^a			0				
	[WAKTU=1]	2.437	1.490	2.675	1	102	11.437	617	212.121
	[WAKTU=2]	-22.282	362	537.176	1	000	477888944	72535480.4	3.147.110
	[WAKTU=3]	2.229	1.325	2.832	1	092	9.293	693	124.632
	[WAKTU=4]	-401	977	169	1	681	870	099	4.541
	[WAKTU=5]	0 ^a			0				
	[KENYAMANAN PELAYANAN=1]	-281	1.624	030	1	863	755	031	18.208
	[KENYAMANAN PELAYANAN=2]	2.234	1.729	1.670	1	196	9.342	315	276.732
	[KENYAMANAN PELAYANAN=3]	-840	1.621	269	1	604	432	818	10.351
	[KENYAMANAN PELAYANAN=4]	2.690	1.735	2.405	1	121	14.730	492	441.265
	[KENYAMANAN PELAYANAN=5]	0 ^a			0				
	[KESELAMATAN KEAMANAN=1]	18.870	1.073	309.223	1	000	1567084247	19128550.56	1283815535
	[KESELAMATAN KEAMANAN=2]	-3.355	1.537	4.763	1	009	035	002	710
	[KESELAMATAN KEAMANAN=3]	-208	1.564	018	1	894	812	038	17.420
	[KESELAMATAN KEAMANAN=4]	877	1.181	551	1	458	2.404	237	24.343
	[KESELAMATAN KEAMANAN=5]	0 ^a			0				

Gambar 13. Analisis Regresi Logistik Multinomial Atribut Bus

Intercept	-2,541	1,627	2,453	1	117			
BIAYA-1	2,781	1,744	2,542	1	111	16,136	528	492,821
BIAYA-2	539	1,935	0,719	1	780	1,715	0,91	76,070
BIAYA-3	965	2,267	1,91	1	670	2,625	0,91	223,439
BIAYA-4	-202	1,971	0,12	1	914	817	0,21	31,984
BIAYA-5	0 ^a							
KEAMANAN-1	1,600	1,789	800	1	371	4,954	149	165,170
KEAMANAN-2	20,958	1,651	161,129	1	0,000	126,478,290	497,303,800	3,217E+10
KEAMANAN-3	886	1,800	2,31	1	631	2,376	0,70	80,973
KEAMANAN-4	-19,328	0,000		1	1	4,066E-9	4,066E-9	4,066E-9
KEAMANAN-5	0 ^a							
KENYAMANAN-1	234	2,090	0,13	1	911	1,264	0,21	75,955
KENYAMANAN-2	3,327	2,568	1,679	1	1,95	27,864	1,62	427,642
KENYAMANAN-3	429	2,544	0,28	1	866	1,536	0,10	224,956
KENYAMANAN-4	2,718	2,296	1,401	1	237	15,147	1,68	1364,191
KENYAMANAN-5	0 ^a							
KESELAMATAN-1	19,962	1,666	143,490	1	0,000	467188191,1	17823287,09	1,220E+10
KESELAMATAN-2	-3,552	2,472	2,065	1	151	0,29	0,00	3,641
KESELAMATAN-3	-19,226	0,000		1		4,468E-9	4,468E-9	4,468E-9
KESELAMATAN-4	1,002	1,937	267	1	605	2,723	0,61	121,342
KESELAMATAN-5	0 ^a							

Gambar 14. Analisis Regresi Logistik Multinomial Atribut Kereta Api

Intercept	1,155	854	0,47	1	828			
BIAYA-1	1,268	1,240	1,046	1	307	3,555	313	40,412
BIAYA-2	487	1,098	1,91	1	671	1,995	1,65	13,729
BIAYA-3	1,042	1,495	4,96	1	485	2,938	1,51	53,164
BIAYA-4	-208	1,077	0,37	1	847	812	0,98	6,705
BIAYA-5	0 ^a							
KEAMANAN-1	0,79	1,448	0,03	1	957	1,982	0,63	18,472
KEAMANAN-2	19,998	0,000		1	0,000	484748881,6	484748881,6	484748881,6
KEAMANAN-3	813	1,284	420	1	517	2,235	1,93	26,357
KEAMANAN-4	0,02	859	0,00	1	998	1,002	1,66	5,397
KEAMANAN-5	0 ^a							
KENYAMANAN-1	1,270	1,621	0,14	1	433	3,561	1,49	65,370
KENYAMANAN-2	3,134	1,710	3,361	1	0,67	22,968	805	655,031
KENYAMANAN-3	1,787	1,555	1,322	1	250	5,974	2,84	125,782
KENYAMANAN-4	3,004	1,753	2,937	1	0,87	20,174	650	626,469
KENYAMANAN-5	0 ^a							
KESELAMATAN-1	18,154	0,000		1		76558593,14	76558593,14	76558593,14
KESELAMATAN-2	-3,471	1,527	5,163	1	0,23	0,01	0,02	6,21
KESELAMATAN-3	-1,498	1,584	8,95	1	344	2,24	0,10	4,982
KESELAMATAN-4	-1,165	1,206	9,33	1	334	3,12	0,29	3,318
KESELAMATAN-5	0 ^a							

Gambar 15. Analisis Regresi Logistik Multinomial Atribut Motor Pribadi

Berdasarkan hasil ketiga persamaan regresi nilai konstanta yang terbentuk bernilai lebih besar adalah nilai konstanta dari persamaan regresi motor, yaitu sebesar 0,185, dimana nilai tersebut positif. Artinya adanya atribut biaya perjalanan, waktu perjalanan, kenyamanan pelayanan dan keselamatan keamanan, maka probabilitas keputusan untuk memilih motor pribadi sangat tinggi. Hal ini menunjukkan berdasarkan banyaknya variasi moda dipilih moda kendaraan pribadi yaitu motor dan mobil.[15]

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang sesuai dengan tujuan penelitian, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a. Karakteristik responden pada penelitian ini mayoritas adalah laki-laki, dengan persentase laki-laki sebesar 62,9% dengan variasi usia responden 18-23 tahun. Mayoritas responden memiliki

SIM dan kelengkapan surat lainnya serta kepemilikan kendaraan 1 sampai 4 unit kendaraan dengan intensitas pergantian moda pada responden sebesar 56,9%. Berdasarkan hasil analisa pemilihan moda responden pada survei ini mayoritas pengguna jasa memilih menggunakan moda kendaraan umum dengan presentase bus sebanyak 44,8% dan kereta api sebanyak 6,9%, sedangkan kendaraan pribadi dengan presentase motor sebanyak 33,6% dan mobil sebanyak 14,7%. Hasil analisis regresi logit multinomial menghasilkan nilai konstanta kendaraan pribadi lebih tinggi dibandingkan kendaraan umum hal tersebut terlihat pada perhitungan regresi logistik multinomial responden mobil pribadi dengan nilai konstanta sebesar 0,177 dibandingkan hasil regresi logistik multinomial responden kereta api dan motor pribadi. Koefisien regresi logit multinomial menghasilkan nilai pada koefisien usia dan kepemilikan SIM, hal tersebut menunjukkan bahwa nilai sig pada kedua atribut responden < 0,05.

- b. Analisis pemilihan moda yang dilakukan menggunakan Uji Korelasi, Linearitas, Uji F, Uji T, dan analisis regresi logistik multinomial. Hasil analisis regresi logit multinomial menghasilkan nilai konstanta kendaraan pribadi lebih tinggi dibandingkan kendaraan umum hal tersebut terlihat pada perhitungan regresi logistik multinomial responden motor pribadi dengan nilai konstanta sebesar 0,177 dibandingkan hasil regresi logistik multinomial responden kereta api dan bus. Koefisien regresi logit multinomial menghasilkan nilai pada koefisien biaya, waktu, dan keselamatan keamanan, hal tersebut menunjukkan bahwa nilai sig pada ketiga atribut moda < 0,05.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

- a. Penawaran atribut pada kuisisioner diperbanyak agar mengetahui alasan pemilihan moda responden secara lebih rinci.
- b. Melakukan pembaruan terhadap moda

- transportasi dan fasilitas penunjang yang melakukan perjalanan Cilegon - Tangerang, dalam hal ini peremajaan kendaraan umum dan perawatan serta peningkatan fasilitas pendukung. Hal ini dilakukan agar masyarakat tetap merasakan kenyamanan saat melakukan perjalanan dengan kendaraan umum.
- c. Peningkatan waktu tempuh yang lebih lama dengan menggunakan angkutan umum akan semakin meningkatkan pemilihan moda dengan kendaraan pribadi hal ini menunjukkan bahwa moda tersebut dianggap kurang baik dari segi waktu sehingga kebijakan yang dapat diambil untuk mengantisipasi adalah disiplin terhadap waktu keberangkatan, adanya rute perjalanan yang jelas dan teratur untuk angkutan umum.
- d. Untuk peneliti selanjutnya bisa melakukan studi terkait pemilihan moda yang lebih luas lagi seperti tingkat universitas.
- DAFTAR PUSTAKA**
- [1] Ilham, Ilmarianti. (2020). *Analisis Faktor-Faktor Pemilihan Moda Transportasi Umum Terhadap oleh Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Halu Oleo*. Jurnal Ilmiah. Vol 8, No.2
- [2] Alkam, Rani Bastari., dan Said, Lambang Basri. (2018). *Pemilihan Moda Transportasi menuju Kampus Mahasiswa Universitas Muslim Indonesia*. Makassar: Universitas Muslim. Jurnal Transportasi. Vol 18 No.3
- [3] Fauzi, Ibnu., dan Basuki, Imam. (2016). *Pemilihan Moda Transportasi ke Kampus oleh Mahasiswa Universitas Gadjah Mada*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada. Konferensi Nasional Teknik Sipil 10 (KoNTekS10)
- [4] Binus QMC, “Uji Validitas dan Reabilitas”<https://qmc.binus.ac.id/2014/11/01/u-j-i-v-a-l-i-d-i-t-a-s-d-a-n-u-j-i-r-e-l-i-a-b-i-l-i-t-a-s/> (accessed July.17, 2021)
- [5] Eisingerich dan Rubera *Cronbach Alpha*. 2010
- [6] Indriany, Sylvia., Widyanoro, Alvin., dan Wangsa, Indra W. (2018). *Analisis Pemilihan Moda dengan Model Multinomial Logit untuk Perjalanan Kerja dari Kota Tangerang Selatan - Dki Jakarta*. Jakarta: Universitas Mercu Buana. Portal Jurnal Teknik Sipil Vol. 10, No. 1
- [7] Ekamarta, Rimamunanda. (2018). *Analisis Faktor- Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Moda Transportasi Pada Mahasiswa Universitas Lampung*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- [8] Furjatullah, S. A. (2019). *Analisis Pemilihan Moda Transportasi Perkotaan Jenis Bus Rapid Transit (BRT) Di Kota Cilegon*. Cilegon: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- [9] Haradongan, F. (2014). *Analisis Tingkat Kepentingan Pemilihan Moda Transportasi Dengan Metode AHP (studi kasus: rute jakarta-yogyakarta)*
- [10] Nalendra, Aloysius Rangga Aditya., dkk. (2021). *Statistika Seri Dasar dengan SPSS*. Bandung:CV Media Sains Indonesia.
- [11] Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2020). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 18 Tahun 2020 tentang Pengendalian Transportasi dalam Rangka Pencegahan Penyebaran Corona Virus Disease 2019 (Covid-19)*.
- [12] Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 44 Tahun 2019 tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 46 Tahun 2014 tentang Standar Pelayanan Minimal Angkutan Orang Dengan Kendaraan Bermotor Umum Tidak Dalam Trayek*.
- [13] Nazaruddin, Yul Yunazwin. (2014). *Modul Pembelajaran SPSS*. Jakarta: Pusat Data dan Statistik Pendidikan dan Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- [14] Sugiyono dan Susanto. *Uji Linearitas*. 2015 hal 323.

- [15] Toar, Jurike Ireynne Toar., James A. Timboeleng., Theo K. Sendow. (2015). *Analisa Pemilihan Moda Angkutan Kota Manado – Kota Gorontalo Menggunakan Model Binomial-Logit-Selisih*. Manado: Universitas Sam Ratulangi Manado. Jurnal Sipil Statistika Vol. 3 No.1.

Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Pasir Pantai Terhadap Nilai CBR *Unsoaked*

Rama Indera Kusuma¹, Enden Mina², Woelandari Fathonah³, Rizqi Cahyo Nugroho⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman Km.3 Cilegon 42435, Banten

Email: rama@untirta.ac.id

Diterima redaksi: 25 Maret 2022 | Selesai revisi: 13 April 2022 | Diterbitkan *online*: 30 April 2022

ABSTRAK

Permasalahan akan kekuatan dan ketahanan tanah merupakan salah satu hal yang sangat perlu diperhatikan dalam suatu perencanaan dan pekerjaan suatu konstruksi bangunan sipil. Hal ini dikarenakan tanah yang dimaksud berfungsi sebagai media yang menahan beban atau aksi dari konstruksi yang dibangun di atasnya. Konstruksi tanah di Jalan Kampung Juhut Kec. Karang Tanjung Kabupaten Pandeglang mempunyai daya dukung yang rendah dengan memiliki nilai *California Bearing Ratio* sebesar 3,1% dengan pengujian *Dynamic Cone Penetration*, sehingga nilai *California Bearing Ratio* di jalan tersebut dibawah standar yaitu sebesar 5%, maka tanah tersebut perlu dilakukan stabilisasi. Stabilisasi menggunakan bahan pasir pantai merupakan salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan kekuatan yang diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis dan klasifikasi tanah di Jalan Kampung Juhut, Kecamatan Karang Tanjung, Kab. Pandeglang dengan metode *Unified Soil Classification System* (USCS). Serta mengetahui nilai CBR tidak terendam dengan penambahan pasir pantai persentase 0%, 12%, 24%, dan 36% dengan pemeraman selama 0, 7, 14 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan sistem klasifikasi USCS jenis tanah di daerah tersebut termasuk dalam klasifikasi OH, yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas sedang hingga tinggi. Berdasarkan hasil penambahan pasir pantai sebesar 36% dan pemeraman selama 14 hari nilai CBR paling tinggi yaitu 28% dan masuk dalam kategori *good* untuk *base* atau *subbase*.

Kata kunci : CBR, stabilisasi, Pasir Pantai, USCS.

ABSTRACT

The problem of strength and resilience of soil is one of things that really need to considered in the planning and construction work of a civilian building . This is because the land in question serves as a medium that holds the load or the action of a construction that is built on it. The construction of soil on Kp. Juhut Street – Karang Tanjung Pandeglang Regency has a low carrying capacity by having a California Bearing Ratio of 3,1% by testing the Dynamic Cone Penetration, so that the value of California Bearing Ratio on the road is below the standard of 5%, then the land stabilization needs to be done. Stabilization using beach sand material is one way to meet the needs of the required strength. This study attempts to knowledge of and classification of land in the Kampung Juhut, Kecamatan Karang Tanjung, Kabupaten .Pandeglang with the Unified Soil Classification System (USCS). And to knows the CBR unsoaked by the addition of beach sand of the percentage 0%, 12%, 24%, and 36% for ripening with 0, 7, 14 days . The results of studies show that based on some classification systems USCS, the soil types including in the classification OH, that is clay with organic plasticity. Results Based on the addition of beach sand by 36% and curing for 14 days, the highest CBR value was 28% and was included in the good category for base or subbase.

Keywords : CBR, stabilization, beach sand,USCS.

1. Pendahuluan

Tanah didefinisikan sebagai suatu benda alami heterogen yang terdiri atas komponen-komponen padat, cair, gas, dan mempunyai sifat serta perilaku yang dinamis [1]. Dari berbagai jenis tanah yang terdapat di Indonesia, tanah lempung cukup banyak dijumpai. Lempung (clay) adalah bagian dari tanah yang sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (clay minerals), dan mineral-mineral yang sangat halus [2]. Sifat-sifat tanah lempung pada umumnya ukuran butir halus (kurang dari 0,002 mm), permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi, dan proses konsolidasi lambat [3].

Dalam pelaksanaan pembangunan, ada kalanya kondisi tanahnya secara struktur tidak mampu mendukung beban-beban yang bekerja di atasnya dengan baik. Salah satunya berada di lokasi Jalan Kampung Juhut, Kecamatan Karang Tanjung, Kab. Pandeglang yang mengalami kerusakan jalan. Hal ini memberikan gagasan bagi penulis untuk melakukan investigasi daya dukung pada tanah di lokasi tersebut.



Gambar 1. Kondisi Lokasi Penelitian

Hasil survei lapangan dengan pengujian CBR lapangan menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) di Jalan Kampung Juhut, Kecamatan Karang Tanjung, Kab. Pandeglang didapatkan nilai CBR sebesar 3,1% dimana seharusnya seperti yang disebutkan oleh, bahwa nilai CBR untuk tanah dasar adalah lebih dari 5%, jika kurang maka tanah perlu untuk distabilisasi [4]. Stabilisasi tanah adalah pencampuran tanah dengan bahan tertentu guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah atau salah satu usaha untuk memperbaiki sifat-sifat teknis tanah agar memenuhi syarat teknis tertentu [5].

Stabilisasi tanah pada prinsipnya adalah untuk perbaikan mutu tanah yang kurang baik. Bowles (1986) menyatakan cara untuk melakukan stabilisasi dapat terdiri dari salah satu tindakan sebagai berikut [6] :

- Menambah kerapatan tanah
- Menambah material yang tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi atau tahanan geser
- Menambah material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisik dari material tanah
- Menurunkan muka air tanah
- Mengganti tanah-tanah yang buruk

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis dan klasifikasi tanah di Jalan Kampung Juhut, Kecamatan Karang Tanjung, Kab. Pandeglang dengan metode *Unified Soil Classification System* (USCS). Serta mengetahui nilai CBR tidak terendam dengan penambahan pasir pantai persentase 0%, 12%, 24%, dan 36% dengan pemeraman selama 0, 7, 14 hari.

2. Tinjauan pustaka

Ketersediaan pasir pantai jumlahnya sangat melimpah di Indonesia namun pemanfaatannya masih sangat terbatas, sehingga penulis memanfaatkan pasir pantai untuk stabilisasi tanah pada penelitian ini. Penggunaan pasir laut diatur di dalam peraturan yaitu Penambangan pasir laut diatur Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2002 BAB III Zonasi dan Volume Pengusahaan Pasir Laut pasal 7 (2). Volume pasir laut yang dapat diekspor

ditetapkan secara nasional oleh instansi yang bertanggung jawab di bidang perindustrian dan perdagangan serta Pemerintah Daerah Provinsi dan Kabupaten/Kota yang wilayahnya penghasil pasir laut sesuai dengan kewenangan masing-masing berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan [7]. Pasir pantai memiliki kandungan silika dioksida 72-84% [8]. Perbandingan antara pasir pantai dengan jenis pasir lainnya seperti pasir gunung, sungai, dan tambang berdasarkan gradasi butiran dan unsur didalamnya yaitu pasir pantai ialah pasir yang diambil dari pantai, butirannya halus dan bulat karena gesekan [9].

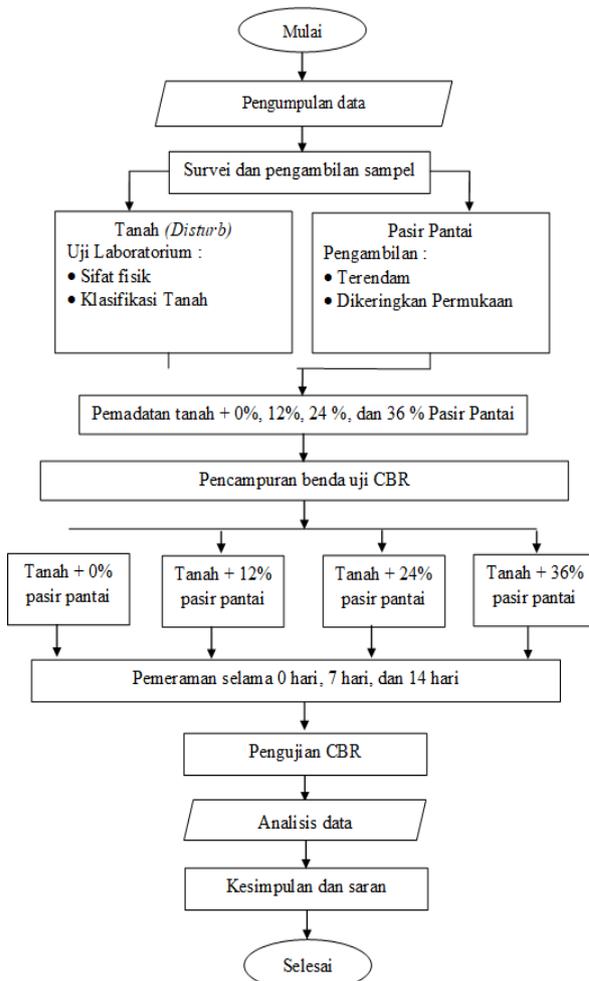
Metode stabilisasi tanah dengan pasir pantai juga pernah dilakukan oleh Hasibuan, P.R. (2017), variasi persentase campuran 0%, 10%, 20% dan 30% serta pemeraman selama 0, 3, dan 7 hari [10]. Selanjutnya Simanjuntak, M.R.A. (2017), variasi persentase campuran 0%, 15% dan 30% [11]. Selanjutnya Prasenda, C. (2015), variasi persentase campuran 5%, 10% dan 15% [12]. Selanjutnya Hafizh, M.S.A. (2017) dengan variasi persentase campuran 30% dan 40% serta pemeraman 0 dan 28 hari [13]. Pada referensi penelitian sebelumnya, CBR optimum didapatkan pada persentase campuran tertinggi. Berdasarkan penelitian sebelumnya maka persentase dan waktu pemeraman pasir pantai tersebut menjadi acuan untuk penelitian. Penelitian ini menggunakan variasi pasir pantai yaitu 0%, 12%, 24%, dan 36% dengan pemeraman 0, 7, dan 14 hari.

3. Metodologi penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian mengenai stabilisasi tanah terhadap nilai CBR. Sampel tanah (*disturb*) diambil dari salah satu titik di Jalan Kampung Juhut Kecamatan Karang Tanjung, Kab. Pandeglang. Tanah dari pandangan ilmu teknik sipil merupakan himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak diatas batu dasar (*bedrock*) [14]. Metode yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini dimulai dari pengumpulan data dilakukan dengan cara mencari sumber pustaka (buku, jurnal ilmiah, dan artikel ilmiah) yang menjadi acuan mengenai stabilisasi tanah terhadap nilai CBR.

Pengambilan sample tanah dengan menggunakan metode uji DCP untuk mengetahui nilai CBR tanah di lokasi tersebut. Tanah diambil dengan cara sederhana yaitu dengan menggunakan cangkul dan dimasukkan ke dalam karung. Pada tahapan ini, pengujian tanah lempung asli meliputi analisa besar butir, berat jenis butir, kadar air, batas plastis, dan batas cair untuk memperoleh karakteristik tanah tersebut yang kemudian diklasifikasikan menurut metode USCS. Stabilisasi dilakukan dengan mencampurkan dengan pasir pantai dengan ketentuan persentase campuran pasir pantai 0%, 12%, 24%, dan 36%. Dengan kadar air optimum yang di dapat dari pemadatan tanah dilakukan juga pemeraman selama 0, 7 dan 14 hari. Presentase campuran pasir pantai ini diambil berdasarkan berat kering tanah. Pengujian CBR dilakukan untuk mengetahui pengaruh bahan tambah pasir pantai terhadap nilai CBR tanah. Metode pengujian ini mengacu pada SNI 1744:2012. Metode Pengujian CBR Laboratorium dengan menggunakan 10, 30, dan 65 tumbukan dengan lama pemeraman 0, 7 dan 14 hari.

Tahapan penelitian ini digambarkan dalam diagram alir penelitian pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. Analisis dan pembahasan

4.1 Propertis tanah

Pengujian sifat fisik tanah pada Jalan Kampung, Juhut Kec. Karang Tanjung, Kabupaten Pandeglang dilakukan untuk mengetahui klasifikasi tanah di daerah tersebut yaitu berupa pengujian :

a. Kadar Air

Pengukuran kadar air tanah biasanya digunakan pada prosedur uji laboratorium. Untuk menentukan suatu kadar air dari tanah tersebut dapat dilakukan pengujian sampel tanah dengan membandingkan antara berat yang terkandung dalam tanah

dengan berat butir tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen [15].

b. Berat Jenis

Berat jenis butir adalah perbandingan antara masa isi butir tanah dan masa isi air. Berat jenis butir (G_s) adalah berat *volume* air (γ_w). Cara menentukan berat jenis tanah ialah dengan mengukur berat sejumlah tanah yang isinya diketahui [16].

c. Batas Cair

Batas cair tanah adalah kadar air minimum di mana sifat suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi plastis untuk menentukan sifat dan klasifikasi tanah [17]. Alat uji batas cair yang dipakai pada percobaan ini dikenal dengan nama Casagrande yang merupakan sebuah mangkuk kuning yang mempunyai engsel pada salah satu tepinya untuk dapat bergerak naik turun. Nilai kadar air yang ditunjukkan pada ketukan 25 adalah batas cair tanah yang diuji.

d. Batas Plastis dan Indeks Plastisitas

Batas plastis (plastic limit/PL) adalah kadar air dimana suatu tanah berubah dari keadaan plastis keadaan semi solid [18]. Batas Plastis dihitung berdasarkan persentasi berat air terhadap berat tanah kering pada benda uji.

Indeks Plastisitas tanah didapat setelah pengujian Batas Cair dan Batas Plastis selesai dilakukan. Angka Indeks Plastisitas Tanah merupakan selisih angka Batas Cair (liquid limit, LL) dengan Batas Plastis (plastic limit, PL).

e. Pemadatan

Pemadatan tanah dilakukan untuk mencari kerapatan menyeluruh dan kadar air supaya dapat menentukan kerapatan kering. Pemadatan dilakukan dengan menggilas dan menumbuk sehingga menimbulkan pemampatan pada tanah dengan mengusir udara dari pori-pori. Penambahan air pada tanah yang sedikit lembab sedikit membantu pemadatan, dengan mengurangi tarikan permukaan. Namun akan menimbulkan kadar air optimum,

yang akan mengakibatkan meningkatnya pori-pori. Pengujian pemadatan tanah terdiri dari pengujian kadar air, berat isi kering dan zero air void [19].

Cara pelaksanaan stabilisasi di lapangan menurut SNI 03-3437-1994 Tata Cara Pembuatan Stabilisasi Tanah Dengan Kapur untuk Jalan dan PUSJATAN PU [20]

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium diperoleh data – data sifat fisik tanah yang disajikan pada tabel 1.

Pengujian	Satuan	Hasil
Kadar air	%	43,44
Berat jenis	-	2,631
Batas atterberg		
Batas cair	%	64,5
Batas plastis	%	41,64
Indeks plastisitas	%	22,86
Pemadatan		
Berat isi kering	gr/cm ³	1,089
Kadar air optimum	%	34,97

Pengujian analisa besar butir dilakukan dengan menggunakan analisa saringan dan menunjukkan tanah merupakan berbutir halus didapat dari hasil pengujian tersebut tanah lebih dari 50% lolos saringan 200 yaitu sebesar 51,60% kemudian diklasifikasikan berdasarkan klasifikasi USCS tanah termasuk dalam klasifikasi OH yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas sedang hingga tinggi [21].

4.2 Pengaruh penambahan pasir pantai terhadap nilai batas cair tanah (LL)

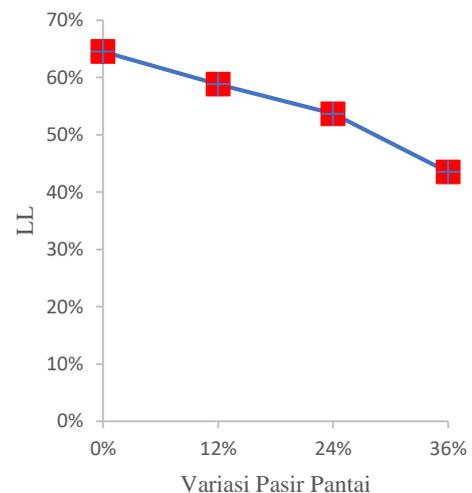
Setelah melakukan pengujian pada tanah asli, penulis melakukan pengujian dengan contoh tanah yang telah dicampur dengan pasir pantai, dengan presentase 12%, 24%, dan 36%. Setiap sampel uji disiapkan 100 gram tanah yang lolos saringan no. 40. Masing – masing contoh tanah campuran tersebut kembali diuji batas cairnya. Lalu

nilai batas cair diplot ke dalam grafik untuk mengetahui bagaimana perilaku tanah jika dicampur dengan pasir pantai.

Seperti yang terlihat pada tabel 2 dan grafik pada gambar 3 menunjukkan hasil bahwa seiring penambahan kadar pasir pantai maka batas cair tanah akan semakin menurun. Hasil pengujian batas cair terhadap penambahan pasir pantai disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai Batas Cair Tanah Dengan Penambahan Pasir Pantai

Pasir Pantai (%)	Batas cair (%)
0	64,5
12	58,83
24	53,67
36	43,50



Gambar 3. Grafik Hubungan Batas Cair Dengan Presentase Penambahan Pasir Pantai

Menurut Santoso, dll. dalam buku Dasar Mekanika Tanah bahwa pengelompokkan nilai plastisitas tanah berdasarkan nilai batas cair (LL) [22]:

- 1) Plastisitas Rendah $LL < 35\%$
- 2) Plastisitas Sedang $35\% < LL < 50\%$
- 3) Plastisitas Tinggi $LL > 50\%$

Maka dapat dikategorikan untuk tanah asli merupakan tanah plastisitas tinggi, penambahan pasir pantai 12% masuk kategori tanah plastisitas tinggi,

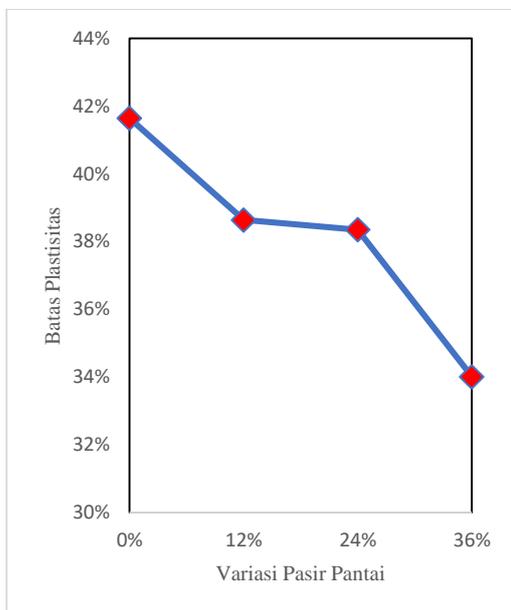
penambahan pasir pantai 24% masuk kategori tanah plastisitas tinggi, dan penambahan pasir pantai 36% masuk kategori tanah plastisitas sedang.

4.3 Pengaruh penambahan pasir pantai terhadap nilai batas plastis tanah (PL)

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai PL menurun seiring dengan bertambahnya presentase campuran pasir pantai, dari grafik pada gambar 4 menunjukkan hasil bahwa semakin banyak campuran pasir pantai maka nilai *Plastic Limit* (PL) semakin menurun.

Tabel 3. Nilai Batas Plastis Tanah Dengan Penambahan Pasir Pantai

Pasir Pantai (%)	Batas plastis (%)
0	41,64
12	38,64
24	38,35
36	34,01



Gambar 4. Grafik Hubungan Batas Plastis Dengan Presentase Penambahan Pasir Pantai

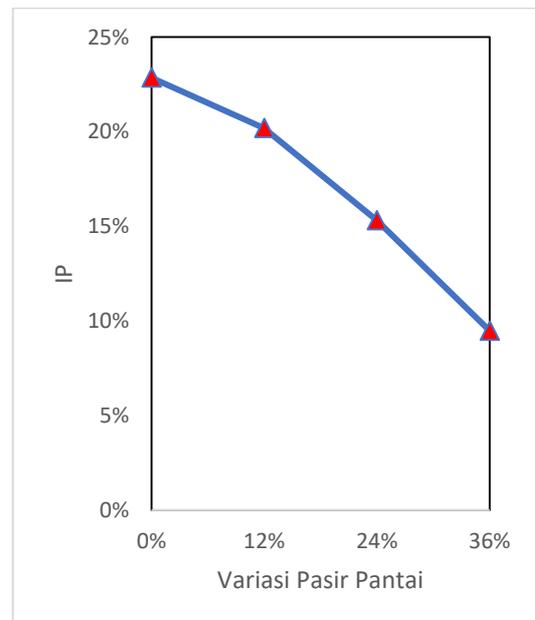
4.4 Pengaruh penambahan pasir pantai terhadap nilai indeks plastisitas tanah (IP)

Indeks plastisitas didapatkan dari hasil pengurangan antara batas cair dan batas

plastis tanah. Hasil indeks plastisitas tiap variasi disajikan pada tabel 4. Berdasarkan grafik pada gambar 5 menunjukkan hasil bahwa semakin besar presentase pasir pantai menghasilkan nilai IP yang semakin kecil. Semakin besar nilai Indeks Plastisitas (PI), maka semakin besar kemungkinan tanah dalam kondisi plastis [23].

Tabel 4. Nilai Indeks Plastisitas Tanah Dengan Penambahan Pasir Pantai

Presentase	Indeks plastisitas
0%	22,86
12%	20,19
24%	15,32
36%	9,49



Gambar 5. Grafik Hubungan Indeks Plastisitas Dengan Presentase Penambahan Pasir Pantai

4.5 Pengaruh penambahan pasir pantai terhadap nilai California Bearing Ratio (CBR) SNI 1744 [24]

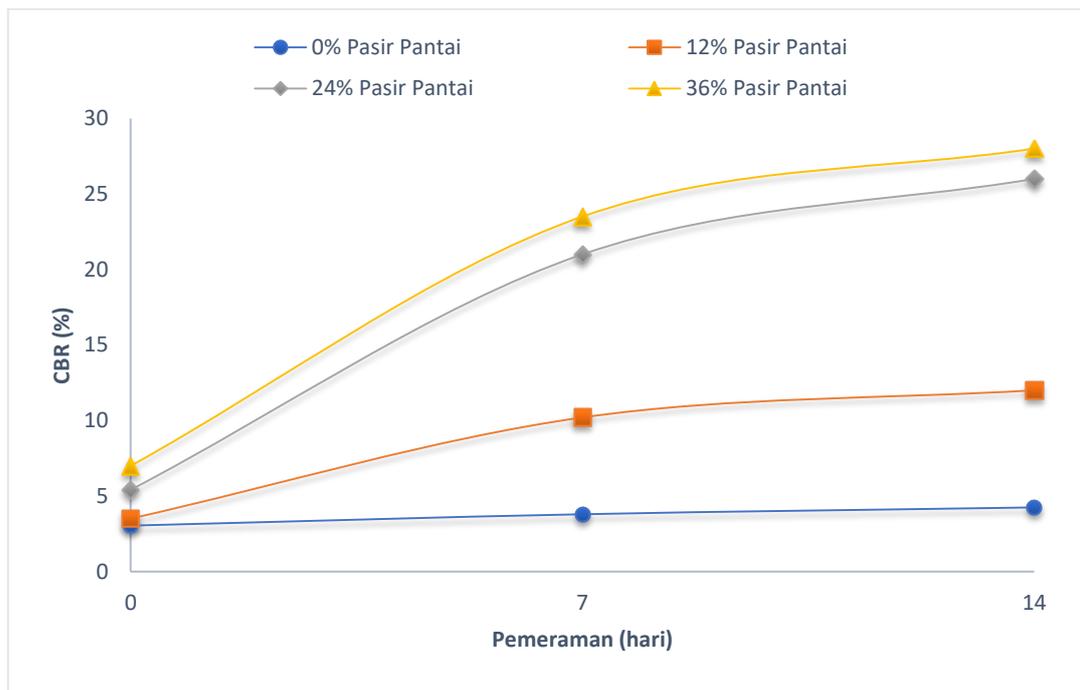
Untuk pengujian CBR tanah yang sudah dikeringkan kemudian ditumbuk dengan palu karet dan di ayak dengan menggunakan saringan no 4. Setelah itu disediakan tanah sebanyak 4320 gram untuk 1 cetakan (mold). Menyiapkan pasir pantai dengan presentase 12%, 24%, dan 36% dari berat tanah dan air suling ditentukan dengan mencari kadar air optimum di tiap persentase pasir pantai

dengan pengujian pemadatan. Kemudian campur tanah, pasir pantai, dan air suling hingga merata (homogen). Kemudian sampel tanah yang telah dicampurkan dimasukkan ke dalam plastik untuk dilakukan pemeraman selama 0 hari, 7 hari, dan 14 hari. Setelah waktu pemeraman selesai kemudian menyiapkan cetakan

(mold) untuk kemudian dilakukan pemadatan CBR dengan jumlah tumbukan 10, 30, dan 65 tumbukan. Nilai CBR dari pengujian didapatkan data yang disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai CBR dengan penambahan pasir pantai

Waktu Pemeraman (hari)	PASIR PANTAI (%)	CBR (%)
0	12	3,500
7	12	10,200
14	12	12,000
0	24	5,400
7	24	21,000
14	24	26,000
0	36	7,000
7	36	23,500
14	36	28,000
0	0	3,050
7	0	3,800
14	0	4,250



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Presentase Campuran dengan Nilai CBR

Pada Gambar 6 grafik di atas menunjukkan bahwa hasil pengujian CBR dari penambahan pasir pantai sebanyak 12%, 24%, dan 36%, mampu meningkatkan nilai CBR tanah di Jalan Kp. Juhut, Kec. Karang Tanjung, Kab. Pandeglang, nilai CBR tanah asli pada jalan tersebut sebesar 3,1% dan setelah ditambahkan pencampuran pasir pantai dengan variasi presentase 12%, 24%, dan 36%, nilai CBR tanah tersebut meningkat sebesar 12%, 26%, dan 28% .

5. Kesimpulan dan saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tanah dari Jalan Kp. Juhut, Kec. Karang Tanjung, Kab. Pandeglang yang dilakukan stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah pasir pantai sebesar 0%, 12%, 24%, dan 36% terhadap nilai CBR dengan waktu pemeraman 0 hari, 7 hari, dan 14 hari dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tanah di Jalan Munjul – Sindang Resmi Kabupaten Pandeglang termasuk dalam klasifikasi OH, yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas sedang hingga

tinggi berdasarkan sistem klasifikasi USCS.

2. Pengaruh pasir pantai terhadap nilai CBR dengan variasi bahan tambah 0%, 12%, 24%, dan 36% dengan pemeraman selama 0, 7, 14 hari memberikan peningkatan terhadap nilai CBR dan optimum pada persentase 36% dengan waktu pemeraman 14 hari sebesar 28%.
3. Pengaruh penambahan pasir pantai sebesar 12%, 24%, dan 36% memberikan pengaruh penurunan terhadap indeks plastisitas tanah, sebelum dilakukannya pencampuran dengan pasir pantai, tanah memiliki indeks plastisitas yang tinggi yaitu 22,86% dan setelah ditambahkan pencampuran pasir pantai pada persentase 36% mengalami penurunan indeks plastisitas menjadi tanah plastisitas sedang sebesar 9,49%.

5.2 Saran

Saran – saran yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian berkelanjutan untuk variasi dan lama

- pemeraman benda uji, sehingga dapat dilihat perbandingan yang diakibatkan jika variasi pasir pantai >36% dan lama pemeraman >14 hari.
2. Perlu dilakukan penelitian berkelanjutan pada tanah di Jalan Kp. Juhut, Kec. Karang Tanjung, Kab. Pandeglang dengan melakukan penelitian batas plastis dan batas cair berdasarkan variasi campuran pasir pantai.
 3. Penambahan campuran material lain selain pasir pantai, berupa bahan campuran lainnya seperti *gypsum*, semen *slag*, kapur dan lain-lain.
- ## 6. DAFTAR PUSTAKA
- [1] S. Arsyad, *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press, 1989.
 - [2] Das B. M., *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*. Jakarta: Erlangga, 1985.
 - [3] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Umum, 1999.
 - [4] I. M. Hadipranoto, Winarni, Ir. dan Raharjo, Paulus P., *Pengenalan Metode Elemen Hingga pada Teknik Sipil*. Bandung: Nova, 1985.
 - [5] H. C. Hardiyatmo, *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2010.
 - [6] F. Runtuwene, A. A., Kaseke, O. H., & Jansen, “Pengaruh Variasi Nilai Index Plastisitas Dari Agregat Halus Terhadap Daya Dukung Lapis Pondasi Agregat Kelas-A,” *TEKNO*, vol. 13, no. 62, 2013.
 - [7] Peraturan Daerah Provinsi Banten, *Tentang Penyelenggaraan Pertambangan Mineral dan Batubara*. Indonesia, 2012.
 - [8] Alimin, Maryono, and S. E. Putri, “Analisis Kandungan Mineral Pasir Pantai Losari Kota Makassar Menggunakan XRF dan XRD,” *Chem. J. Ilim. Kim. dan Pendidik. Kim.*, vol. 17, no. 2, pp. 19–23, 2016.
 - [9] Y. S. Cornelis, R., Ramang, R., dan Kandi, “Subtitusi Agregat Halus Beton Menggunakan Kapur Alam Dan Menggunakan Pasir Laut Pada Campuran Beton,” *J. Tek. Sipil*, vol. Vol 1 No4, 2012.
 - [10] R. I. Kusuma, E. Mina, and P. R. Hasibuan, “STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN MENGGUNAKAN PASIR LAUT DAN PENGARUHNYA TERHADAP NILAI CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) (Studi Kasus :Jalan Desa Mangkualam Kecamatan Cimanggu – Kab. Pandeglang),” *J. Fondasi*, vol. 6, no. 2, 2017, doi: 10.36055/jft.v6i2.2473.
 - [11] M. R. A. Simanjuntak, K. Lubis, and N. M. Rangkuti, “Stabilisasi Tanah Lempung dengan Campuran Pasir Pantai terhadap Nilai CBR,” *J. Civ. Eng. Build. Transp.*, vol. 1, no. 2, p. 96, 2018, doi: 10.31289/jcebt.v1i2.1680.
 - [12] christianprasenda setyanto iswan, “Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Tingkat Kepadatan dan Daya Dukung Tanah Lempung Lunak Organik,” *Christ. Prasenda1) Setyanto2) Iswan3) Abstr.*, vol. 3, no. 1, pp. 145–156, 2015.
 - [13] M. S. Al Hafizh, G. Wibisono, and S. A. Nugroho, “Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Pasir Berbagai Gradasi Dan Campuran Kapur,” *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 2, pp. 1–9, 2017.
 - [14] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka., 1992.
 - [15] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1965:2008 Cara uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan di laboratorium,” p. 16, 2008.
 - [16] SNI-1964, “Cara uji berat jenis tanah,” *Badan Standardisasi Nas.*, p. 14, 2008.
 - [17] Badan Standardisasi Nasional, “Cara uji penentuan batas cair tanah,” *Sni 19672008*, p. 25, 2008.
 - [18] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1966:2008 Cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah,” p. 15, 2008.
 - [19] SNI-1742, “Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah,” *Standar Nas. Indones. Badan Standardisasi Nas.*, pp. 1–20, 2008.
 - [20] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 03-3437-1994 Tata Cara Pembuatan Rencana Stabilisasi Tanah dengan Kapur untuk Jalan,” no. 1, pp. 1–6, 1994.
 - [21] Badan Standardisasi Nasional, “Cara uji analisis ukuran butir tanah SNI 3423:2008,” *Sni*, pp. 1–27, 2008.

- [22] B. Santosa, H. Suprpto, and S. HS, *Dasar Mekanika Tanah*. 1998.
- [23] F. J. Adelina A.R Runtuwene Oscar.H.Kaseke, “Pengaruh Variasi Nilai Index Plastisitas Dari Agregat Halus Terhadap Daya Dukung Lapis Pondasi Agregat Kelas-A,” *Univ. Sam Ratulangi Fak. Tek. Jur. Sipil Manad.*, pp. 2013–2015, 2021.
- [24] SNI1744, “Metode uji CBR laboratorium,” *Standar Nas. Indones. Badan Standarisasi Nas.*, pp. 1–28, 2012.

Penggunaan Limbah Slag Nikel Untuk Material Jalan Ramah Lingkungan

Rindu Twidi Bethary¹, Dwi Esti Intari²

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman Km. 3 Kota Cilegon – Banten 42435

rindubethary@untirta.ac.id

Diterima redaksi: 25 Maret 2022 | Selesai revisi: 10 April 2022 | Diterbitkan *online*: 30 April 2022

ABSTRAK

Pembaharuan dan penggunaan limbah merupakan salah satu isu yang cukup penting dewasa ini terkait dengan pembangunan jalan ramah lingkungan dan berkelanjutan, dimana penggunaan agregat alam sebagai material infrastruktur jalan menyebabkan ketersediannya semakin berkurang, sehingga dibutuhkan material alternatif salah satunya adalah slag nikel. Produksi nikel yang semakin meningkat berbanding lurus dengan produksi slag nikel sebagai produk limbah dari pengolahan nikel. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi dan pengendalian kinerja campuran beraspal dengan menggunakan slag nikel pada lapisan perkerasan Laston lapis antara (AC- BC). Pengujian yang dilakukan antara lain karakteristik sifat fisik dari material yang digunakan yaitu aspal, agregat dan slag nikel, kemudian untuk sifat kimiawi dan mineral dari slag nikel dilakukan pengujian pengujian *X-ray fluorescence spectrometry* (XRF), *X-ray diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Sedangkan metode empiris dengan pengujian Marshall mengacu pada ketentuan sifat-sifat campuran Laston lapis antara (AC-BC) Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Bina Marga Tahun 2018 dan untuk metode mekanistiknya berdasarkan pengujian modulus resilien dengan alat UMATTA. Slag nikel dikategorikan sebagai limbah Bahan Beracun dan Berbahaya (B3) sehingga dibutuhkan pengujian untuk mengetahui kandungan zat berbahaya. Salah satu cara adalah dengan uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCPL) dari pengujian yang dilakukan nilainya lebih kecil dan memenuhi persyaratan begitu pula hasil pengujian karakteristik fisik slag nikel memenuhi persyaratan yang digunakan dalam material konstruksi jalan. Sehingga slag nikel ini merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk material konstuksi jalan ramah lingkungan.

Kata kunci: slag nikel, TCLP, ramah lingkungan.

ABSTRACT

The recycling and use of waste is one of the quiet important issues associated with the construction of environmentally friendly and sustainable roads today. The use of natural aggregates as materials for road infrastructure reduces availability, necessitating the need for alternative materials, one of which is nickel slag. The increase in nickel production is directly proportional to the increase in nickel slag production as a byproduct of nickel processing. The purpose of this research was to assess and control the performance of asphalt mixtures containing nickel slag in the Intermediate Laston (AC-BC) pavement layer. The physical properties of the materials used, namely asphalt, aggregate, and nickel slag, were tested, and for the chemical and mineral properties of nickel slag, X-ray fluorescence spectrometry (XRF), X-ray diffraction (XRD), and Scanning Electron Microscope (SEM) tests were performed. On the other hand, the empirical method using the Marshall test referred to the mixed properties regulation of ACBC (Last Intermediate Layer) in the general specification for road and highway bridges in 2018, and the mechanical method is the UMATTA tool. Nickel slag was classified as toxic and hazardous (B3) waste and requires testing to confirm the content of hazardous substances. One method was to test the Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCPL), and the results of the tests showed that the value was lower and meets the requirements, as

well as the results of testing the physical properties of nickel slag meet the requirements used in road construction materials. As a result, nickel slag is a viable alternative for environmentally friendly road construction materials.

Keywords: nickel slag, TCLP, environmentally friendly.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Infrastruktur jalan merupakan bagian penting dalam sistem jaringan jalan untuk mendukung peningkatan pembangunan di Indonesia. Pemerintah dalam hal ini menjadikan pembangunan, pemeliharaan dan peningkatan infrastruktur jalan menjadi salah satu program prioritas ditambah dengan peningkatan pertumbuhan lalu lintas baik dari segi jumlah kendaraan dan muatan yang diangkut baik dari segi jumlah kendaraan dan muatan yang diangkut.

Kegiatan pembangunan dan pemeliharaan jalan di Indonesia diperlukan aspal sekitar 1,3 juta ton pertahunnya, apabila campuran beraspal mempunyai kadar aspal sebesar 6% terhadap berat campuran, maka 1,3 juta ton aspal tersebut itu akan menghasilkan sebanyak 21,6 juta ton campuran beraspal panas/hot mix asphalt (HMA) [1,2], berdasarkan data tersebut dengan persentase agregat dalam campuran sekitar 90-95% maka dibutuhkan 20,3 juta agregat sehingga menyebabkan penggunaan material alam sebagai bahan baku semakin berkurang secara bertahap. Penggunaan dan pembaharuan limbah dari produk sampingan kegiatan industri merupakan isu penting dalam beberapa tahun ini untuk mengurangi penggunaan bahan baku infrastruktur jalan, salah satunya adalah penggunaan slag nikel sebagai material infrastruktur jalan menggantikan agregat alam.

Indonesia memiliki cadangan nikel nomor 1 di dunia yang mencapai 72 juta ton atau 52% dari total cadangan dunia. Produksi bijih nikel Indonesia pada tahun 2019 sebesar 800 ribu ton atau sekitar 30% dari produksi total di dunia [3], pemerintah terus mendorong untuk program hilirisasi industri dengan mengurangi ekspor bahan mentah atau raw material dan pemrosesan bijih nikel didalam negeri [4]. Besarnya peningkatan produksi ini sejalan

dengan limbah limbah sampingan produksi terak (slag) yang dihasilkan dari pengolahan nikel. Industri peleburan dan pemurnian domestik menghasilkan sekitar 21,8 juta slag per tahun dimana baja dan nikel menjadi industri yang menghasilkan slag terbesar [5], dimana pada kurun waktu tahun 2019 sampai dengan 2024 diperkirakan dapat menghasilkan limbah slag sekitar 14.173.000 ton.

Penggunaan slag nikel sebagai pengganti agregat alam masih terkendala, hal ini dikarenakan berdasarkan Peraturan Pemerintah No.101 tahun 2014 yang menyatakan slag nikel merupakan salah satu bahan yang masuk kategori B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) [6].

Penggunaan slag nikel dalam campuran beraspal salah satunya adalah sebagai filler pada campuran *Hot Rolled Sheet* (HRS) yang kekuatan campurannya tergantung pada kekuatan mortarnya (campuran agregat halus, filler, dan aspal), pada kadar filler slag 1% didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,75% dengan nilai stabilitas lebih baik dibandingkan dengan menggunakan filler kapur padaman [7]. Sedangkan pada penggunaan slag nikel fine III dengan filler sebesar 9% didapatkan KAO 6,54% dan filler sebesar 11,2 % diperoleh KAO 7,023% [8]. Pada penelitian lain untuk campuran AC-WC slag nikel digunakan sebagai bahan tambah agregat halus menunjukkan kadar slag nikel optimum adalah 10% dengan nilai kuat tarik maksimum sebesar 79.147,74 KPa dan nilai kuat tarik berkurang setelah penambahan slag nikel diatas 10% [9].

Salah satu pemanfaatan limbah slag nikel yang besar dapat digunakan sebagai bahan lapis perkerasan jalan, dimana untuk campuran AC-Base dengan variasi 25%, 50%, 75% dan 100% pada kadar aspal optimum 5,6 % didapatkan nilai stabilitas terbesar pada variasi slag 25% [10]. Pada campuran Lataston HRS-

Base dengan menggunakan slag nikel sebagai pengganti agregat kasar dimana pada kadar aspal optimum 6,35% dapat digunakan dengan karakteristik memenuhi persyaratan Bina Marga [11]. Berkenaan dengan hal tersebut penelitian akan dilakukan pada kontruksi perkerasan lentur lapisan antara (*binder course*) dimana pada paper ini merupakan bagian dari tinjauan pustaka dari kajian evaluasi campuran aspal dengan menggunakan limbah slag sebagai bahan pengganti agregat yang ramah lingkungan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Lapis Beton Aspal

Lapisan aspal beton adalah suatu lapisan beraspal pada kontruksi jalan raya yang terdiri dari agregat, aspal dan bahan pengisi (*filler*) dengan suatu gradasi menerus kemudian dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas sehingga menghasilkan campuran dengan daya ikat yang kuat. Menurut Bina Marga Dept.PU, campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Sedangkan yang dimaksud gradasi menerus adalah komposisi yang menunjukkan pembagian butir yang merata mulai dari ukuran yang terbesar sampai dengan ukuran yang terkecil.

Lapisan aspal beton ini memiliki tingkat kekakuan tinggi. Karena itu, bahan ini tidak cocok diletakkan pada lapis yang fleksibel, seperti lapis penetrasi. Tipe kerusakan yang umumnya terjadi pada lapisan ini adalah retak dan terlepasnya butir sehingga dibutuhkan perbaikan dalam hal kelenturan dan daya tahannya. Hal ini karena beton aspal mempunyai rongga antara agregat yang kecil, sehingga volume aspal yang menyelimuti butir agregat juga sedikit.

2.2 Slag Nikel

Hasil penambangan dan pengolahan bijih nikel menghasilkan limbah padat yang disebut dengan slag, dengan komposisi bahan antara lain 70% komposisi kimia terdiri dari Silika 41,47%, Ferri Oksida 30,44% dan Alumina 2,58%. Dengan komposisi silika yang cukup besar pada slag nikel diharapkan proses hidrasi

yang terjadi antara pasta dan semen agregat membentuk interface yang lebih sempurna, sehingga kehancuran beton tidak terjadi pada interface, atau walaupun terjadi pada interface diperlukan energi yang cukup tinggi [10].

Limbah slag terbentuk melalui proses peleburan bijih nikel adalah: slag cair dengan temperatur kisaran $\pm 1550^{\circ}\text{C}$ langsung dikeluarkan melewati slag runner ke kolam granulasi (*slag granulation pond*) kemudian slag cair yang mengalir akan mengalami pendinginan. Metode pendinginan pada pengolahan slag terdapat 2 proses dimana dibantu dengan semprotan air dengan tekanan tinggi untuk memecah ukuran slag sehingga terbentuk granule (butiran-butiran) dan pendinginan dengan udara, dimana ukuran butir agregat limbah slag nikel bisa diatur dengan alat pemecah batu (*stone crusher*), berikut pada gambar 1 proses pengolahan slag.



Gambar 1. Pengolahan Slag Nikel

2.3 Agregat

Agregat merupakan bahan utama untuk struktur jalan, adalah sekumpulan butir batu pecah dan pasir, atau mineral yang lain, baik hasil dari alam maupun buatan yang merupakan penentu utama bagi kapasitas daya dukung suatu perkerasan, dimana berdasarkan ukuran butirannya dibagi menjadi tiga yaitu agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*).

Spesifikasi Bina Marga menyatakan bahwa agregat kasar terdiri dari batu pecah dan kerikil pecah yang tertahan pada saringan No.4 atau ukuran saringan 4,75 mm, sedangkan agregat halus adalah material yang lolos saringan No.4 (4,75 mm). Bahan pengisi (filler) merupakan bahan campuran yang mengisi ruang antara agregat halus dan kasar yang akan meningkatkan kepadatan, debu batu (*stone dust*) dan bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-1968-1990 harus mengandung bahan yang lolos saringan No.200 (75 μm) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.

Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam perkerasan jalan, yang mana agregat menempati proporsi terbesar dalam campuran, umumnya berkisar antara 90% - 95% dari berat total campuran, atau 75% - 85% dari volume campuran [12]. Agregat yang digunakan Agregat yang digunakan harus dalam keadaan bersih dari kotoran, bahan-bahan organik atau bahan lain yang tidak dikehendaki karena akan mengurangi kinerja campuran [13], sehingga ketika akan digunakan didalam konstruksi jalan harus mengetahui karakteristiknya dengan pengujian di laboratorium.

2.4 Aspal

Aspal adalah suatu cairan yang lekat atau berbentuk padat terdiri dari senyawa hidrokarbon atau turunannya, yang terlarut dalam trichloro-ethylene, dan bersifat tidak mudah menguap serta lunak secara bertahap jika dipanaskan. Aspal memiliki warna hitam atau kecoklatan, memiliki sifat kedap air dan sifat merekatkan anti (*adhesive*). Aspal mempunyai komposisi kimia yang bermacam-macam dan terbentuk dari banyak molekul hidrokarbon [13].

Aspal pada lapis perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar butiran agregat agar terbentuk material yang padat, sehingga dapat memberikan kekuatan dan ketahanan campuran dalam mendukung beban kendaraan. Aspal dibutuhkan dalam jumlah tertentu untuk mengikat partikel-partikel agregat, mengisi rongga antar agregat, dimana di Indonesia umumnya digunakan aspal padat dengan penetrasi 60 dan penetrasi 80, untuk aspal dengan penetrasi rendah biasanya digunakan di

daerah yang beruaca panas atau di daerah dengan volume lalu lintas tinggi, misalnya di perkotaan. Sedangkan aspal padat dengan penetrasi tinggi biasanya digunakan untuk daerah beruaca dingin atau daerah dengan volume lalu lintas yang rendah, misalnya di pedesaan dengan daerah yang berbukit-bukit.

3. Metodologi Penelitian

Bahan dalam penelitian ini selain slag nikel, menggunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal. Slag nikel yang digunakan berasal dari limbah bijih nikel yang diproduksi oleh PT Growth Java Industri, sedangkan agregat berasal dari batching plant PT Bukit Sanur Wijaya, dan aspal yang digunakan adalah aspal pertamina dengan Pen 60/70. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan mengadakan kegiatan percobaan di laboratorium dengan campuran aspal panas menggunakan slag nikel sebagai bahan pengganti agregat.

Tahapan penelitian ini dibagi secara keseluruhan menjadi empat tahapan sebagai berikut:

1. Tahap Pendahuluan pada tahap ini diawali dengan kajian literatur dan pengumpulan data sekunder mengenai hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan, dari studi literatur tersebut diambil sebuah hipotesis masalah dan keterbaruan dalam hal penggunaan slag nikel sebagai pengganti agregat.
2. Tahap kedua adalah dilanjutkan dengan pemeriksaan karakteristik bahan secara fisik dan kimiawi serta perancangan campuran beraspal yang menggunakan gradasi Laston lapis antara (AC-BC) yang ditentukan dalam Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan, Bina Marga Tahun 2018. Kemudian dilakukan juga pengujian XRD untuk menganalisis sistem kristal pada slag dan XRF untuk menganalisa komposisi kimia dan juga konsentrasi unsur-unsur yang terkandung dalam material slag.
3. Tahap ketiga adalah dilanjutkan Kemudian kegiatan penelitian dilanjutkan dengan pengujian empiris campuran beraspal Marshall untuk mendapatkan kadar aspal optimum dan pengujian mekanistik modulus resilien campuran beraspal. Pengujian Marshall ini bertujuan untuk

menentukan stabilitas dan kelelahan plastis dari campuran beraspal. Pengujian stabilitas bertujuan untuk mengukur ketahanan campuran terhadap beban lalu lintas dan uji kelelahan plastis untuk menentukan perubahan bentuk yang terjadi akibat lalu lintas. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian perendaman Marshall untuk melihat ketahanan campuran terhadap pengaruh kerusakan oleh air. Air pada campuran beraspal dapat mengakibatkan berkurangnya daya lekat aspal terhadap agregat sehingga dapat melemahkan ikatan antar agregat. Pengujian ini dilakukan sesuai pada Pedoman Teknik No. 025/T/BM/1999 pada benda uji dengan Kadar Aspal Optimum, setengah jumlah benda uji disiapkan pada kondisi standar dan sisanya diuji setelah perendaman selama 24 jam pada suhu 60°C. Masing-masing pengujian dicari nilai rata-ratanya lalu dibandingkan antara stabilitas benda uji standar dan benda uji setelah perendaman merupakan ketahanan terhadap pengaruh air atau yang disebut Indeks Kekuatan Marshall Sisa dinyatakan dalam persen.

Kemudian dilanjutkan dengan pengujian modulus resilien yang menggunakan benda uji berbentuk silinder yang sama ukurannya dengan benda uji Marshall. Benda uji dibebani dengan beban tekan haversin atau segitiga pada bidang vertikal dimetrikalnya melalui batang pembebanan. Besarnya deformasi balik horizontal yang terjadi diukur dengan menggunakan dua buah transducer. Benda uji harus dikondisikan terlebih dahulu sebelum pencatatan deformasi baliknya. Pengkondisian dimaksudkan untuk mendapat keseragaman pembacaan deformasi baliknya dan ini dilakukan dengan memberikan pembebanan berulang yang cukup kecil. Setelah itu baru dilakukan pembebanan yang sebenarnya dengan rentang pengulangan beban tipikal sebanyak 50-200 kali dengan variasi temperatur yang disesuaikan dengan kondisi temperatur perkerasan di Indonesia.

4. Tahap keempat ini adalah analisis data serta pengembangan model campuran

beraspal berdasarkan pengujian yang telah dilakukan.

Pengujian dilakukan dilaboratorium jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dan untuk pengujian lanjutan mekanistik dilakukan di Pusat Pengembangan Jalan dan Jembatan Kementerian PUPR, dimana pada kali ini akan membahas lebih lanjut tahap pertama pada penelitian ini.

4. Pembahasan

4.1 Pemilihan Material Slag

Konstruksi jalan di Indonesia secara umum lebih dari 90% dari seluruh panjang jalan yang ada menggunakan teknologi perkerasan lentur atau perkerasan beraspal, dimana pembangunan dan pemeliharaan perkerasan beraspal pada setiap tahunnya membutuhkan jumlah agregat yang banyak. Penggunaan bahan agregat alami dan terus menerus dalam jumlah banyak dapat menghabiskan persediaan bahan agregat alami yang jumlahnya terbatas, salah satu alternatif dapat juga memanfaatkan agregat buatan yaitu slag nikel. Metode ini merupakan salah satu *green material* karena memanfaatkan limbah dari industri.

Penggunaan slag nikel sebagai campuran beton untuk menggantikan agregat pada beton atau mortar dari proses peleburan bijih nikel lateritik di Sulawesi termasuk kategori high Fe dan berpotensi digunakan sebagai material alternatif agregat kasar ataupun halus pada beton dan mortar [14]. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang menggunakan persentase slag nikel 0% - 80% menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekuatan dari beton tanpa kadar slag ke beton dengan kadar slag 20 dan 40%, tetapi mengalami penurunan pada kadar 60 dan 80% dengan kuat tekan rata-rata beton optimum diperoleh pada kadar slag 40% sedangkan nilai kuat lentur rata-rata tertinggi terjadi pada beton dengan kadar slag 60% [15]. Slag nikel banyak digunakan sebagai material untuk penahan erosi, lapisan subbase dan campuran aspal hotmix pada campuran Aspal lapisan Lataston HRS-Base dengan slag nikel sebagai pengganti agregat kasar bergradasi senjang dan semi senjang pada kadar aspal optimum 6,35% didapatkan indeks perendaman sebesar 97,03% dan 98,00% yang artinya campuran tahan terhadap perubahan suhu [10]. Penggunaan slag nikel sebagai

bahan lapis fondasi kelas A menunjukkan nilai CBR Soaked 115% sehingga memenuhi sebagai bahan lapis fondasi kelas A karena lebih tinggi dari 90% [16].

4.2 Material Ramah Lingkungan

Penggunaan slag nikel sebagai material konstruksi jalan tidak lepas dari pengujian lingkungan, karena PP Nomor 101 Tahun 2014 Berikut pada Tabel 1 hasil pengujian TCLP

menggolongkan slag nikel sebagai limbah B3 kategori bahaya 2 dengan kode limbah B403, dengan pemakaian slag nikel dalam jumlah yang besar, maka perlu dilakukan kajian apakah logam berat yang terdapat pada slag nikel akan menyebar atau terlindi dalam jumlah yang besar ke lingkungan. Uji karakteristik beracun melalui TCLP ini untuk mengetahui konsentrasi zat pencemar pada slag nikel yang akan dibandingkan dengan persyaratan spesifikasi PP 101 Tahun 2014 [4].

Tabel 1. Hasil Pengujian TCLP

No	Parameter	Unit	Hasil	Persyaratan	
				TCLP -A	TCLP -B
1	Lead	Mg/l	< 0,04	3	0,5
2	Cadmium	Mg/l	< 0,05	0,9	0,15
3	Mercury	Mg/l	< 0,002	0,3	0,05
4	Arsenic	Mg/l	< 0,002	3	0,5
5	Antimony	Mg/l	< 0,004	6	1
6	Molybdenum	Mg/l	< 0,06	21	3,5
7	Zinc	Mg/l	0,18	300	50
8	Selenium	Mg/l	< 0,004	3	0,5
9	Copper	Mg/l	0,02	60	10
10	Nickel	Mg/l	< 0,01	21	3,5
11	Silver	Mg/l	< 0,006	40	5
12	Barium	Mg/l	< 0,03	210	35
13	Chromium Hexavalent	Mg/l	< 0,01	15	2,5
14	Chloride	Mg/l	5,38	75000	12500
15	Boron	Mg/l	0,001	150	25
16	Nitrate	Mg/l	0,32	15000	2500
17	Nitrite	Mg/l	0,19	900	150
18	Cyanide	Mg/l	0,01	21	3,5

Sumber: PT Growth Java Industry

Berdasarkan hasil pengujian TCLP pada Tabel 1 maka limbah slag nikel, kandungan bahan beracun seluruhnya lebih kecil dari kolom TCLP-A dan TCLP-B, hal ini berarti bahwa limbah slag nikel dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan pengganti agregat alam.

4.3 Karakteristik Slag Nikel

Pemenuhan karakteristik slag nikel selain secara lingkungan tetai juga secara teknis, oleh

karena itu limbah slag nikel harus diuji sifat fisik dan dibandingkan dengan persyaratan bahan jalan sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018. Hasil pengujian sifat fisik slag nikel dengan sistem pendinginan udara pada Gambar 2 dan Tabel 1.



Gambar 2. Slag Nikel

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Slag Nikel

No	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi
1	Abrasi %	23,62	Maks 40%
2	Berat Jenis Slag Kasar		Berat Jenis Bulk >2.5 ;
	Bulk	2,91	Perbedaan
	SSD	2,91	Berat Jenis
	Apparent	2,93	Kasar dan Halus < 0,2
3	Penyerapan	0,24	< 3
4	Berat Jenis Slag Halus		Berat Jenis Bulk >2.5 ;
	Bulk	2,788	Perbedaan
	SSD	2,819	Berat Jenis
	Apparent	2,874	Kasar dan Halus < 0,2
5	Penyerapan	1,113	< 3

Pengujian berat jenis ini dilakukan terhadap slag nikel yang menggambarkan kepadatan (density) dari slag nikel. Selain itu diperoleh juga nilai penyerapan yang menunjukkan banyaknya pori dalam agregat. Pori dibutuhkan untuk menyerap aspal sehingga terbentuk ikatan antar aspal dan butiran agregat.

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan slag nikel tercantum dalam Tabel 2. Perbedaan berat jenis slag nikel kasar dan halus adalah <0,2 dimana nilai tersebut memenuhi Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum 2018. Sedangkan uji penyerapan air agregat yang diperoleh untuk slag kasar dan halus masih memenuhi persyaratan. Nilai tersebut memenuhi Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum 2018 untuk penyerapan air oleh agregat maksimum 3%.

Pengujian keausan slag nikel dengan alat Abrasi *Los Angeles* dimana nilai yang diperoleh dari pengujian tersebut adalah 23,62

% dan telah memenuhi Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum 2018 yang menetapkan persyaratan maksimal 40%. Dari hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa agregat yang digunakan mempunyai nilai keausan yang memenuhi sehingga tidak mudah pecah selama pemadatan atau akibat beban lalu lintas.

4.4 Karakteristik Agregat

Material yang digunakan dalam penelitian ini selain slag nikel adalah agregat baru yang berasal Bojenegara Banten, PT Bukit Sanur Wijaya. Berikut hasil pengujian sifat fisik agregat pada Tabel 3, dimana dari hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat slag kasar memenuhi Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Bina Marga tahun 2018

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

No	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi
1	Abrasi %	19,37	Maks 40%
2	Berat Jenis Agregat Kasar		Berat Jenis Bulk >2.5 ;
	Bulk	2,681	Perbedaan
	SSD	2,712	Berat Jenis
	Apparent	2,769	Kasar dan Halus < 0,2
3	Penyerapan	1,185	< 3
4	Berat Jenis Agregat Halus		Berat Jenis Bulk >2.5 ;
	Bulk	2,550	Perbedaan
	SSD	2,611	Berat Jenis
	Apparent	2,722	Kasar dan Halus < 0,2
5	Penyerapan	2,592	< 3

Berat jenis agregat kasar dan halus memenuhi persyaratan dengan perbedaan < 0,2, Nilai tersebut memenuhi Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum 2018 yang mensyaratkan perbedaan berat jenis agregat kasar dan halus tidak boleh lebih dari 0,2. Sedangkan uji penyerapan air agregat yang diperoleh untuk agregat kasar dan agregat halus masih memenuhi persyaratan. Nilai tersebut juga memenuhi Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum 2018 dengan nilai penyerapan agregat maksimum sebesar 3%.

Sedangkan keausan agregat dimana nilai ini merupakan durabilitas agregat. Nilai yang

diperoleh dari pengujian tersebut adalah 19,37% dan telah memenuhi Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum 2018 yang menetapkan persyaratan maksimal 40%.

4.5 Karakteristik Aspal

Aspal minyak yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal minyak Penetrasi 60/70 yang diproduksi oleh PT. Pertamina (Persero). Berikut hasil pengujian karakteristik aspal dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

No	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi
1	Berat Jenis Aspal	1,013	$\geq 1,0$
2	Penetrasi 25°C, 100gr, 5detik; 0,1 mm	65,16	60-70
3	Titik Lembek °C	50	≥ 48
4	Daktilitas 25°C, cm	>100	≥ 100
5	Titik Nyala °C	332	≥ 232

Berdasarkan hasil pengujian penetrasi standar (25°C) didapat nilai penetrasi aspal Pen 60/70 sebesar 65,16 dmm, dimana nilai tersebut telah memenuhi Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum 2018 yaitu lebih besar dari 54% untuk aspal Pen 60/70. Pengujian penetrasi dimaksudkan untuk menetapkan nilai kekerasan aspal. Semakin besar nilai penetrasi, maka aspal semakin lunak. Begitu pun sebaliknya, semakin kecil nilai penetrasi maka aspal semakin keras.

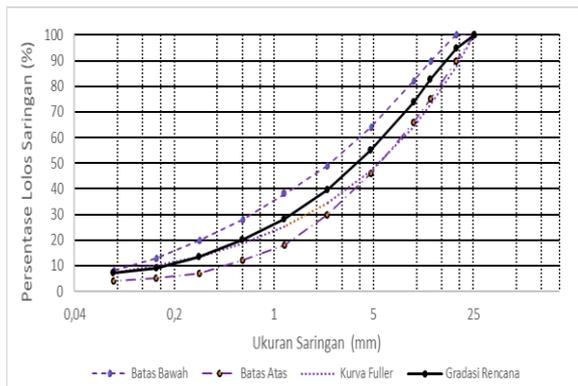
Hasil dari pengujian titik lembek untuk aspal Pen 60/70 sebesar 50°C dengan syarat titik lembek berdasarkan Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum 2018 untuk aspal Pen 60/70 minimal 48°C, dimana semakin keras suatu bahan maka akan membutuhkan waktu dan suhu yang semakin besar untuk melelehkan bahan itu sendiri. Sedangkan untuk pengujian daktilitas yang bertujuan untuk mengetahui elastisitas bahan aspal. Aspal yang baik untuk digunakan adalah aspal dengan nilai daktilitas ≥ 100 cm, sesuai persyaratan pada Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum 2018, pengujian daktilitas untuk aspal Pen 60/70 telah memenuhi persyaratan.

Nilai titik nyala untuk aspal Pen 60/70 adalah sebesar 332°C. Nilai ini telah memenuhi Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum 2018 yang mensyaratkan nilai titik nyala ≥ 232 °C untuk aspal Pen 60/70, hal tersebut menunjukkan bahwa aspal Pen 60/70 tahan terhadap panas.

4.6 Rancangan Campuran Beraspal Panas

Pembuatan rancangan campuran beraspal panas dimulai dari pengujian karakteristik material yang digunakan dengan gradasi yang digunakan sebagai acuan adalah gradasi Laston lapis antara (AC-BC) yang ditentukan dalam Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan, Bina Marga Tahun 2018. Demikian juga halnya untuk acuan standar campuran yang digunakan juga mengacu pada ketentuan sifat-sifat campuran Laston lapis antara (AC-BC) Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Bina Marga Tahun 2018, sedangkan untuk pengujian slag berdasarkan masih mengacu sama dengan pengujian agregat alami.

Dalam membuat rancangan campuran harus ditentukan terlebih dahulu gradasi agregat yang akan digunakan dalam penelitian ini jenis gradasi rancangan campuran mengacu kepada amplop gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal AC Lapis Antara/AC-BC. Pemilihan gradasi agregat merupakan salah satu sifat yang sangat menentukan kinerja perkerasan jalan. Setiap jenis perkerasan jalan mempunyai gradasi agregat tertentu, pemilihan gradasi dalam penelitian ini adalah menggunakan gradasi tengah, dimana gradasi tengah adalah gradasi agregat yang merupakan nilai tengah dari rentang gradasi, seringkali gradasi tengah disebut sebagai gradasi ideal dari spesifikasi campuran. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2 dan 3 karena berat jenis slag nikel dengan berat jenis agregat alam $> 0,2$ maka dalam perhitungan rancangan campuran menggunakan satuan volume. Berikut pada Gambar 3 gradasi yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3. Gradasi Campuran

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari kajian yang dilakukan adalah:

1. Penggunaan slag nikel merupakan salah satu teknologi green material dalam konstruksi jalan yaitu pemanfaatan limbah hasil industri selain itu dapat menggantikan agregat alami yang digunakan dalam konstruksi jalan dan mengurangi limbah yang dihasilkan dari produksi nikel.
2. Material yang terkandung didalam slag nikel dapat dikategorikan ramah lingkungan karena dari hasil percobaan TCLP semuanya lebih kecil dari persyaratan yang di iijinkan.
3. Karakteristik slag nikel dengan sistem pendinginan udara menunjukkan pemenuhan untuk digunakan sebagai material lapis perkerasan campuran Laston lapis antara (AC-BC) sesuai dengan spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan, Bina Marga Tahun 2018.
4. Teknologi campuran aspal panas menggunakan material alternatif pemanfaatan slag nikel diharapkan secara umum dapat meningkatkan kinerja campuran beraspal, dan lebih lanjut perlu dilakukan pengujian karaktersitik Marshall dan modulus campuran,

6. Daftar Pustaka

- [1] Affandi, F., dan Kusnianti, N. (2013): Kinerja Perkerasan Campuran Beraspal Hangat Yang Mendukung Pembangunan Berwawasan Lingkungan, Konferensi Regional Teknik Jalan (KRTJ) 12, 1, Bandung.
- [2] Bethary RT, Subagio BS, Rahman H. Campuran Beraspal Menggunakan Reclaimed Asphalt Pavement dan Agregat Slag Baja. *J Transp.* 18(2):117–26.
- [3] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, Peluang Investasi Nikel Indonesia, 2020.
- [4] Iwan Susanto dan Dani Hamdani. Pemanfaatan Limbah Slag Nikel Sebagai Bahan Perkerasan Jalan, Bineka, Oktober 2020.
- [5] Kementerian Perindustrian. Kemenperin Angkat Potensi Slag Nikel Jadi Bahan Baku Industri, 2020.
- [6] Putra DM, Nasrul, Ngii E. Potensi Slag Nikel Halus (Feni4) PT Antam Pomalaa Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Beraspal. *STABILITA.*2020;8:11–20.
- [7] Edward Ngii. Perbandingan Kinerja Filler Slag Nikel Dengan Kapur Padaman Dalam Campuran Hot Rolled Sheet (HRS). *Metropilar*, Volume 6, Nomor 1, 2008.
- [8] Vieta Oktavianna Arkos Syahputri Ressang, Edward Ngii dan Nasrul. Pengaruh Penggunaan Filler Slag. *STABILITA, Jurnal Teknik Sipil.* Volume 8, Nomor 2, Juni 2020.
- [9] Andi Batari Angka dan Kushari. Slag Nikel Sebagai Bahan Substitusi Pada Karakteristik Campuran AC-Base. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M).* pp 89-94, 2017.
- [10] Utami Arruantasik Demmalino, Cyntia Sielviana Widya Lambe, Alpius, dan Rais Rachman. Pengujian Slag Nikel Sebagai Pengganti Agregat Pada Campuran HRS-Base. *Paulus Civil Engineering Journal.* Volume I No.2, 06, Desember 2019.
- [11] Syaharuddin, St. Maryam Hafram, dan Andi Alifuddin. Pengaruh Variasi Slag Nikel Sebagai Bahan Tambah Agregat Halus pada Campuran Lapisan Aspal Beton. *Jurnal Teknik Sipil MACCa*, Vol 6, No 2, Juni 2021.
- [12] Asphalt Institute, 1983, Principles of Construction of Hot Mix Asphalt Pavement, The Asphalt Institute.
- [13] Hardiyatmo, Hary, C., (2011), Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [14] Wijaya R, Astutiningsih S. Studi Literatur Potensi Pemanfaatan Terak Nikel (Slag Nikel) sebagai Agregat pada

- Mortar dan Beton. J Teor dan Terap Bid Reayasa Sipil. 2021;9(85):93–100.
- [15] Jalali NA, Salim A. Agregat Halus Slag Nikel Sebagai Pengganti Sebagian Pasir Pada Beton. Pros Semin Has Penelit.2018;2018:142–7.
- [16] Gunawan G, Prananda IA. Potensi Pemanfaatan Limbah B3 Sebagai Material Konstruksi Jalan. Bineka.2020;1:12–9.

Pengaruh Kontraktor Dan Kondisi Lingkungan Terhadap Bahaya Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) Di Proyek *The Canary Apartement*

Andi Maddeppungeng¹, Siti Asyiah², Fadil Prasetyo³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jenderal Sudirman KM.3 Cilegon 42435, Banten
Email: andi_made@yahoo.com

Diterima redaksi: 25 Maret 2022 | Selesai revisi: 15 April 2022 | Diterbitkan *online*: 30 April 2022

ABSTRAK

Proyek konstruksi gedung tinggi memiliki risiko kecelakaan yang tinggi, maka diterapkan kesehatan dan keselamatan kerja (K3). Tujuannya untuk meminimalisir terjadinya bahaya kesehatan dan keselamatan kerja pada proyek konstruksi gedung tinggi. Kecelakaan kerja dapat terjadi akibat manusia, metode, material, mesin serta lingkungan kerja, oleh karena itu dilakukan penelitian ini pada proyek konstruksi pembangunan gedung *The Canary Apartement*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apa saja bahaya K3 yang dominan terjadi akibat kontraktor dan kondisi lingkungan pada proyek *The Canary Apartement* serta penanganannya. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu penyebaran kuesioner dan observasi lapangan. Data dianalisis dengan menggunakan metode statistik dan pemodelan SEM-AMOS. Berdasarkan hasil penelitian pada variabel kontraktor terdapat dua indikator yang paling dominan berpengaruh signifikan yaitu tidak peduli masalah terkait kesehatan dan keselamatan kerja (K2) dan tidak bersedia mengeluarkan biaya terkait keselamatan (K3). Pada hasil variabel lingkungan terdapat dua indikator yang paling dominan berpengaruh signifikan yaitu kondisi penyimpanan peralatan tidak rapih (L6) dan penyimpanan bahan-bahan yang berbahaya tidak sesuai tempat (L7). Penanganan yang dilakukan untuk menghindari bahaya K3 paling dominan terjadi akibat dari pengaruh kontraktor dan kondisi lingkungan di proyek *The Canary Apartement* dapat dilakukan dengan cara mengadakan sosialisasi peraturan K3 seperti rambu K3, APD dan *safety talk*, penggunaan anggaran K3 sesuai dengan dokumen kontrak, meningkatkan keamanan dan kerapihan lingkungan kerja, serta menerapkan 5R (Ringkas, Rapih, Resik, Rawat dan Rajin).

Kata kunci : *Kontraktor, Lingkungan, Bahaya K3, dan SEM-AMOS*

ABSTRACT

High-rise building construction have a high accident risk, so occupational health and safety is applied. The goal is to minimize the occurrence of occupational health and safety hazards in high-rise construction. Work accidents can occur due to humans, methods, materials, machines and work environment, therefore this research was conducted on the construction project of The Canary Apartment building. The purpose of this research is to find out what are the dominant safety hazards that occur due to contractors and environmental conditions in The Canary Apartement project and their handling. The method used in this research is distribution of questionnaires and field observations. The data were analyzed using statistical method and SEM-MOS modeling. Based on the results, on contractor variables there are two indicators that are most dominantly significant, namely no matter the problems related to occupational health and safety (K2) and not willing to spend safety-related costs (K3). In the results of environmental variables there are two indicators that are most dominantly significant, namely the storage conditions of untidy equipment (L6) and storage of hazardous materials that are not in place (L7). Handling carried out to avoid the most dominant safety hazards resulting from the influence of contractors and environmental conditions in The Canary Apartement project can be done by socializing safety regulations such as safety signs, PPE and safety talk, the use of safety budget in accordance with contract documents, improving the safety and neatness of the work environment, and implementing 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu dan Shitsuke).

Keywords: *Contractor, Environment, OHS Hazards, and SEM-AMOS*

1. Pendahuluan

Pelaksanaan Kesehatan dan Keselamatan Kerja yang selanjutnya disingkat K3 pada proyek konstruksi sangatlah penting. K3 adalah segala kegiatan untuk melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja [1]. Pelaksanaan K3 bermanfaat untuk melindungi para pekerja, meningkatkan produktivitas dan kinerja pekerja, menjamin kualitas dan keamanan suatu pekerjaan dan menghindari terjadinya bahaya K3. Bahaya adalah suatu keadaan yang berpotensi terhadap terjadinya kejadian kecelakaan berupa cedera, penyakit, kematian, kerusakan fungsi operasional yang telah ditetapkan [2]. Menurut Tarwaka [3], bahaya adalah sesuatu yang berpotensi menyebabkan terjadinya kerugian, kerusakan, cedera, sakit, kecelakaan, atau menyebabkan kematian yang berhubungan dengan proses dan sistem kerja. Penyelenggaraan K3 diatur dalam UU No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan dan UU No. 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi mengatur penyelenggaraan jasa konstruksi sesuai dengan nilai Keamanan, Keselamatan, Kesehatan dan Keberlanjutan (K4).

Dirjen PPK dan K3 Kemnaker mengatakan, jumlah kecelakaan kerja mengalami peningkatan setiap tahun mencapai 5% dan untuk kecelakaan kerja berat tren peningkatannya sekitar 5% – 10% setiap tahunnya [4]. Berdasarkan data BPJS Ketenagakerjaan tahun 2019, jumlah kepesertaan di sektor jasa konstruksi di Indonesia sejumlah 11.160.944 peserta dan di Provinsi Banten sebanyak 485.674 peserta. Berdasarkan data GAPENSI BPD tahun 2019, jumlah usaha bidang konstruksi di Tangerang Raya sejumlah 621 usaha dengan jumlah usaha konstruksi di Tangerang Selatan sebanyak 57 usaha [5]. Sementara untuk kasus kecelakaan kerja di Indonesia mencapai 166.012 kasus dengan 3.122 kasus berada di sektor konstruksi. Jumlah kecelakaan konstruksi di Provinsi Banten tahun 2019 sebanyak 176 kasus atau menyumbang sekitar 5,6% dari total kecelakaan konstruksi di Indonesia. Angka kecelakaan kerja di Kota Tangerang Selatan

sepanjang tahun 2019 turun dari tahun sebelumnya berjumlah 38 kasus [6].

Perkembangan Tangerang sebagai penyangga Ibukota Jakarta berlangsung dengan cepat. Berdasarkan hasil sensus penduduk terbaru, Tangerang merupakan daerah yang memiliki jumlah penduduk ±6,1 juta jiwa [7]. Semakin bertambahnya penduduk di Tangerang, kebutuhan masyarakat akan tempat tinggal juga semakin bertambah. Keterbatasan lahan yang tersedia menjadikan konsep *vertical living* lebih banyak dipilih oleh perusahaan properti [8]. Salah satu konsep *vertical living* yaitu Apartemen. Pembangunan gedung bertingkat tinggi memiliki risiko bahaya K3 yang besar, oleh karena itu penelitian ini dilakukan pada proyek bangunan bertingkat tinggi yaitu proyek *The Canary Apartement*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apa saja bahaya K3 yang dominan terjadi akibat kontraktor dan kondisi lingkungan pada proyek *The Canary Apartement* serta penanganannya.

Ervianto [9] berpendapat bahwa kontraktor adalah orang atau badan usaha yang menerima pekerjaan dan melaksanakan pekerjaan sesuai yang ditetapkan gambar rencana, peraturan dan syarat- syarat yang ditetapkan. Menurut UU No. 36 Tahun 2009, peran kontraktor dalam pengawasan K3 diantaranya memeriksa kesehatan fisik dan mental pekerja konstruksi, menjelaskan mengenai bahaya K3 yang dapat timbul pada tempat kerja, menyediakan APD dan asuransi untuk pekerja, menyediakan rambu K3, serta bertanggung jawab dalam pencegahan dan penanganan bahaya K3. Pada sektor Konstruksi, melalui Permen PU No. 05 Tahun 2014 seluruh perusahaan bidang konstruksi wajib menerapkan SMK3. Tujuannya untuk meningkatkan efektifitas perlindungan K3 yang terencana, terukur, terstruktur dan terintegrasi; dapat mencegah dan mengurangi kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja; serta menciptakan tempat kerja yang aman, nyaman dan efisien untuk mendorong produktifitas [10].

Lingkungan kerja merupakan suatu tempat untuk seseorang melakukan aktivitas atau pekerjaan dan dapat berinteraksi dengan rekan-rekan sekerjanya serta dapat diterima

oleh kelompoknya dan merasakan hubungan kekeluargaan. Lingkungan kerja yang baik hendaknya membuat pekerja merasa aman dan nyaman dalam melakukan pekerjaannya [11]. Penerapan lingkungan kerja yang kondusif dan nyaman dapat membantu penerapan program K3 secara optimal yang ditandai dengan rendahnya tingkat risiko kecelakaan kerja. Contoh lingkungan kerja yang baik yaitu lingkungan yang nyaman, bersih, aman dari berbagai macam gangguan, terhindar dari bising, dan pencahayaan yang cukup. Langford menemukan bahwa ketika pekerja percaya manajemen peduli terhadap keselamatan pekerja, maka pekerja akan bisa bekerja sama untuk meningkatkan atau memperbaiki performa keselamatan [12].

2. Tinjauan Pustaka

Ibnu Hadi [13] dengan judul penelitian “Analisa Bahaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Kecamatan Gajah Mungkur Semarang (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Kecamatan Gajah Mungkur Semarang)”. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisa bahaya K3 dan mengetahui cara mengatasi bahaya K3 dalam pelaksanaan proyek tersebut. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu menyebarkan kuisioner, wawancara dan observasi. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pentingnya menganalisis bahaya akibat kelalaian dalam manajemen K3 pada proyek konstruksi untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja.

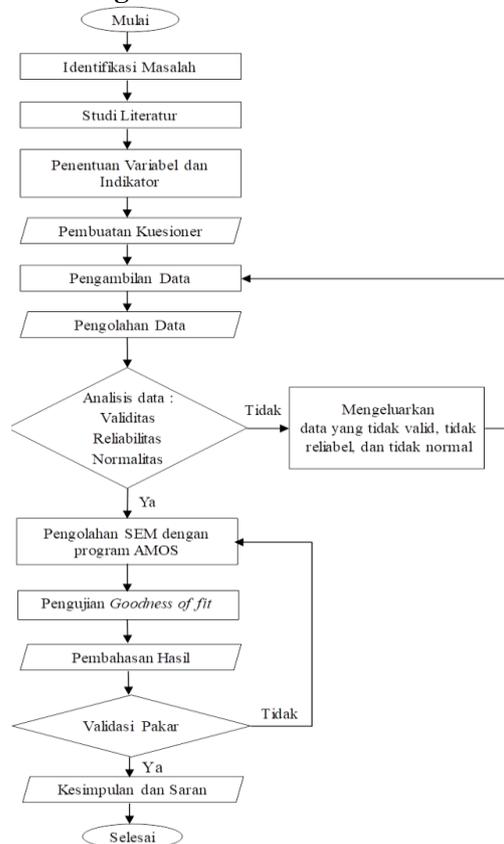
Shakil Ahmed [14] dengan judul “Causes and Effects of Accident at Construction Site: A Study for the Construction Industry in Bangladesh” Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi penyebab dan dampak kecelakaan pada proyek konstruksi di Bangladesh. Metode yang digunakan yaitu penyebaran kuesioner, wawancara, observasi lapangan dan studi literatur. Didapat hasil 77 penyebab di bawah 14 kelompok utama dan 22 efek kecelakaan dan peringkat berdasarkan *Relative Importance Index* (RII). 5 penyebab utama kecelakaan yaitu: tidak peduli terkait keselamatan, kurangnya APD, kurangnya pencegahan bahaya K3, peralatan tidak layak, dan kurang pengetahuan tentang peralatan. 5 dampak utama dari kecelakaan

yaitu: hilangnya nyawa manusia, menurunkan semangat kerja, konflik dengan pekerja, hilangnya produktivitas proyek, dan keterlambatan pekerjaan.

Taofeeq, dkk [15] dengan judul “*Ranking of Human Factors Affecting Contractors Risk Attitudes in the Malaysian Construction Industry*”. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menentukan tingkat manajemen risiko dan memberi peringkat pada faktor risiko berdasarkan penanganan bahaya konstruksi di perusahaan konstruksi Malaysia. Metode penelitian ini menggunakan penyebaran kuisioner yang diolah menggunakan aplikasi SPSS versi 21.0. Berdasarkan penelitian didapatkan hasil peringkat pertama sampai kelima berturut-turut yaitu pengalaman kerja, kesehatan fisik, pendidikan terakhir, profesionalitas, dan kecerdasan emosional. Kelima faktor tersebut mempengaruhi tingkat manajemen dan penanganan risiko manajemen konstruksi di perusahaan konstruksi Malaysia.

3. Metodologi Penelitian

3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian
 Sumber : Analisis penulis, 2021

3.2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan dua cara yaitu data primer dan data sekunder yang digunakan untuk pengolahan data.

- a. Data primer, yaitu data yang diambil secara langsung dari objek sesuai sasaran peneliti, berupa kuisisioner, wawancara kepada pekerja, serta pengamatan langsung pelaksanaan K3 pada proyek.
- b. Data sekunder, yaitu data yang diambil secara tidak langsung oleh peneliti dari objek sasaran berupa data tertulis mengenai kegiatan pengendalian K3.

Rumus Random Sampling

Pengambilan sampel anggota populasi dilakukan secara acak, tanpa memperhatikan strata yang terdapat dalam populasi tersebut. Teknik pengambilan sampel ini dilakukan jika anggota populasi kecil dan dianggap homogen. Rumus pengambilan sampel untuk populasi yang sudah diketahui jumlahnya dapat menggunakan rumus Slovin [16] yaitu:

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \tag{3.1}$$

Keterangan :

- n = jumlah sampel
- N = jumlah populasi
- e = nilai kritis (batas ketelitian) yang diinginkan (kesalahan penarikan sampel)

3.3. Analisis Data dengan AMOS

Uji validitas adalah uji yang digunakan untuk menunjukkan sejauh mana alat ukur yang digunakan dalam suatu mengukur apa yang diukur. Reliabilitas menunjukan bahwa instrumen yang digunakan dalam penelitian dapat dipercaya sebagai alat pengumpulan data dan mampu mengungkap informasi yang sebenarnya di lapangan. Uji normalitas adalah uji statistik yang dilakukan untuk mengetahui sebaran sebuah data (berdistribusi normal atau tidak). Uji validitas, reliabilitas, dan normalitas dilakukan menggunakan program SEM AMOS.

Structural Equation Modeling (SEM) adalah alat statistik yang dipergunakan untuk

menyelesaikan model bertingkat secara serempak yang tidak dapat diselesaikan oleh persamaan regresi linear dan menyelesaikan model persamaan dengan variabel terikat lebih dari satu seta pengaruh timbal balik (*recursive*). SEM memiliki kemampuan untuk menggabungkan *measurement model* dan *structural model* secara simultan dan dapat menguji pengaruh langsung dan tidak langsung. *Software* pengolah data yang digunakan adalah AMOS dengan tahapan permodelan sebagai berikut:

- a. Pengembangan model teoritis
- b. Pengembangan diagram alur
- c. Konversi diagram alur ke persamaan struktural dan model pengukuran
- d. Memilih jenis matrik dan estimasi model
- e. Menilai identifikasi model struktural
- f. Menilai kriteria *Goodness of Fit*
- g. Interpretasi dan memodifikasi model

4. Analisis dan Pembahasan

4.1. Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan bertujuan untuk meninjau lokasi proyek yang akan dijadikan sebagai objek penelitian. Proyek dapat dijadikan sebagai objek penelitian oleh penulis yaitu bangunan gedung dan harus memiliki jumlah pekerja yang cukup untuk dijadikan objek penelitian (terdapat ± 50 pekerja), serta melakukan perizinan kepada kepala proyek *The Canary Apartement* agar bersedia menjadi objek penelitian.

4.2. Penyebaran Kuesioner Tahap 1

validasi kuesioner oleh pakar bertujuan untuk mengecek kelayakan indikator dan variabel pada kuesioner yang telah disusun oleh penulis. Tahap validasi kuesioner diambil oleh pakar yang berjumlah ganjil (3 orang ahli) untuk memudahkan penulis dalam menentukan keputusan akhir. Responden pada tahap ini yaitu akademisi atau praktisi yang memiliki pengalaman di bidang teknik sipil > 5 tahun. Berdasarkan validasi pakar, semua variabel penelitian dinyatakan valid dan dapat digunakan pada tahapan analisis selanjutnya.

Tabel 1. Variabel Penelitian

No.	Variabel	Kode	Sumber
1	Kontraktor		
1.1	Pelaksanaan tidak sesuai jadwal	K1	Shakil Ahmed, 2019 [14]
1.2	Tidak peduli masalah terkait K3	K2	Erni Kurniawati, 2018 [17], Dongfack G. C. Jamot, 2019 [18]
1.3	Tidak bersedia mengeluarkan biaya	K3	Ibnu Hadi Purwantomo, 2019 [13]

No.	Variabel	Kode	Sumber
1.4	terkait keselamatan Kurangnya keahlian dan pengalaman kontraktor	K4	Taofeeq D. M., 2020 [15], Taofeeq D. M., 2020 [19]
1.5	Melanggar kebijakan atau peraturan pemerintah	K5	Taofeeq D. M., 2020 [15], Taofeeq D. M., 2020 [19]
1.6	Tindakan kontraktor yang ceroboh	K6	Saloni Waruwu, 2016 [20], Taofeeq D. M., 2020 [19]
1.7	Tidak melakukan pelatihan K3 kepada pekerja	K7	Ibnu Hadi Purwantomo, 2019 [13], Erni Kurniawati, 2018 [17]
1.8	Peraturan K3 yang sulit dimengerti	K8	Ibnu Hadi Purwantomo, 2019 [13], Erni Kurniawati, 2018 [17]
2	Lingkungan Kerja		
2.1	Kondisi lokasi proyek	L1	Saloni Waruwu, 2016 [20], Shakil Ahmed, 2019 [14]
2.2	Tata letak/ruang situs proyek	L2	Erni Kurniawati, 2018 [17], Saloni Waruwu, 2016 [20]
2.3	Lingkungan kerja proyek	L3	Saloni Waruwu, 2016 [20], John Smallwood, 2016 [21]
2.4	Perawatan yang buruk	L4	Apriyan, J., 2017 [22], John Smallwood, 2016 [21]
2.5	Rambu-rambu kurang jelas	L5	Ibnu Hadi Purwantomo, 2019 [13], Erni Kurniawati, 2018 [17]
2.6	Kerapihan penyimpanan alat	L6	Ibnu Hadi Purwantomo, 2019 [13], Erni Kurniawati, 2018 [17]
2.7	Kerapihan penyimpanan bahan berbahaya	L7	Ibnu Hadi Purwantomo, 2019 [13], Erni Kurniawati, 2018 [17]
3	Bahaya		
3.1	Jatuh dari ketinggian	B1	Apriyan, J., 2017 [22], Novita Sari, 2016 [23]
3.2	Tertimpa bahan dan alat konstruksi	B2	Faisal Abdullatif, 2018 [4], Apriyan, J., 2017 [22], Novita Sari, 2016 [23]
3.3	Cidera dan luka	B3	Apriyan, J., 2017 [22], Novita Sari, 2016 [23]
3.4	Kurang memahami K3	B4	Ibnu Hadi Purwantomo, 2019 [13], Erni Kurniawati, 2018 [17]
3.5	Mengabaikan peraturan K3	B5	Ibnu Hadi Purwantomo, 2019 [13], Erni Kurniawati, 2018 [17]
3.6	Bekerja dengan tidak serius	B6	Ibnu Hadi Purwantomo, 2019 [13], Erni Kurniawati, 2018 [17]
3.7	Kurang komunikasi	B7	Ibnu Hadi Purwantomo, 2019 [13], Erni Kurniawati, 2018 [17]
3.8	Menggunakan peralatan tidak standar	B8	Ibnu Hadi Purwantomo, 2019 [13], Erni Kurniawati, 2018 [17]

Sumber : Analisa penulis, 2021

Tabel 2. Data Pakar

Pakar	Pendidikan Terakhir	Profesi	Pengalaman (Tahun)	Jabatan
P1	S2	Praktisi	20	Staff Dinas PUPR
P2	S1	Praktisi	10	Site Engineer
P3	S3	Akademisi	17	Dosen Jurusan Teknik Sipil

Sumber : Analisa penulis, 2021

4.3 Penyebaran Kuesioner Tahap 2

Penyebaran kuesioner tahap 2 dilakukan kepada responden di proyek konstruksi *The Canary Apartement* yang dikerjakan oleh PT. Abadi Prima Intikarya. Pada konstruksi ini jumlah pekerja 50 orang, dengan asumsi kesalahan sebesar 5%, berdasarkan rumus Slovin didapatkan jumlah sampel minimum 45 orang. Kuesioner yang telah disebarakan yaitu 50 kuesioner, sebanyak 48 kuesioner yang kembali dan 2 kuesioner tidak kembali.

Tabel 3. Karakteristik Responden

Pengalaman Kerja			
No.	Tahun	Jumlah	Persentase
1	1 – 5	18	37,5 %
2	6 – 10	15	31,25 %
3	> 11	15	31,25 %
	Total	48	100 %
Pendidikan Terakhir			
No.	Pendidikan	Jumlah	Persentase
1	S1	4	8,33 %

2	D1 – D3	4	8,33 %
3	SMK/SMA	23	47,92 %
4	SMP	9	18,75 %
5	SD	8	16,67 %
	Total	48	100 %

Usia

No.	Usia (Tahun)	Jumlah	Persentase
1	20 – 30	29	60,42 %
2	31 – 40	14	29,17 %
3	> 40	5	10,41 %
	Total	48	100 %

Sumber : Analisa penulis, 2021

Berdasarkan persentase dominan dapat dikatakan bahwa proyek konstruksi ini tidak terlalu mementingkan pekerja dengan pengalaman kerja yang banyak dan juga tidak mengutamakan pekerja dengan tingkat pendidikan yang tinggi melainkan lebih mengutamakan pekerja dengan usia yang produktif dengan mengandalkan bimbingan staf yang berpengalaman.

4.3. Hasil Uji Statistik Data Kuesioner

4.3.1. Uji Validitas

Validitas memiliki arti sejauh mana ketepatan dan kecermatan suatu alat ukur dalam melakukan fungsi ukurannya. Pengujian validitas bertujuan untuk mengukur sah atau tidaknya suatu kuesioner. Cara menentukan

kevalidan suatu item yaitu nilai *Critical Ratio* (C.R.) > 1,96 dan nilai *Probability* (P) < 0,05 maka pertanyaan berkorelasi signifikan terhadap skor total (dinyatakan valid)[24]. Hasil uji validitas dapat dilihat pada **Tabel 4** berikut ini.

Tabel 4. Uji validitas

Kode	Indikator	C.R.	P	Keterangan
K1	Pelaksanaan tidak sesuai jadwal	10,617	0,000	Valid
K2	Tidak peduli masalah terkait K3	10,617	0,000	Valid
K3	Tidak bersedia mengeluarkan biaya terkait keselamatan	8,581	0,000	Valid
K4	Kurangnya keahlian dan pengalaman kontraktor	2,655	0,008	Valid
K5	Melanggar kebijakan atau peraturan pemerintah	5,200	0,000	Valid
K6	Tindakan kontraktor yang ceroboh	2,312	0,021	Valid
K7	Tidak melakukan pelatihan K3 kepada pekerja	5,359	0,000	Valid
K8	Peraturan K3 yang sulit dimengerti	1,209	0,227	Tidak Valid

Kode	Indikator	C.R.	P	Keterangan
L1	Kondisi lokasi proyek tidak aman	3,448	0,000	Valid
L2	Akses disekitar lingkungan kerja sulit diakses	3,448	0,000	Valid
L3	Kondisi lingkungan kerja sangat bising dan panas	3,291	0,000	Valid
L4	Kebersihan lingkungan kerja tidak terjaga	3,383	0,000	Valid
L5	Rambu-rambu K3 pada proyek tidak jelas	3,203	0,001	Valid
L6	Kondisi penyimpanan alat tidak rapih	3,329	0,000	Valid
L7	Penyimpanan bahan-bahan berbahaya tidak sesuai tempat	3,337	0,000	Valid

Kode	Indikator	C.R.	P	Keterangan
B1	Jatuh dari ketinggian	7,974	0,000	Valid
B2	Tertimpa bahan dan alat konstruksi	7,974	0,000	Valid
B3	Cidera dan luka	7,625	0,000	Valid
B4	Kurang memahami K3	4,914	0,000	Valid
B5	Mengabaikan peraturan K3	7,383	0,000	Valid
B6	Bekerja dengan tidak serius	8,486	0,000	Valid
B7	Kurang komunikasi	6,275	0,000	Valid
B8	Menggunakan peralatan tidak standar	6,090	0,000	Valid

Sumber : Analisa penulis, 2021

Berdasarkan **Tabel 4**, terdapat satu buah indikator yaitu peraturan K3 yang sulit dimengerti (K8) dinyatakan tidak valid karena memiliki nilai C.R. < 1,96 dan P > 0,05, maka indikator tersebut dapat dihapus pada pengujian selanjutnya. Sedangkan indikator lainnya telah memenuhi persyaratan maka dinyatakan valid.

4.3.2. Uji Reliabilitas

Reliabilitas digunakan dalam penelitian untuk memperoleh informasi yang digunakan dapat dipercaya sebagai alat pengumpulan data dan mampu mengungkap informasi sebenarnya di lapangan. Tinggi rendahnya reliabilitas ditunjukkan oleh suatu angka yang disebut nilai *Construct Reliability* (CR). Jika CR antara 0,70 – 0,90 (reliabilitas tinggi), CR 0,50 – 0,70 (reliabilitas moderat), CR < 0,50 (reliabilitas rendah). Rumus menentukan nilai reabilitas yaitu sebagai berikut :

$$Construct\ Reliability\ (CR) = \frac{[\sum_{i=1}^n \gamma_i]^2}{[\sum_{i=1}^n \gamma_i]^2 + [\sum_{i=1}^n \delta_i]}$$

Tabel 5. Uji reliabilitas variabel kontraktor

Hubungan	Standard loading (λ)	Standard loading (λ) ²	error	P
K1 ← Kontraktor	0,847	0,717	0,283	0,000
K2 ← Kontraktor	0,996	0,992	0,008	0,000
K3 ← Kontraktor	0,906	0,821	0,179	0,000
K4 ← Kontraktor	0,372	0,138	0,862	0,008
K5 ← Kontraktor	0,666	0,444	0,556	0,000
K6 ← Kontraktor	0,327	0,107	0,893	0,022
K7 ← Kontraktor	0,681	0,464	0,536	0,000
Jumlah	4,795	3,683	3,317	

Sumber : Analisa penulis, 2021

$$CR = \frac{(\sum \lambda)^2}{(\sum \lambda)^2 + \sum Error}$$

$$= \frac{(4,795)^2}{(4,795)^2 + 3,317} = 0,874$$

Tabel 6. Uji reliabilitas variabel lingkungan

Hubungan	Standard loading (λ)	Standard loading (λ) ²	error	P
L1 ← Lingkungan	0,514	0,264	0,736	0,000
L2 ← Lingkungan	0,722	0,521	0,479	0,000
L3 ← Lingkungan	0,662	0,438	0,562	0,000
L4 ← Lingkungan	0,784	0,615	0,385	0,000
L5 ← Lingkungan	0,750	0,563	0,438	0,000
L6 ← Lingkungan	0,835	0,697	0,303	0,000
L7 ← Lingkungan	0,866	0,750	0,250	0,000
Jumlah	5,133	3,848	3,152	

Sumber : Analisa penulis, 2021

$$CR = \frac{(\sum\lambda)^2}{(\sum\lambda)^2 + \sum error} = \frac{(5,133)^2}{(5,133)^2 + 3,152} = 0,893$$

Tabel 7. Uji reliabilitas variabel bahaya K3

Hubungan	Standard loading (λ)	Standard loading (λ) ²	error	P
B1 ← Bahaya	0,860	0,740	0,260	0,000
B2 ← Bahaya	0,872	0,760	0,240	0,000
B3 ← Bahaya	0,842	0,709	0,291	0,000
B4 ← Bahaya	0,645	0,416	0,584	0,000
B5 ← Bahaya	0,829	0,687	0,313	0,000
B6 ← Bahaya	0,895	0,801	0,199	0,000
B7 ← Bahaya	0,763	0,582	0,418	0,000
B8 ← Bahaya	0,744	0,554	0,446	0,000
Jumlah	6,450	5,249	2,751	

Sumber : Analisa penulis, 2021

$$CR = \frac{(\sum\lambda)^2}{(\sum\lambda)^2 + \sum error} = \frac{(6,450)^2}{(6,450)^2 + 2,751} = 0,938$$

Berdasarkan hasil, didapatkan bahwa ketiga variabel tersebut memiliki nilai CR lebih besar dari 0,700. Sehingga seluruh indikator pada variabel kontraktor, kondisi lingkungan, dan bahaya K3 dinyatakan memiliki reliabilitas tinggi.

4.3.3. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk memastikan data yang telah dikumpulkan berdistribusi normal. Pada pengujian ini nilai yang ditinjau yaitu nilai *skewness*, dikatakan normal jika memiliki nilai diantara ±2,58. Bila pada analisis *univariate* terdapat nilai yang diluar ±2,58 dapat ditoleransi jika nilai *multivariate* memiliki nilai diantara ±2,58.

Tabel 8. Uji normalitas variabel kontraktor

Kode	skew	c.r.	Keterangan
K1	1,378	3,897	Normal
K2	1,641	4,643	Normal
K3	1,514	4,283	Normal
K4	0,863	2,442	Normal
K5	1,344	3,802	Normal
K6	0,629	1,778	Normal
K7	1,781	5,038	Normal

Sumber : Analisa penulis, 2021

Tabel 9. Uji normalitas variabel lingkungan

Kode	skew	c.r.	Keterangan
L1	-1,367	-3,866	Normal
L2	-0,533	-1,508	Normal
L3	-0,570	-1,611	Normal
L4	-0,065	-0,185	Normal
L5	-0,490	-1,387	Normal
L6	-0,518	-1,466	Normal
L7	-0,466	-1,318	Normal

Sumber : Analisa penulis, 2021

Tabel 10. Uji normalitas variabel bahaya K3

Kode	skew	c.r.	Keterangan
B1	-0,722	-2,042	Normal
B2	-0,930	-2,630	Normal
B3	-0,748	-2,116	Normal
B4	-0,416	-1,176	Normal
B5	-0,615	-1,741	Normal
B6	-0,545	-1,540	Normal
B7	-0,663	-1,876	Normal
B8	-0,535	-1,514	Normal

Sumber : Analisa penulis, 2021

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai *skewness* setiap indikator pada tiap variabel berada pada rentang nilai ±2,58 maka indikator berdistribusi secara normal.

4.4. Hasil Analisis Permodelan AMOS

Analisis model dilakukan menggunakan aplikasi AMOS, untuk menganalisis dan menguji model sehingga dapat mengetahui besarnya pengaruh kontraktor dan kondisi lingkungan terhadap bahaya kesehatan dan keselamatan kerja (K3) dengan cara melihat jalur pada model struktural yang signifikan. Sugiyono[25] menyatakan acuan interpretasi koefisien korelasi sebagai berikut:

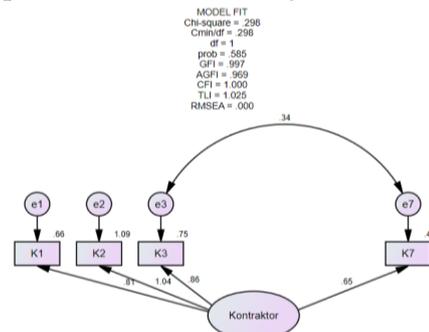
- 0,00 – 0,199 = sangat rendah
- 0,20 – 0,399 = rendah
- 0,40 – 0,599 = sedang
- 0,60 – 0,799 = kuat
- 0,80 – 1,000 = sangat kuat

4.4.1. Hubungan Antara Variabel dengan Indikator

Hubungan indikator terhadap variabel dapat diketahui dengan melakukan analisis model CFA. Analisis ini jika digabungkan dengan pengujian *goodness of fit* dapat menjadi gambaran indikator apa saja yang dominan berpengaruh pada analisis model struktural.

a. Variabel kontraktor

Pada pengujian CFA variabel kontraktor dilakukan modifikasi model sehingga didapatkan hasil model sebagai berikut.



Gambar 2. Hasil modifikasi uji CFA kontraktor
Sumber : Analisa penulis, 2021

Tabel 11. Goodness of fit variabel kontraktor

Goodness of fit Index	Cut of Value	Hasil Model	Evaluasi Model
Chi square	≤ 3,842	0,298	Good fit
GFI	≥ 0,90	0,997	Good fit
AGFI	≥ 0,90	0,969	Good fit
TLI	≥ 0,90	1,025	Good fit
CFI	≥ 0,90	1,000	Good fit
CMINDF	≤ 2,00	0,298	Good fit
P	≥ 0,05	0,585	Good fit
RMSEA	≤ 0,08	0,000	Good fit

Sumber : Analisa penulis, 2021

Tabel 12. Hasil standard loading modifikasi variabel kontraktor

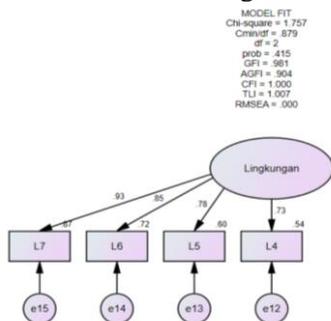
Hubungan	Standard loading (λ)	P
K1 ← Kontraktor	0,813	0,000
K2 ← Kontraktor	1,044	0,000
K3 ← Kontraktor	0,864	0,000
K7 ← Kontraktor	0,653	0,000
Jumlah	3,374	

Sumber : Analisa penulis, 2021

Berdasarkan hasil modifikasi, didapat nilai *standard loading factor* (λ) pada indikator pelaksanaan proyek tidak sesuai jadwal (K1), tidak peduli masalah terkait kesehatan dan keselamatan kerja (K2), tidak bersedia mengeluarkan biaya terkait keselamatan (K3) dan tidak melakukan pelatihan K3 kepada pekerja (K7) lebih besar dari 0,5 sehingga indikator tersebut berpengaruh dominan terhadap variabel kontraktor.

b. Variabel lingkungan

Pada pengujian CFA variabel lingkungan dilakukan modifikasi model sehingga didapatkan hasil model sebagai berikut.



Gambar 3. Hasil modifikasi uji CFA lingkungan
Sumber : Analisa penulis, 2021

Tabel 13. Goodness of fit variabel lingkungan

Goodness of fit Index	Cut of Value	Hasil Model	Evaluasi Model
Chi square	≤ 5,992	1,757	Good fit
GFI	≥ 0,90	0,981	Good fit
AGFI	≥ 0,90	0,904	Good fit
TLI	≥ 0,90	1,007	Good fit
CFI	≥ 0,90	1,000	Good fit
CMINDF	≤ 2,00	0,879	Good fit
P	≥ 0,05	0,415	Good fit
RMSEA	≤ 0,08	0,000	Good fit

Sumber : Analisa penulis, 2021

Tabel 14. Hasil standard loading modifikasi variabel lingkungan

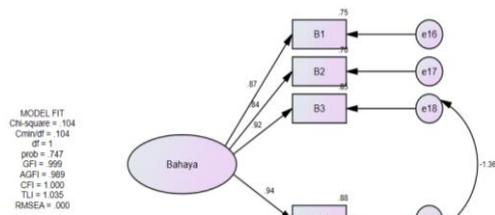
Hubungan	Standard loading (λ)	P
L4 ← Lingkungan	0,734	0,000
L5 ← Lingkungan	0,776	0,000
L6 ← Lingkungan	0,848	0,000
L7 ← Lingkungan	0,932	0,000
Jumlah	3,29	0,000

Sumber : Analisa penulis, 2021

Berdasarkan hasil modifikasi, didapat pada indikator kebersihan lingkungan kerja tidak terjaga (L4), rambu-rambu K3 pada proyek tidak jelas (L5), kondisi penyimpanan peralatan tidak rapih (L6), dan penyimpanan bahan yang berbahaya tidak sesuai tempat (L7) memiliki nilai *standard loading factor* (λ) lebih besar dari 0,5 sehingga berpengaruh dominan terhadap variabel lingkungan.

c. Variabel bahaya K3

Pada pengujian CFA variabel bahaya dilakukan modifikasi model sehingga didapatkan hasil model sebagai berikut.



Gambar 4. Hasil modifikasi uji CFA variabel bahaya K3
Sumber : Analisa penulis, 2021

Tabel 15. Goodness of fit variabel bahaya K3

Goodness of fit Index	Cut of Value	Hasil Model	Evaluasi Model
Chi square	≤ 3,842	0,104	Good fit
GFI	≥ 0,90	0,999	Good fit
AGFI	≥ 0,90	0,989	Good fit
TLI	≥ 0,90	1,035	Good fit
CFI	≥ 0,90	1,000	Good fit
CMINDF	≤ 2,00	0,104	Good fit
P	≥ 0,05	0,747	Good fit
RMSEA	≤ 0,08	0,000	Good fit

Sumber : Analisa penulis, 2021

Berdasarkan hasil analisa GOF dapat dilihat bahwa modifikasi model sudah memenuhi persyaratan seluruh indeks GOF sehingga model tersebut dapat diterima.

Tabel 16. Hasil standard loading modifikasi variabel bahaya K3

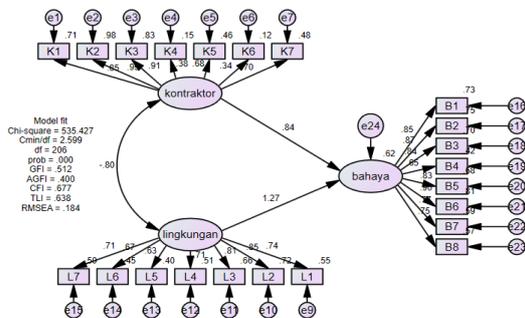
Hubungan	Standard loading (λ)	P
B1 ← Bahaya	0,867	0,000
B2 ← Bahaya	0,838	0,000
B3 ← Bahaya	0,923	0,000
B6 ← Bahaya	0,938	0,000
Jumlah	3,566	

Sumber : Analisa penulis, 2021

Berdasarkan hasil modifikasi, indikator terjatuh dari ketinggian (B1), tertimpa bahan dan alat konstruksi (B2), mengalami cedera dan luka (B3) dan pekerja tidak serius saat melakukan pekerjaan (B6) memiliki nilai *standard loading factor* (λ) yang lebih besar dari 0,5 sehingga dapat menjelaskan dan berpengaruh kuat terhadap variabel bahaya.

4.4.2. Hubungan Antar Variabel

Analisis model dilakukan menggunakan aplikasi AMOS dengan melihat jalur pada model struktural yang signifikan. Indikator yang telah dihilangkan pada pengujian statistik tidak digunakan kembali pada analisis model. Interpretasi koefisien korelasi digunakan untuk menentukan besar atau kecilnya pengaruh indikator dan variabel.



Gambar 5. Analisis Model Struktural
Sumber : Analisa penulis, 2021

Tabel 17. Koefisien jalur model struktural

Hubungan	Koefisien Jalur	C.r.	P-Value	Ket
Bahaya ← Kontraktor	0,836	2,931	0,003	Sig
Bahaya ← Lingkungan	1,272	4,242	0,000	Sig
Lingkungan ↔ Kontraktor	-0,800	-3,191	0,001	Marginal
K1 ← Kontraktor	0,845	10,407	0,000	Sig
K2 ← Kontraktor	0,988	10,407	0,000	Sig
K3 ← Kontraktor	0,912	8,628	0,000	Sig
K4 ← Kontraktor	0,383	2,713	0,007	Marginal
K5 ← Kontraktor	0,676	5,299	0,000	Sig
K6 ← Kontraktor	0,341	2,381	0,017	Marginal
K7 ← Kontraktor	0,695	5,485	0,000	Sig
L1 ← Lingkungan	0,740	5,905	0,000	Sig
L2 ← Lingkungan	0,848	5,905	0,000	Sig
L3 ← Lingkungan	0,813	5,556	0,000	Sig
L4 ← Lingkungan	0,714	4,423	0,000	Sig
L5 ← Lingkungan	0,635	3,818	0,000	Sig
L6 ← Lingkungan	0,672	4,017	0,000	Sig
L7 ← Lingkungan	0,710	4,194	0,000	Sig
B1 ← Bahaya	0,854	7,818	0,000	Sig
B2 ← Bahaya	0,866	7,818	0,000	Sig
B3 ← Bahaya	0,836	7,465	0,000	Sig
B4 ← Bahaya	0,651	4,966	0,000	Sig
B5 ← Bahaya	0,825	7,264	0,000	Sig
B6 ← Bahaya	0,901	8,490	0,000	Sig
B7 ← Bahaya	0,771	6,339	0,000	Sig
B8 ← Bahaya	0,753	6,157	0,000	Sig

Sumber : Analisa penulis, 2021

Pada variabel kontraktor terdapat dua indikator yang tidak berpengaruh signifikan yaitu kurangnya keahlian dan pengalaman kontraktor (K4) dan tindakan kontraktor yang ceroboh (K6). Hal tersebut dikarenakan nilai

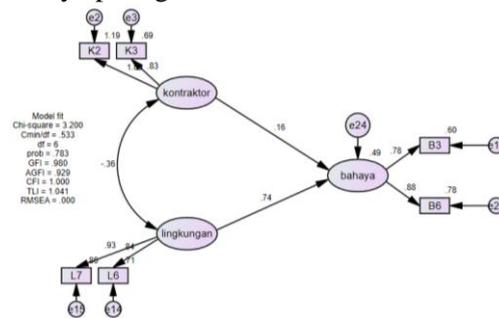
koefisien jalur < 0,5 maka dapat dihapus. Pada variabel lingkungan dan bahaya seluruh indikator berpengaruh signifikan karena nilai koefisien jalur > 0,5. Variabel kontraktor berpengaruh kuat terhadap variabel bahaya dengan nilai koefisien jalur sebesar 0,836. Variabel lingkungan berpengaruh sangat kuat terhadap variabel bahaya dengan nilai koefisien sebesar 1,272. Hubungan timbal balik antara kontraktor dengan kondisi lingkungan saling tidak berpengaruh dengan nilai koefisien jalur yang bernilai negatif sebesar -0,800.

Tabel 18. Goodness of fit model struktural

Goodness of fit Index	Cut of Value	Hasil Model	Evaluasi Model
Chi square	≤ 240,485	535,427	Marginal
GFI	≥ 0,90	0,512	Marginal
AGFI	≥ 0,90	0,400	Marginal
TLI	≥ 0,90	0,638	Marginal
CFI	≥ 0,90	0,677	Marginal
CMINDF	≤ 2,00	2,599	Marginal
P	≥ 0,05	0,000	Marginal
RMSEA	≤ 0,08	0,184	Marginal

Sumber : Analisa penulis, 2021

Berdasarkan hasil analisis *goodness of fit* dapat dilihat bahwa nilai pada model belum memenuhi persyaratan seluruh batasan indeks *goodness of fit* yang mengindikasikan bahwa model tersebut belum merupakan model yang baik, maka perlu dilakukan modifikasi model dengan menghilangkan beberapa indikator yang nilai koefisien jalurnya paling kecil.



Gambar 6. Analisis Modifikasi Model Struktural
Sumber : Analisa penulis, 2021

Tabel 19. Koefisien jalur modifikasi model struktural

Hubungan	Koefisien Jalur	C.r.	P-Value	Ket
Bahaya ← Kontraktor	0,160	1,254	0,210	Marginal
Bahaya ← Lingkungan	0,742	3,725	0,000	Sig
Lingkungan ↔ Kontraktor	-0,363	-2,298	0,022	Marginal
K2 ← Kontraktor	1,090	4,447	0,000	Sig
K3 ← Kontraktor	0,828	4,447	0,000	Sig
L6 ← Lingkungan	0,845	6,382	0,000	Sig
L7 ← Lingkungan	0,928	6,382	0,000	Sig
B3 ← Bahaya	0,777	4,585	0,000	Sig
B6 ← Bahaya	0,881	4,585	0,000	Sig

Sumber : Analisa penulis, 2021

Berdasarkan modifikasi, didapatkan bahwa indikator kontraktor yang paling dominan berpengaruh signifikan yaitu tidak peduli masalah terkait kesehatan dan keselamatan kerja (K2) dengan nilai koefisien jalur 1,090 dan tidak bersedia mengeluarkan biaya terkait keselamatan (K3) dengan nilai koefisien jalur 0,828. Indikator lingkungan yang paling dominan berpengaruh signifikan yaitu kondisi penyimpanan peralatan tidak rapih (L6) dengan nilai koefisien jalur 0,845 dan penyimpanan bahan-bahan yang berbahaya tidak sesuai tempat (L7) dengan nilai koefisien jalur 0,928. Indikator bahaya yang paling dominan berpengaruh signifikan yaitu mengalami cedera dan luka (B3) dengan nilai koefisien jalur 0,777 dan pekerja tidak fokus atau serius saat melakukan pekerjaan (B6) dengan nilai koefisien jalur 0,881. Variabel kontraktor tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel bahaya dengan nilai koefisien jalur 0,160. Variabel lingkungan berpengaruh signifikan terhadap variabel bahaya dengan nilai koefisien jalur 0,742. Hubungan timbal balik antara kontraktor dengan kondisi lingkungan saling tidak berpengaruh dengan nilai koefisien jalur dengan nilai -0,363. Selanjutnya dapat dilakukan pengecekan terhadap kelayakan model dengan menganalisis indeks GOF.

Tabel 20. Goodness of fit modifikasi model

Goodness of fit Index	Cut of Value	Hasil Model	Evaluasi Model
Chi square	≤ 12,592	3,200	Good fit
GFI	≥ 0,90	0,980	Good fit
AGFI	≥ 0,90	0,929	Good fit
TLI	≥ 0,90	1,041	Good fit
CFI	≥ 0,90	1,000	Good fit
CMINDF	≤ 2,00	0,533	Good fit
P	≥ 0,05	0,783	Good fit
RMSEA	≤ 0,08	0,000	Good fit

Sumber : Analisa penulis, 2021

Berdasarkan hasil analisa GOF dapat dilihat bahwa hasil fit model sudah memenuhi persyaratan indeks GOF sehingga dapat dikatakan bahwa modifikasi model tersebut dapat digunakan sebagai model struktural yang baik.

4.4.3. Analisis Korelasi Ganda

Analisis korelasi ganda berfungsi untuk mencari besarnya hubungan antara variabel independen (X) dan variabel dependen (Y). Nilai $r_{X1} = 0,160$; $r_{X2} = 0,742$; $r_{X1X2} = -0,363$.

Perhitungan :

$$R = \sqrt{\frac{r_{X1}^2 + r_{X2}^2 - 2(r_{X1})(r_{X2})(r_{X1X2})}{1 - (r_{X1X2}^2)}}$$

$$R = \sqrt{\frac{0,160^2 + 0,742^2 - 2(0,160)(0,742)(-0,363)}{1 - (-0,363^2)}}$$

$$R = 0,765$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai R berada diantara nilai r_{X1} dan r_{X2} . Dengan nilai koefisien relasi ganda (R), jumlah variabel independen (k), dan jumlah sampel (n), pengujian signifikansi terhadap koefisien korelasi ganda dihitung melalui rumus :

$$F_h = \frac{R^2/k}{(1 - R^2)/(n - k - 1)} \tag{4.1}$$

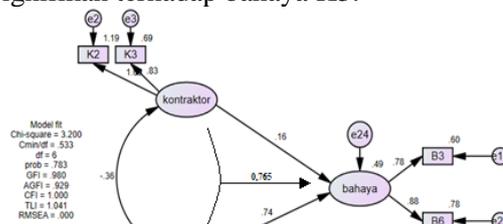
$$= \frac{0,765^2/2}{(1 - 0,765^2)/(48 - 2 - 1)} = 31,746$$

Nilai F_h selanjutnya dibandingkan dengan F_{tabel} dengan :

$$dk \text{ pembilang} = k = 2$$

$$dk \text{ penyebut} = (n - k - 1) = (48 - 2 - 1) = 45$$

Berdasarkan tabel F dengan signifikansi 5% dan nilai dk diatas, didapatkan nilai F_{tabel} sebesar 3,20. Maka nilai $F_{hitung} (31,746) > F_{tabel} (3,20)$, sehingga pengaruh variabel kontraktor dan lingkungan berpengaruh signifikan terhadap bahaya K3.



Gambar 7. Analisis Korelasi Ganda
Sumber : Analisa penulis, 2021

4.5. Penanganan Bahaya Kesehatan dan Keselamatan Kerja Akibat Pengaruh Kontraktor dan Kondisi Lingkungan

Berdasarkan indikator yang berpengaruh besar terhadap terjadinya bahaya K3, pengendalian atau penanganan yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan alat pelindung diri, pengendalian administratif, dan pengendalian teknis [26].

Tabel 21. Penanganan bahaya K3

No	Penyebab	Bahaya	Penanganan
1.	Tidak peduli masalah terkait kesehatan dan keselamatan kerja (K2)	Pekerja tidak fokus atau serius saat melakukan pekerjaan (B6)	<ul style="list-style-type: none"> - Mengadakan sosialisasi peraturan K3 seperti rambu K3, APD dan <i>safety talk</i> (<i>breakdown</i> potensi kecelakaan kerja yang terjadi dan cara penanganannya pada setiap pekerjaan) - Memberikan pelatihan dan nasihat kepada pekerja mengenai K3 - Memberi sanksi kepada pekerja yang melanggar peraturan K3 - Penggunaan anggaran K3 sesuai dengan dokumen kontrak
2.	Tidak bersedia mengeluarkan biaya terkait keselamatan (K3)		<ul style="list-style-type: none"> - Menyediakan APD sesuai dengan standar dan ukuran para pekerja - Menyediakan asuransi kecelakaan kerja kepada pekerja - Evaluasi implementasi K3 oleh owner dan pengawas K3
3.	Kondisi penyimpanan peralatan tidak rapih (L6)	Mengalami cedera dan luka (B3)	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan pemilihan area penyimpanan alat sesuai aturan penyimpanan alat dan bahan - Melakukan pencatatan dan inspeksi setiap alat dan bahan yang masuk dan keluar dari gudang penyimpanan - Penerapan 5R (Ringkas, Rapih, Resik, Rawat dan Rajin) dilokasi proyek - Memisahkan bahan-bahan yang berbahaya dan beracun pada tempat khusus yang tertutup, sesuai dengan ketentuan produk
4.	Penyimpanan bahan-bahan yang berbahaya tidak sesuai tempat (L7)		<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan APD khusus sebelum masuk ke ruangan B3 - Tanda atau papan peringatan ditempat penyimpanan material B3

Sumber : Analisa penulis, 2021

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pada variabel kontraktor terdapat dua indikator yang paling dominan berpengaruh signifikan yaitu tidak peduli masalah terkait kesehatan dan keselamatan kerja (K2) dengan nilai koefisien jalur sebesar 1,090 dan tidak bersedia mengeluarkan biaya terkait keselamatan (K3) dengan nilai koefisien jalur sebesar 0,828. Selanjutnya pada variabel bahaya terdapat indikator yang paling dominan berpengaruh signifikan terhadap variabel kontraktor yaitu pekerja tidak fokus atau serius saat melakukan pekerjaan (B6) dengan nilai koefisien jalur sebesar 0,777.
- b. Pada variabel lingkungan terdapat dua indikator yang paling dominan berpengaruh signifikan yaitu kondisi penyimpanan peralatan tidak rapih (L6) dengan nilai koefisien jalur sebesar 0,845 dan penyimpanan bahan-bahan yang berbahaya tidak sesuai tempat (L7) dengan nilai koefisien jalur sebesar 0,928. Selanjutnya pada variabel bahaya terdapat dua indikator yang paling dominan berpengaruh signifikan terhadap variabel lingkungan yaitu mengalami cedera dan luka (B3) dengan nilai koefisien jalur sebesar 0,881.
- c. Penanganan untuk menghindari bahaya K3 paling dominan dapat dilakukan dengan cara mengadakan sosialisasi peraturan K3 seperti rambu K3, APD dan *safety talk*, penggunaan anggaran K3 sesuai dengan dokumen kontrak, menyediakan asuransi kecelakaan kerja kepada pekerja,

mengadakan sosialisasi peraturan K3 mengenai rambu K3, APD dan *safety talk* serta pelatihan K3, melakukan evaluasi implementasi K3 oleh owner dan pengawas K3, meningkatkan keamanan dan kerapihan lingkungan kerja, Penerapan 5R (Ringkas, Rapih, Resik, Rawat dan Rajin) dilokasi proyek, memisahkan B3 pada tempat khusus yang tertutup sesuai dengan ketentuan produk, dan menggunakan APD khusus sebelum memasuki ruangan B3.

Daftar Pustaka

- [1] Pemerintah RI, “Peraturan Pemerintah No 50 tahun 2012,” *Pemerintah RI*, p. 32, 2012.
- [2] Tarwaka, *Kesehatan dan Keselamatan Kerja Manajemen dan Implementasi K3 di Tempat Kerja*. Surakarta: HARAPAN PRESS, 2008.
- [3] Tarwaka, S. H. Bakri, and L. Sudiajeng, *Ergonomi Untuk Keselamatan Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Surakarta: HARAPAN PRESS, 2014.
- [4] F. Abdullatif, M. H. Zulfiar, and F. Monika, “Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Pembangunan Gedung Green Sedayu Apartement,” *Repos. UMY*, 2018.
- [5] PUSDATINAKER, *Ketenagakerjaan Dalam data 2019*. Jakarta: Kemnaker, 2020.
- [6] Bidang Pengolahan dan Analisis Data, *Ketenagakerjaan Dalam Data 2020*, 2nd ed. Jakarta: Pusat Data dan Informasi Ketenagakerjaan, 2020.
- [7] BAPPEDA Tangerang, *Kabupaten Tangerang dalam Angka 2021*, vol. 1. Tangerang: BPS Tangerang, 2012.

- [8] M. Jenks and R. Burgess, *Compact Cities: Sustainable Urban Forms for Developing Countries*. London: E & FN Spon, 2000.
- [9] W. Ervianto, *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi, 2002.
- [10] Kementerian Pekerjaan Umum RI, "Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2014 Tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (SMK3) Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum," in *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum*, 2014, p. 41.
- [11] A. Maddeppungeng, I. Suryani, D. N. Setiawati, and A. Rudiyanto, "Studi Lingkungan Kerja Dan Kesehatan Keselamatan Kerja Terhadap Kinerja Perusahaan Konstruksi Dalam Lingkup Dinas Cipta Karya, Bina Marga, Dan Sumberdaya Air Provinsi Banten," *J. Fondasi*, vol. 6, no. 1, 2017.
- [12] D. Langford, S. Rowlinson, and E. Sawacha, "Safety behavior and safety management: its influence on the attitudes of workers in the UK construction industry," *Eng. Constr. Archit. Manag.*, pp. 133–140, 2000.
- [13] I. H. Purwantomo and Solehan, "Analisa Bahaya Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Proyek Konstruksi Bangunan," 2019.
- [14] S. Ahmed, "Causes and effects of accident at construction site: A study for the construction industry in Bangladesh," *Int. J. Sustain. Constr. Eng. Technol.*, vol. 10, no. 2, pp. 18–40, 2019.
- [15] T. D. Moshood, A. Q. Adeleke, G. Nawanir, and F. Mahmud, "Ranking of human factors affecting contractors' risk attitudes in the Malaysian construction industry," *Soc. Sci. Humanit. Open*, vol. 2, no. 1, p. 100064, 2020.
- [16] Priyono, *Metode Penelitian Kuantitatif*. Surabaya: Zifatama Publishing, 2016.
- [17] E. Kurniawati, "Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Proyek Konstruksi di Kota Bandung," *E-journal UAJY*, vol. 2, no. January, p. 6, 2018.
- [18] D. G. C. Jamot and J. Y. Park, "System theory based hazard analysis for construction site safety: A case study from Cameroon," *Saf. Sci.*, vol. 118, no. June, pp. 783–794, 2019.
- [19] D. M. Taofeeq, A. Q. Adeleke, and C. K. Lee, "The synergy between human factors and risk attitudes of Malaysian contractors': Moderating effect of government policy," *Saf. Sci.*, vol. 121, no. August 2019, pp. 331–347, 2020.
- [20] S. Waruwu and F. Yuamita, "Analisis Faktor Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) yang Signifikan Mempengaruhi Kecelakaan Kerja Pada Proyek Pembangunan Apartement Student Castle," *Spektrum Ind.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–108, 2016.
- [21] J. Smallwood, "The Impact of a Client Contractor Health and Safety (H&S) Programme on Contractor H&S Performance," *Procedia Eng.*, vol. 196, no. June, pp. 996–1002, 2017.
- [22] Apriyan, Setiawan, and Ervianto, "Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Proyek Bangunan Gedung Dengan Metode FMEA," *J. Muara Sains, Teknol. Kedokt. dan Ilmu Kesehat.*, vol. 1, no. 1, pp. 115–123, 2017.
- [23] N. Sari, E. Mulyani, and S. M. Nuh, "Manajemen Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pada Pekerjaan Konstruksi," *J. Mhs. Tek. Sipil Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 2, pp. 1–14, 2016, [Online]. Available: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/16159/14071>.
- [24] A. Maddeppungeng, E. Mina, and I. P. Dewi, "Pengembangan dan Uji Model Sumber Daya Proyek Kontruksi Terhadap K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja) dan Kinerja Perusahaan (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Kontruksi Offshore Provinsi Banten)," *J. Fondasi*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [25] S. A. & A. D. Nurwahyuni, Masdar Mas'ud, "Journal of Management Science (JMAS)," *J. Manag. Sci. (JMAS)*, vol. 1, no. 3, pp. 26–36, 2020.
- [26] OHSAS, "OHSAS 18001:2007 Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja - Persyaratan," *Ohsas*, pp. 1–19, 2007.

Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Serat Bambu dari Tusuk Gigi Sebagai Bahan Tambah

M. Nuklirullah¹, Haerul Pathoni², Ayu Wanda³

^{1,2}Dosen Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi

³Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi

Email : nuklirullah@unja.ac.id

Diterima redaksi: 15 September 2021 | Selesai revisi: 23 Januari 2022 | Diterbitkan online: 30 April 2022

ABSTRAK

Rendahnya nilai kuat tarik beton merupakan kelemahan terbesar yang dapat mengakibatkan konstruksi mudah retak jika mendapatkan tegangan tarik. Salah satu jenis penelitian dalam upaya memperbaiki kelemahan beton yaitu dengan cara menambahkan serat dengan harapan bisa memaksimalkan nilai kuat tarik beton. Penggunaan serat pada penelitian ini yaitu serat bambu. Untuk menjamin keseragaman bentuk dan ukuran serat maka digunakan serat bambu yang telah diolah dalam bentuk tusuk gigi. Tusuk gigi yang digunakan berdiameter 1,5 mm dan panjang 25mm. Penelitian ini menggunakan beberapa persentase serat yaitu 0,5%; 1,0%; 1,5% dan 2,0% terhadap volume beton. Pengujian yang dilakukan ialah uji slump, kuat tekan dan kuat tarik belah. Uji kuat tekan dan kuat tarik belah dilaksanakan ketika beton berumur 28 hari. Hasil penelitian ini menampilkan bahwa beton mencapai kuat tekan maksimum pada persentase serat 1,0% sebesar 34,90 MPa dengan kenaikan sebesar 31,20% dari beton normal dan nilai kuat tarik belah mencapai nilai maksimum pada persentase serat 0,5% sebesar 4,01 MPa dengan kenaikan sebesar 22,76% daripada beton normal. Hubungan empiris kuat tekan dan kuat tarik belah pada variasi serat 0,5%; 1,0%; 1,5% dan 2,0% adalah $0,76\sqrt{f_c}$; $0,51\sqrt{f_c}$; $0,54\sqrt{f_c}$ dan $0,54\sqrt{f_c}$.

Kata kunci: Beton, bambu, tusuk gigi, kuat tekan, kuat tarik belah

ABSTRACT

The low value of the tensile strength of concrete is the biggest weakness that can cause the construction to crack easily if it is subjected to tensile stress. One type of research in an effort to improve the weakness of concrete is by adding fiber which is expected to increase the tensile strength of the concrete. In this study, the fiber used is bamboo fiber. To ensure uniformity in the shape and size of the fibers, bamboo fibers that have been processed in the form of toothpicks are used. The toothpicks used are 1.5 mm in diameter and 25mm long. This study uses several percentages of fiber, namely 0.5%; 1.0%; 1.5% and 2.0% by volume of concrete. The test carried out is the slump test, compressive strength and split tensile strength. The compressive strength and split tensile strength tests were tested when the concrete was 28 days old. The results of this study indicate that the concrete reaches a maximum compressive strength at a fiber percentage of 1.0% of 34.90 MPa with an increase of 31.20% from normal concrete and the split tensile strength value reaches a maximum value at a percentage of 0.5% fiber of 4, 01 MPa with an increase of 22.76% than normal concrete. The empirical relationship between compressive strength and split tensile strength at fiber variation is 0.5%; 1.0%; 1.5% and 2.0% is $0.76\sqrt{f_c}$; $0.51\sqrt{f_c}$; $0.54\sqrt{f_c}$ and $0.54\sqrt{f_c}$.

Keywords: Concrete, bamboo, toothpicks, compressive strength, split tensile strength)

1. Pendahuluan

Kuat tekan beton dapat didefinisikan beban tekan aksial yang ditahan benda uji beton silinder sampai terjadi kerusakan dinyatakan dengan cara membagi nilai beban maksimum yang mampu ditahan selama pengujian terhadap luas benda uji [1]. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu beton. Setiap peningkatan kuat tekan hanya diiringi dengan kenaikan kuat tarik yang relative kecil. Nilai kekuatan tarik berada antara 9% - 15% dari kuat tekan [2]. Nilai kekuatan tarik beton yang rendah merupakan kelemahan terbesar yang dapat menghasilkan konstruksi mudah retak jika mendapatkan tegangan tarik.

Saat ini baja tulangan digunakan untuk menahan kekuatan tarik tetapi belum memberikan hasil yang sangat memuaskan karena masih sering ditemukan keretakan halus pada beton.

Berbagai penelitian telah dilakukan dalam upaya memperbaiki kelemahan beton, tidak terkecuali dengan menambahkan serat. Ide dasar tentang penambahan serat yaitu untuk memasang tulangan dalam bentuk serat pada beton yang disebarkan secara *random* untuk mencegah terjadinya keretakan akibat pembebanan. Serat bambu memiliki serat sklerenkim di batangnya yang menyebabkan bambu memiliki kekuatan sebagai bahan bangunan. Selain itu, bambu juga memiliki kekuatan tarik yang lumayan besar hingga beberapa macam bambu kekuatan tariknya mampu melampaui kekuatan tarik baja dan mempunyai elastisitas yang relatif tinggi [3]. Oleh karena itu dalam penelitian ini serat yang dipakai adalah serat bambu. Kerja serat sangat efektif ketika ditempatkan dalam sejajar, tidak tumpang tindih dan seragam sehingga mampu meningkatkan perilaku terhadap keruntuhan beton [3]. Untuk memastikan keseragaman dalam bentuk dan ukuran serat, penelitian ini menggunakan bambu yang telah diolah menjadi tusuk gigi. Penelitian

ini meliputi uji kuat tekan dan uji kuat tarik belah pada beton dengan variasi serat tusuk gigi bambu.

2. Tinjauan Pustaka

Beton serat adalah jenis beton yang terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan sisa serat [4]. Beton serat merupakan bahan komposit yang mengandung serat dalam campuran beton yang didistribusikan secara acak sehingga sifat-sifatnya akan tergantung pada efisiensi penerimaan tegangan antara matriks dan serat yang sebagian besar dipengaruhi oleh jenis serat, ukuran serat, kandungan serat dan teknik dispersi serat, pencampuran dan pemadatan, ukuran dan bentuk agregat [5]. Serat pada beton berfungsi untuk mengurangi potensi terjadinya keretakan sehingga beton serat menjadi lebih daktail dibandingkan beton konvensional⁶. Penambahan serat pada beton bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tarik beton karena kekuatan tarik beton sangat rendah. Kekuatan tarik yang rendah menghasilkan retak beton dengan mudah, sehingga memengaruhi ketahanan beton. Dengan adanya penambahan serat, ternyata ketahanan beton terhadap retak meningkat [7].

Bambu merupakan sejenis tanaman rumput yang memiliki rongga dan ruas pada batangnya. Bambu adalah tanaman yang termasuk ordo *Bambooniae*. Bambu tumbuh relatif cepat dan bisa dipanen ketika berusia 3 tahun. Pada masa pertumbuhan, bambu dapat tumbuh 5 cm per jam atau sekitar 120 cm per hari. Usia panen yang relatif cepat memunculkan harapan bahwa penggunaan bambu guna memenuhi berbagai kebutuhan dapat terpenuhi. Bambu memiliki berbagai manfaat, salah satunya ialah sebagai material konstruksi. Bambu sangat cocok sebagai material konstruksi karena memiliki struktur yang kuat, ringan dan fleksibel. Selain itu, bambu juga memiliki kekuatan

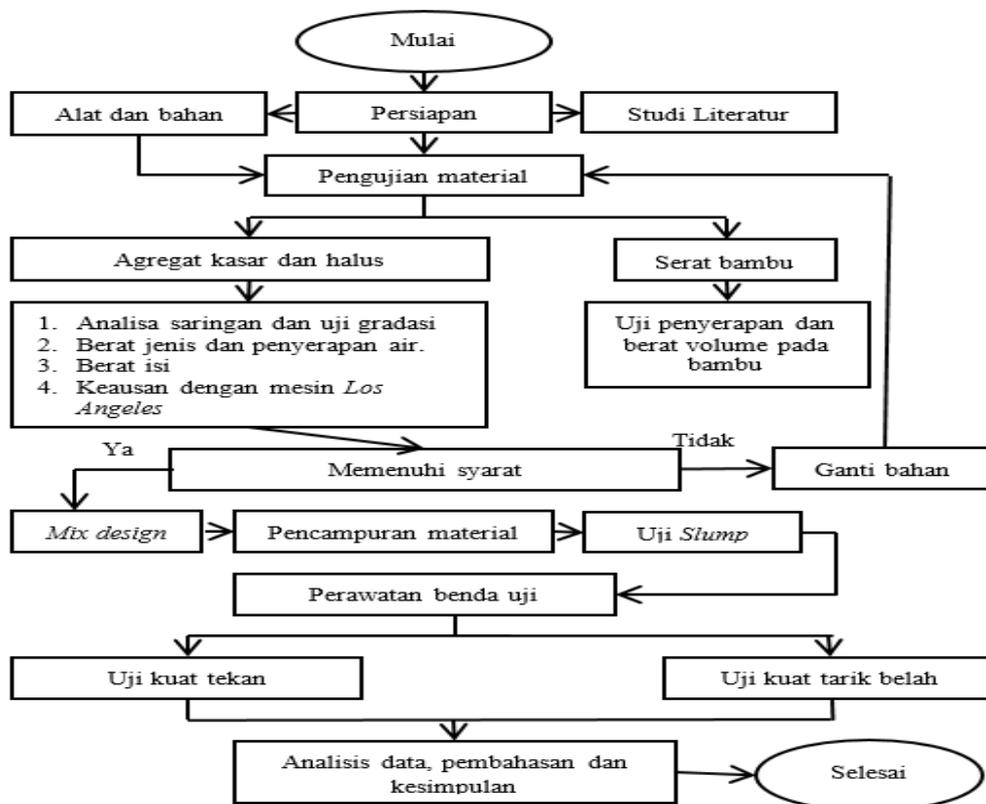
tarik yang kuat Bahkan beberapa jenis bambu memiliki kekuatan tarik yang lebih besar dari baja dan elastisitas yang cukup tinggi [3].

Kualitas bambu memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan serat beton. Serat meningkatkan karakteristik beton dengan mengurangi ruang antara serat dalam campuran beton. Hal ini menyebabkan beton menjadi lebih efektif dalam membatasi ukuran retakan dan mencegah pertumbuhannya. Ketika digunakan bersama dengan media lain, kerja serat sangat efektif. Pekerjaan serat sangat efektif bila disusun berjajar, berjarak seragam, dan tidak tumpang tindih, untuk meningkatkan perilaku keruntuhan beton [3]. Untuk memastikan keseragaman dalam bentuk dan ukuran beton, penelitian ini menggunakan bambu yang telah diolah menjadi tusuk gigi.

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini memakai metode eksperimental yaitu melaksanakan pengujian di laboratorium dengan membuat benda uji untuk menentukan pengaruh serat bambu sebagai tambahan untuk kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah. Kekuatan tekan beton yang direncanakan ialah $f'_c = 25$ MPa. Serat bambu yang dipakai berupa tusuk gigi sepanjang 25 mm dan diameter 1,5 mm dengan persentase serat tusuk gigi bambu terhadap volume beton adalah 0,5%; 1,0%; 1,5% dan 2,0%. Campuran beton juga ditambahkan *superplasticizer* berupa Sikament NN sebanyak 1,0% dari jumlah semen untuk meningkatkan workabilitas. Penelitian ini memakai 15 benda uji pada uji kuat tekan dan 15 buah pada uji kuat tarik belah dan diuji saat beton berumur 28 hari

Tahapan pada penelitian ini terdapat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Pengujian Agregat Halus

Agregat halus harus memenuhi standar yang ada agar bisa dipakai sebagai bahan

beton. Hasil pengujian yang dibandingkan dengan standarnya dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Uji Agregat Halus

No.	Pengujian	Persyaratan	Standar	Hasil Pengujian	Keterangan
1.	Berat jenis	2,4 – 2,9	SNI 8321:2016	2,56	Memenuhi
2.	Penyerapan	< 5 %		1,68 %	Memenuhi
3.	Berat isi	0,4 – 1,9 g/cm ³		1,545 g/cm ³	Memenuhi
4.	Modulus Kehalusan	2,3 – 3,1		2,8	Memenuhi

Sumber: Hasil Analisa, 2021

4.2. Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar harus memenuhi standar yang ada agar dapat digunakan sebagai bahan beton. Hasil pengujian yang

dibandingkan dengan standarnya dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Uji Agregat Kasar

No.	Pengujian	Persyaratan	Standar	Hasil Pengujian	Keterangan
1.	Berat jenis	2,5 – 2,7	SNI 8321:2016	2,66	Memenuhi
2.	Penyerapan	< 3 %		1,325 %	Memenuhi
3.	Berat isi	1,2 – 2,8 g/cm ³		1,428 g/cm ³	Memenuhi
4.	Pengujian Abrasi	< 40 %	SNI 2417:2008	17,36 %	Memenuhi

Sumber: Hasil Analisa, 2021

4.3. Pengujian Tusuk Gigi

Pengujian yang dilakukan pada tusuk gigi ialah pengujian berat jenis dan penyerapan dan pengujian berat isi. Berdasarkan hasil pengujian didapat nilai rata-rata penyerapan air pada tusuk gigi ialah sebesar 25,867%, isi lepas tusuk gigi seberat 0,2915 g/cm³ dan isi padat seberat 0,348 g/cm³.

4.4. Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton ini dilakukan berdasarkan SNI 7656:2012 dan SNI 2847:2013. Proporsi campuran beton per 1 m³ dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Proposi campuran beton per 1 m³

Persentase serat	Agregat Kasar	Agregat Halus	Air	Semen	Sikament NN	Tusuk gigi
0 %						-
0,5 %	898,212 kg	824,27 kg	205 kg	417,52 kg	4,1752 kg	1,74 kg
1,0 %						3,48 kg
1,5 %						5,22 kg
2,0 %						6,96 kg

Sumber: Hasil Analisa, 2021

4.5. Nilai Slump dan Workability

Nilai slump menunjukkan *workability* beton. Nilai slump berhubungan pada tingkat keplastisan beton segar, jika beton semakin plastis maka pengerjaannya pun semakin mudah⁹. Pengujian *slump*

dilakukan pada setiap campuran adukan beton. Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan nilai slump seperti pada **Tabel 4**.

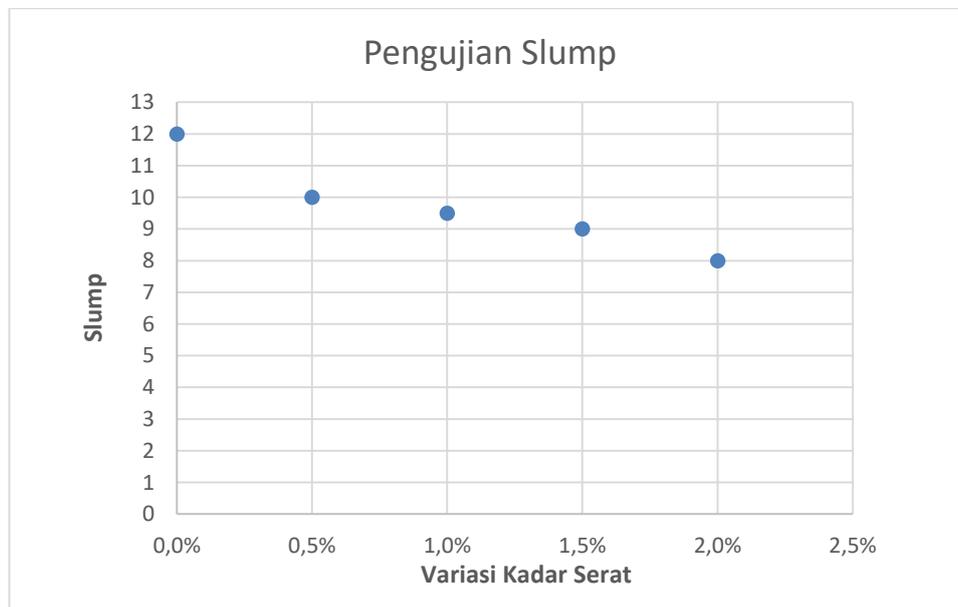
Tabel 4. Hasil Pengujian Slump

Persentase Serat	Nilai <i>slump</i> (cm)
0 %	12
0,5 %	10
1,0 %	9,5
1,5 %	9
2,0 %	8

Sumber: Hasil Analisa, 2021

Hasil pengujian slump memperlihatkan bahwa penambahan sangat berpengaruh pada workabilitas beton. Nilai uji slump menurun setiap penambahan serat, hal ini menunjukkan bahwa workabilitas beton menurun seiring bertambahnya jumlah serat.

Penurunan ini diakibatkan oleh penyerapan air yang dilakukan oleh serat cukup besar. Hubungan antara nilai slump terhadap persentase serat dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Hubungan Slump dan Variasi Persentase Serat

Sumber: Hasil Analisa, 2021

4.6. Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan terdapat pada Tabel 5. Mutu beton dinyatakan memenuhi syarat apabila rata-rata dari 3 hasil pengujian berturut memiliki nilai lebih besar atau sama dengan mutu yang direncanakan dan tidak ada hasil uji kuat tekan yang bernilai 3,5 MPa lebih rendah dari mutu rencana⁸. Berdasarkan aturan tersebut, maka data kuat tekan yang tercantum pada Tabel 5 dinyatakan memenuhi persyaratan.

Berdasarkan Tabel 5, diperoleh jika rata-rata nilai kuat tekan pada beton normal adalah 26,60 MPa dan kuat tekan rata-rata pada masing-masing campuran dengan persentas serat 0,5%; 1,0%; 1,5% dan 2,0% adalah 27,78 MPa; 34,90 MPa; 29,84 MPa dan 28,88 MPa. Hasil pengujian menampilkan kuat tekan beton dengan tambahan serat tusuk gigi bambu lebih tinggi daripada beton normal.

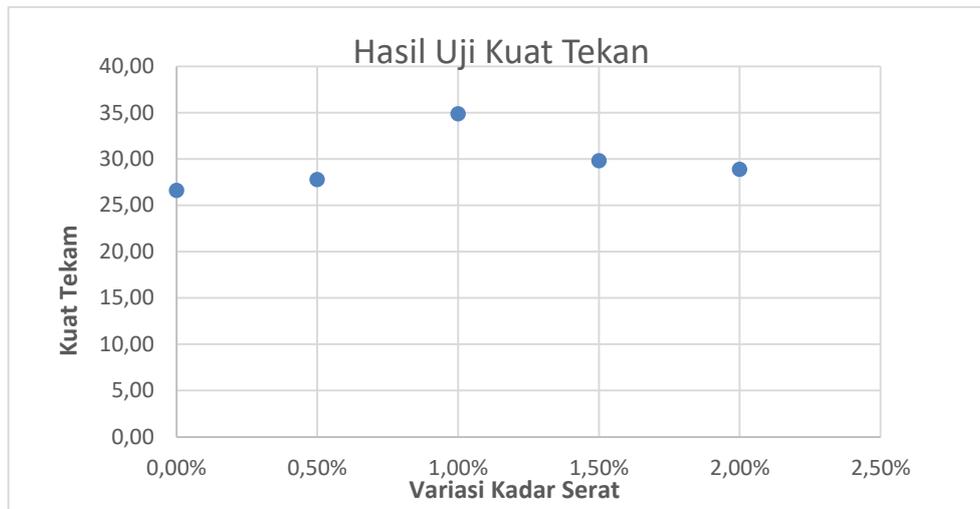
Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tekan

Kode Benda Uji	Kuat Tekan		
	kN	MPa	Rata-rata (MPa)
BN	498,48	28,22	26,60
	407,40	23,07	
	503,76	28,52	
BS 0,5	544,56	30,83	27,78
	482,40	27,31	
	444,84	25,19	
BS 1,0	587,16	33,24	34,90
	630,36	35,69	
	631,92	35,78	
BS 1,5	509,40	28,84	29,84
	563,64	31,91	
	507,96	28,76	
BS 2,0	601,92	34,08	28,88
	467,76	26,48	
	460,80	26,09	

Sumber: Hasil Analisa, 2021

Penambahan serat tusuk gigi bambu menyebabkan kenaikan kuat tekan rata-rata pada setiap campuran 0,5%; 1,0%; 1,5% dan 2,0% sebesar 4,44%; 31,20%; 12,18% dan 8,57% lebih tinggi dibandingkan beton normal. Kekuatan tekan tertinggi dicapai pada persentase serat 1,0% yaitu sebesar 31,20% dari kuat tekan beton normal. Berdasarkan hasil pengujian, persentase serat tusuk gigi bambu 1,0% merupakan

kadar serat tusuk gigi bambu paling optimum untuk meningkatkan kuat tekan. Kenaikan pada nilai kuat tekan beton diakibatkan oleh kemampuan serat tusuk gigi bambu dalam melawan retakan yang terjadi akibat beban lebih baik daripada beton normal. Grafik sebaran nilai kuat tekan terhadap persentase serat dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Sebaran kuat tekan terhadap persentase serat

Sumber: Hasil Analisa, 2021

4.7. Pengujian Kuat Tarik Belah

Hasil pengujian kuat tarik belah dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Kode	Kuat Tarik Belah		Rata-Rata (MPa)
	kN	MPa	
BN	215.80	3.05	3.27
	241.40	3.42	
	235.80	3.34	
BS 0,5	275.70	3.25	4.01
	281.60	3.48	
	293.40	3.30	
BS 1,0	215.80	3.05	3.03
	208.20	2.95	
	218.50	3.09	
BS 1,5	200.80	2.84	2,96
	206.80	2.93	
	218.90	3.10	
BS 2,0	199.90	2.83	2.91
	221.50	3.14	
	195.60	2.77	

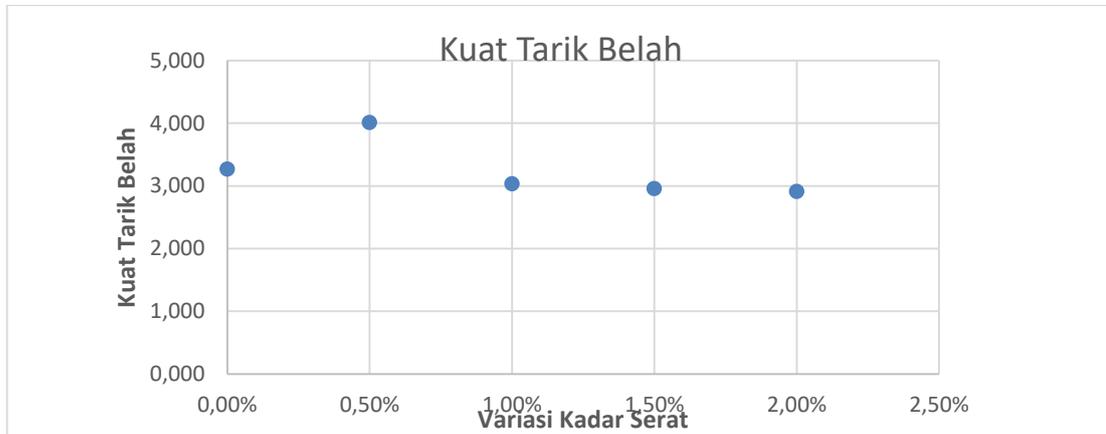
Sumber: Hasil Analisa, 2021

Berdasarkan **Tabel 6**, diketahui bahwa rata-rata nilai kuat tarik belah pada beton normal adalah 3,27 MPa dan nilai kuat tarik belah pada setiap campuran dengan persentase serat 0,5%; 1,0%; 1,5% dan 2,0% adalah 4,01 MPa; 3,03 MPa; 2,96 MPa dan 2,91 MPa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tarik belah naik pada beton

dengan persentase 0,5% kemudian turun pada persentase 1,0%; 1,5% dan 2,0%.

Kekuatan tarik belah hanya naik pada persentase serat 0,5% yaitu sebanyak 22,76% dari kuat tarik belah beton normal dan setelahnya menurun hingga lebih rendah daripada beton normal. Kenaikan kuat Tarik belah pada beton dengan persentase serat

0,5% menunjukkan bahwa pada persentase tersebut serat lebih mampu menahan retakan akibat beban tarik yang dialami beton.



Gambar 4. Sebaran Nilai Kuat Tarik Belah Terhadap Persentase Serat

Sumber: Hasil Analisa, 2021

Penurunan nilai kuat tarik belah pada beton dengan persentase serat 1,0%; 1,5% dan 2,0% terjadi akibat semakin besar persentase serat yang dicampurkan mengakibatkan turunnya workabilitas campuran beton yang mengakibatkan sulitnya pemadatan beton. Rongga akan terbentuk didalam campuran beton yang tidak terpadatkan secara sempurna sehingga

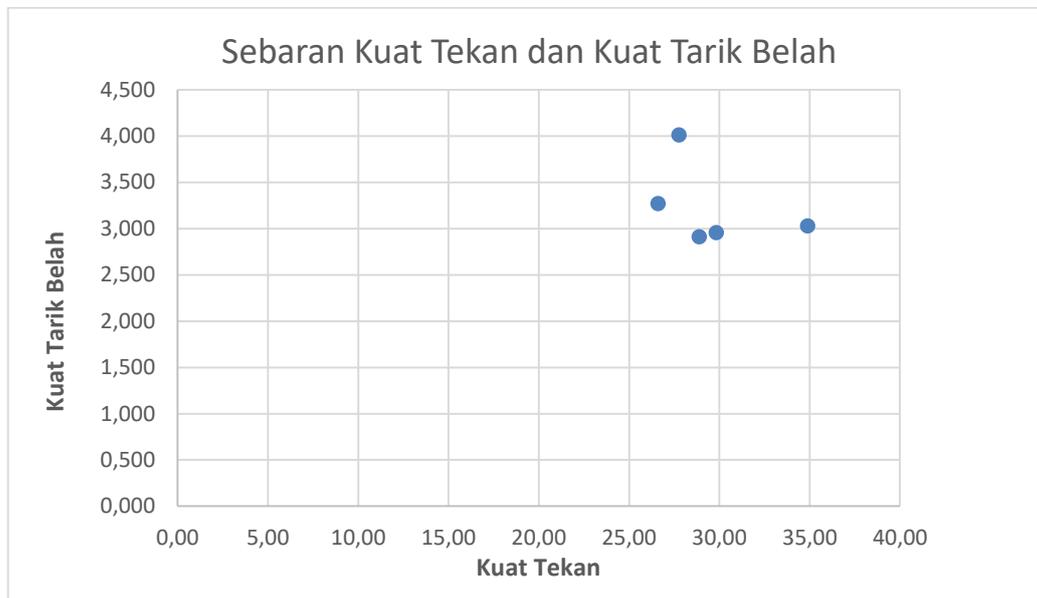
4.8. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

pada **Gambar 5** terdapat sebaran nilai kuat tekan dan kuat tarik belah menunjukkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah tidak mencapai nilai maksimum pada persentase serat yang sama dan kenaikan pada nilai kuat tekan pada persentase serat tertentu tidak selalu diiringi dengan kenaikan nilai kuat tarik belah dan begitu pula sebaliknya. Kuat tekan mencapai nilai maksimal di persentase 1,0% dan kuat tarik belah di persentase 0,5%.

Penelitian terdahulu mengenai beton serat bambu yang dilakukan oleh Suhardiman (2011) menampilkan kuat tekan maksimal dicapai pada beton dengan persentase serat 1,0% dengan kenaikan

beton menjadi kurang padat dan mengakibatkan turunnya nilai kuat tarik belah. Beton yang kurang padat juga menyebabkan lemahnya ikatan antara beton dan serat dalam menahan beban akibat tarik. Grafik sebaran nilai kuat tarik belah terhadap persentase serat terdapat pada **Gambar 4**.

kenaikan sebesar 17,85% dari beton normal dan kuat tarik belah maksimal dicapai pada beton dengan persentase serat 1,5% dengan kenaikan sebesar 30,58% dari beton normal [10]. Penelitian beton serat bambu juga dilakukan oleh Brindha (2017) dengan hasil kuat tekan maksimum pada persentase serat 1,0% dengan kenaikan sebesar 65% dari beton normal dan kuat tarik belah pada 1,5% dengan kenaikan sebesar 37,91% daripada beton normal [5]. Penelitian yang dilakukan oleh Suhardiman dan Brindha juga menunjukkan bahwa kenaikan pada nilai kuat tekan pada persentase serat tertentu tidak selalu diiringi dengan kenaikan nilai kuat tarik belah dan begitu pula sebaliknya.



Gambar 5. Sebaran Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan

Sumber: Hasil Analisa, 2021

Menurut (Neville, 2011), koefisien dapat menunjukkan hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah. Hubungan kuat tekan (f_c') dan kuat tarik belah (f_{ct}) secara empiris dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$f_{ct} = k\sqrt{f_c'}$$

Keterangan:

f_{ct} = Kuat tarik belah (MPa)

k = Koefisien perbandingan

f_c' = Kuat tekan (MPa)

Persamaan untuk menghitung kuat tarik belah berdasarkan kuat tekan dirangkum di

Tabel 7.

Tabel 7. Persamaan Kuat Tarik Belah

Persentase Serat	Persamaan Kuat Tarik Belah
0 %	$0,63\sqrt{f_c'}$
0,5 %	$0,76\sqrt{f_c'}$
1,0 %	$0,51\sqrt{f_c'}$
1,5 %	$0,54\sqrt{f_c'}$
2,0 %	$0,54\sqrt{f_c'}$

Sumber: Hasil Analisa, 2021

5. Kesimpulan Dan Saran

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan berikut diambil dari temuan penelitian:

1. Kuat tekan beton standar adalah 26,60 MPa, sedangkan beton dengan variasi serat tusuk gigi bambu 0,5%, 1,0%, 1,5%, dan 2,0% mempunyai kuat sebesar 27,78 MPa, 34,90 MPa, 29,84 MPa, dan 28,88 MPa. Kuat tarik belah

beton biasa adalah 3,27 MPa, sedangkan beton yang mengandung berbagai serat tusuk gigi bambu dengan persentase serat 0,5%, 1,0%, 1,5%, dan 2,0 % mempunyai kuat tarik belah 4,01 MPa, 3,03 MPa, 2,96 MPa, dan 2,91 MPa, masing-masing.

2. Dimasukkannya serat tusuk gigi bambu meningkatkan rata-rata kuat tekan masing-masing kombinasi sebesar 0,5

- persen; 1,0%; 1,5%, dan 2,0%, masing-masing, dibandingkan dengan beton biasa. Peningkatan kuat tekan beton disebabkan oleh kemampuan serat tusuk gigi bambu untuk menahan retak akibat beban lebih baik daripada beton standar.
3. Kuat tarik belah hanya meningkat sebesar 0,5% serat, atau 22,76 % dari kuat tarik belah beton biasa dan setelahnya menurun hingga lebih rendah daripada beton normal. Penurunan nilai kuat tarik belah pada persentase serat 1,0%; 1,5% dan 2,0% terjadi akibat semakin besar persentase serat yang dicampurkan mengakibatkan turunnya workabilitas campuran beton yang mengakibatkan sulitnya pemadatan beton. Rongga akan terbentuk didalam campuran beton yang tidak terpadatkan secara sempurna sehingga beton menjadi kurang padat dan mengakibatkan turunnya nilai kuat tarik belah. Beton yang kurang padat juga menyebabkan lemahnya ikatan antara beton dan serat dalam menahan beban akibat tarik.
 4. Hubungan empiris kuat tarik belah secara empiris terhadap kuat tekan pada masing-masing campuran dengan variasi serat tusuk gigi bambu 0,5%; 1,0%; 1,5% dan 2,0% adalah 0,76; 0,51; 0,54 dan 0,54 maka nilai kuat tarik belah beton berdasarkan nilai kuat tekannya berpersentase serat 0,5%; 1,0%; 1,5% dan 2,0% adalah $0,76\sqrt{f_c'}$; $0,51\sqrt{f_c'}$; $0,54\sqrt{f_c'}$; dan $0,54\sqrt{f_c'}$ untuk setiap campuran dengan.

5.2. Saran

Terdapat beberapa saran untuk menghasilkan penelitian yang semakin baik, yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian beton serat tusuk gigi bambu dengan ukuran serat yang lebih beragam.

2. Perlu dilakukan penelitian beton serat tusuk gigi bambu dengan persentase serat yang lebih beragam.
3. Perlu dilakukan penelitian beton serat tusuk gigi bambu dengan *admixture* jenis lain.

Daftar Pustaka

- [1] SNI. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*, 2011.
- [2] Mulyono, T. *Teknologi Beton*. Andi Publishing, 2014.
- [3] Ramadani, H. *Analisis Pengaruh Penambahan Serat Bambu Terhadap Kuat Tarik Belah Beton Dengan FAS 0,4 Dan FAS 0,6*. Universitas Medan Area. 2019.
- [4] ACI Committe 544. *State Of The Art Report On Fiber Reinforced Concrete-Report: ACI 544 IR-82*. Farmington Hills: American Concrete Institute, 1982.
- [5] Brindha, S. "Properties of Concrete Reinforced With Bamboo Fibre", *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 6, 3809. 2017.
- [6] T. Kardiyono. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri, 1994.
- [7] T. Kardiyono. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit, 2007.
- [8] SNI. *SNI 2847-2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, 2013.
- [9] Nuklirullah, M. "Pengaruh Penambahan Serat Goni Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Beton", *Journal Civronlit Unbari*, pp. 34–39. 2018.
- [10] Suhardiman, M.. "Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton", *Jurnal Teknik*, vol 1, pp. 88–94. 2011.
- [11] Neville, A. M. *Properties of Concrete*. Pearson Education Limited, 2011.

Perencanaan Desain Embung Untuk Kebutuhan Air Baku Dan Pengendalian Banjir (Studi Kasus: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kampus Sindangsari)

Rifky Ujjianto¹, Restu Wigati², Ivandhika Rizal Ardiansyah³, Kulsum⁴

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

⁴Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jenderal Sudirman Km. 3 Kota Cilegon – Banten 42435

rifky@untirta.ac.id

restu.wigati@untirta.ac.id

Diterima redaksi: 25 Maret 2022 | Selesai revisi: 13 April 2022 | Diterbitkan online: 30 April 2022

ABSTRAK

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa saat ini menerapkan konsep *Smart & Green Campus* yaitu dengan memanfaatkan sumberdaya yang ada dilingkungan kampus secara efektif dan efisien. Berdasarkan pedoman *UI GreenMetric* penggunaan air di kampus merupakan salah satu indikator penting yang bertujuan untuk meningkatkan konservasi air dan program daur ulang air. Adanya kampus baru ini akan mengurangi kualitas lingkungan karena semakin berkurangnya lahan hijau yang berfungsi sebagai daerah resapan dan juga akan adanya kebutuhan air digedung kampus ini. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan embung yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air dan pengendali banjir di kampus. Analisis ini menghitung debit andalan menggunakan metode F.J Mock, perhitungan kebutuhan air berdasarkan jumlah penghuni, perhitungan volume tampungan dan untuk menghitung debit banjir rencana menggunakan HSS Nakayasu. Berdasarkan hasil penelitian total kebutuhan air satu kampus sebesar 4607,14 m³/bulan. Perhitungan dengan debit andalan 90%, ketersediaan air sebesar 12106,05 m³/tahun. Kebutuhan air lebih besar daripada ketersediaan airnya, karena itu didapatkan gedung yang optimal dan efektif untuk kebutuhan air yaitu kebutuhan air 90% Gedung FISIP dan 85% Gedung FAPERTA. Debit banjir HSS Nakayasu didapatkan waktu puncak 11,09 menit, dan debit puncak 3,67 m³/s. Hasil analisis penelitian ini didapatkan volume tampungan embung yang dibutuhkan adalah sebesar 12106,05 m³. Embung direncanakan dengan kemiringan lereng 1V:3H, lebar dasar embung 30 m, panjang dasar embung 132 m, tinggi jagaan 1 m, tinggi tampungan mati 1 m, tinggi total tubuh embung 4 m, lebar pelimpah 8 m, tinggi pelimpah 3 m, dan jumlah pelimpah 2 buah.

Kata kunci: embung, kebutuhan air, debit andalan, debit banjir

ABSTRACT

Sultan Ageng Tirtayasa University is currently implementing the Smart & Green Campus concept, namely by utilizing existing resources in the campus environment effectively and efficiently. Based on the guidelines UI GreenMetric, water use on campus is an important indicator that aims to improve water conservation and water recycling programs. The existence of this new campus will reduce the quality of the environment due to the decrease in green land that functions as a catchment area and also the need for water in this campus building. The purpose of this study is to plan a reservoir that serves to meet the needs of water and flood control on campus. This analysis calculates the mainstay discharge using the FJ Mock method, calculating water needs based on the number of occupants, calculating the storage volume and to calculate the planned flood discharge using the HSS Nakayasu. Based on the research campus of the total water requirement of 4607,14 m³/month.

Calculations by mainstay discharge of 90%, water availability at 12106,05 m³/year of water . The demand for water is greater than the availability of water, therefore the optimal and effective building for water needs is 90% for the FISIP building and 85% for the FAPERTA building. Flood discharge HSS Nakayasu obtained 11,09 minute peak time and peak discharge of 3,67 m³/s. The results of this research analysis showed that the required reservoir volume for the reservoir is 12106,05 m³. The reservoir is planned with a slope of 1V:3H, the bottom width of the reservoir is 30 m, the bottom length of the reservoir is 132 m, the guard height is 1 m, the height of the dead reservoir is 1 m, the total height of the reservoir is 4 m, the width of the spillway is 8 m, the spillway height is 3 m, and number of spillways 2 pieces.

Keywords: reservoir, water demand, mainstay discharge, flood discharge

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya zaman, perkembangan disuatu wilayah memberikan dampak positif terhadap kemajuan ekonomi dan pembangunan, dan memberikan dampak negatif yang menimbulkan penurunan kualitas lingkungan [1]. Salah satu cara untuk menanggulangnya adalah dengan menerapkan konsep *smart & green campus* dengan cara memanfaatkan sumber daya yang ada dilingkungan secara efektif dan efisien. Berdasarkan konsep UI *GreenMetric* pemanfaatan sumber daya air merupakan indikator penting yang bertujuan untuk mengurangi penggunaan air, meningkatkan program konservasi air, program daur ulang air, dan penggunaan air olahan [2].

Salah satu cara untuk pemanfaatan air adalah dengan membangun embung. Embung merupakan bangunan konservasi air berbentuk kolam atau cekungan untuk menampung air hujan, air limpasan, serta sumber air lainnya untuk memenuhi berbagai kebutuhan air [3].

Untuk mengatasi permasalahan lingkungan tersebut maka direncanakan embung di wilayah Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kampus Sindangsari sebagai pemanfaatan air dan untuk mencegah banjir di wilayah kampus Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kampus Sindangsari.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, dapat dirumuskan permasalahan berikut:

1. Berapa banyak kebutuhan air baku yang diperlukan untuk gedung Fakultas Sosial dan Politik, Fakultas Pertanian, Fakultas

Ekonomi dan Bisnis, Fakultas Hukum, Laboratorium Terpadu, Kelas Terpadu, *Student Center*, Rektorat, Auditorium, Perpustakaan, Asrama Putra, dan Asrama Putri?

2. Berapa besar debit andalan pada Embung Kampus UNTIRTA Sindangsari dan berapa banyak gedung yang dapat terlayani?
3. Berapa besar debit banjir rencana kala ulang 2 tahun pada Embung Kampus UNTIRTA Sindangsari?
4. Berapakah volume tampungan Embung Kampus UNTIRTA Sindangsari yang sesuai dengan ketersediaan air?
5. Bagaimanakah desain embung yang sesuai dengan ketersediaan air?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kebutuhan air baku yang diperlukan gedung Fakultas Sosial dan Politik, Fakultas Pertanian, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Fakultas Hukum, Laboratorium Terpadu, Kelas Terpadu, *Student Center*, Rektorat, Auditorium, Perpustakaan, Asrama Putra, dan Asrama Putri.
2. Mengetahui besar debit andalan pada Embung Kampus UNTIRTA Sindangsari dan gedung yang dapat terlayani.
3. Mengetahui besar debit banjir rencana kala ulang 2 tahun pada Embung Kampus UNTIRTA Sindangsari.
4. Mengetahui volume tampungan Embung Kampus UNTIRTA Sindangsari yang sesuai dengan ketersediaan air.

5. Merencanakan desain embung sesuai dengan ketersediaan air.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat dijadikan referensi dan rekomendasi bentuk desain rencana, penggunaan fungsi, dan kebutuhan air baku yang dapat digunakan pada pembangunan kampus ini.
2. Menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya dalam perhitungan perencanaan embung untuk kebutuhan air baku dan pengendalian banjir.
3. Menambah wawasan mahasiswa jurusan Teknik Sipil dibidang hidrologi dan perencanaan sumber daya air.

2. Tinjauan Pustaka

Trilita et al., (2020) telah melakukan penelitian tentang kolam retensi di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara. Berdasarkan hasil penelitian tersebut volume air yang dapat mengisi kolam retensi tersebut sebesar $0,235 \times 10^6 \text{ m}^3$, sedangkan kebutuhan air bakunya yang diperlukan sebesar $0,131 \times 10^6 \text{ m}^3$. Jumlah penduduk yang dapat terlayani kebutuhan air bakunya adalah 6000 jiwa dengan kebutuhan air baku perorang sebesar 60 liter/hari. Perencanaan debit banjir dengan periode kala ulang 100 tahun adalah sebesar $4,701 \text{ m}^3/\text{s}$ [4]. Pada penelitian Amrullah, (2018) tentang perencanaan kolam retensi dalam menanggulangi banjir di Desa Tegaldowo Kab. Pekalongan. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan pada kolam retensi dihasilkan variasi volume dan kapasitas pompa yaitu, pompa debit $4,82 \text{ m}^3/\text{s}$ dibutuhkan volume kolam sebesar 29532 m^3 dengan durasi pemompaan 5 jam, pompa dengan debit $4,39 \text{ m}^3/\text{s}$ dibutuhkan volume kolam sebesar 33165 m^3 dengan durasi pemompaan 5,5 jam, pompa dengan debit $4,02 \text{ m}^3/\text{s}$ dibutuhkan volume kolam sebesar 36165 m^3 dengan durasi pemompaan 6 jam [5].

Wesli, (2018) telah melakukan penelitian tentang investigasi embung Alue Sapi di Kabupaten Aceh Utara. Hasil penelitian tersebut menghasilkan kebutuhan air pada embung untuk mengairi sawah seluas 500 Ha sebesar $0,65 \text{ m}^3/\text{s}$. Hasil analisis hidrologi

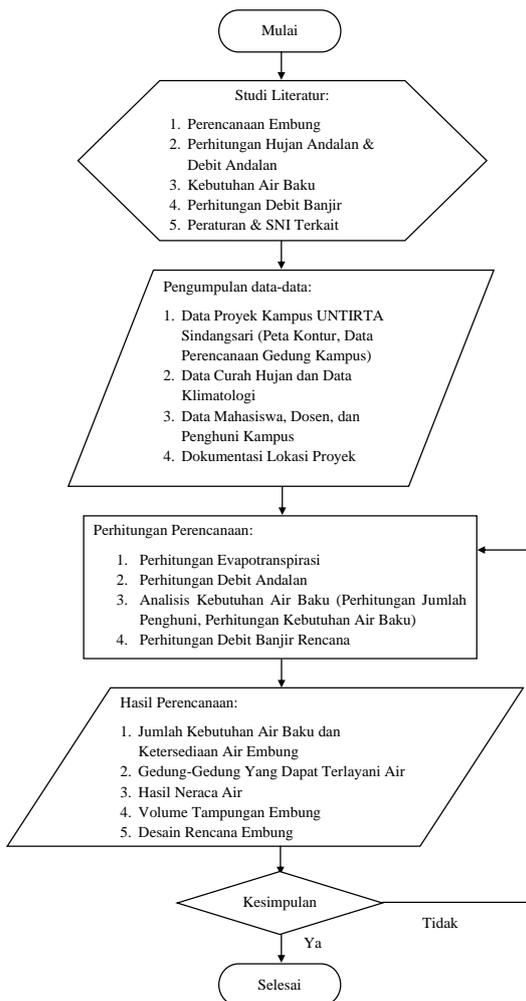
menggambarkan bahwa debit periode ulang 2 tahunan sebesar $0,784 \text{ m}^3/\text{s}$, periode ulang 5 tahunan sebesar $1,036 \text{ m}^3/\text{s}$, periode ulang 10 tahunan sebesar $1,203 \text{ m}^3/\text{s}$ dan periode ulang 25 tahunan sebesar $1,413 \text{ m}^3/\text{s}$. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan air lebih kecil dari ketersediaan air, dan potensi air pada embung Alue Sapi cukup memadai. Terjadinya masalah tidak berfungsinya embung disebabkan oleh kerusakan pada bagian dinding bangunan bendung, kerusakan pada pintu pembagi dan kurangnya kapasitas tampungan embung [6].

Hidayat et al., (2019) telah melakukan penelitian mengenai perencanaan embung konservasi di laboratorium lapangan terpadu Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penelitian ini menghasilkan debit rencana $0,375 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan pola hujan efektif 90% didapatkan volume tampungan $4951,404 \text{ m}^3$, direncanakan tipe embung urugan dengan dimensi tinggi $3,750 \text{ m}$, elevasi dasar $+105,00$, elevasi permukaan $+108,00$, panjang $165,613 \text{ m}$, lebar mercu $2,60 \text{ m}$ kemiringan tanggul $1:1,5$ dengan pasangan batu, pelimpah tipe ogge dan kolam olak tipe vluhter [7].

Saves et al., (2020) telah melakukan penelitian mengenai Perencanaan embung berdasarkan kebutuhan air baku Desa Pasarenan Kabupaten Sampang tahun 2027. Hasil penelitian ini debit andalan untuk perencanaan embung di Desa Pasarenan, Kabupaten Sampang sebesar $0,0108 \text{ m}^3/\text{s}$, proyeksi pertumbuhan penduduk pada tahun 2027 di Desa Pasarenan, Kabupaten Sampang sebanyak 7.183 jiwa, kebutuhan air baku sebesar $0,0110 \text{ m}^3/\text{s}$, berdasarkan hasil analisis keseimbangan air, maka dapat disimpulkan bahwa neraca air menunjukkan nilai defisit atau negatif untuk ketersediaan air di tahun 2027 yaitu sebesar $-0,0002 \text{ m}^3/\text{s}$, dimensi embung yang diperlukan untuk berdasarkan kebutuhan air baku tahun 2027, yaitu elevasi dasar embung sebesar $+47,00 \text{ m}$, elevasi puncak embung sebesar $+49,50 \text{ m}$ dengan tinggi embung $2,5 \text{ m}$ [8].

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan agar penelitian terstruktur. Berikut merupakan alur penelitian yang disajikan dalam bentuk diagram alir:



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian (Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

Lokasi penelitian terletak di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Kampus Sindangsari, Kecamatan Pabuaran, Kabupaten Serang, Banten.



Gambar 2. Peta Provinsi Banten dan Peta Lokasi Kampus UNTIRTA Sindangsari (Sumber: Badan Koordinasi dan Pemetaan Nasional, 2003 & Google Earth, 2020)

Dalam penyusunan penelitian ini digunakan data berupa data primer, data sekunder dan data literatur atau pustaka. Data primer didapatkan langsung dari sumber berupa wawancara atau observasi secara langsung. Sedangkan data

sekunder adalah data yang diperoleh melalui perantara. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Data curah hujan, data curah hujan yang digunakan berasal dari 4 pos stasiun hujan terdekat yaitu pos hujan Pipitan, Cadasari, Padarincang dan Pamarayan dalam kurun waktu 10 tahun terakhir yang didapatkan dari BBWS Ciujung, Cidanau, Cidurian.
2. Data Klimatologi, data klimatologi yang digunakan adalah data temperature rata-rata bulanan Kabupaten Serang yang didapatkan dari publikasi Kabupaten Serang dalam angka 2020 yang dibuat oleh BPS Kabupaten Serang.
3. Data jumlah penghuni dan kapasitas gedung kampus,

Tabel 1. Jumlah Penghuni Kampus

No	Gedung	Jumlah Dosen	Tendik	Jumlah Mahasiswa
1	FISIP	64	21	2055
2	FAPERTA	70	30	1937
3	FEB	109	28	2775
4	FH	51	27	1904
5	Rektorat	37	122	-
6	Perpustakaan	0	32	-

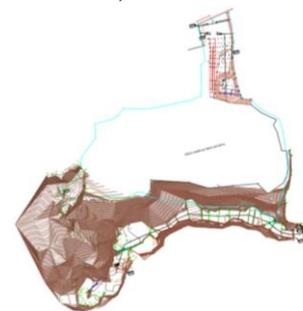
(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

Tabel 2. Jumlah Kapasitas Gedung

No.	Gedung	Kapasitas (Orang)
1	Student Center	500
2	Lab Terpadu	54
3	Auditorium	2500
4	Kelas Terpadu	1114

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

4. Data peta kontur,



Gambar 3. Peta Kontur (Sumber: Data Peta Topografi Embung Proyek New Campus Untirta, 2020)

4. Penelitian dan Pembahasan

4.1 Hujan Andalan

Salah satu cara untuk menentukan besarnya curah hujan andalan berdasarkan keandalan yang direncanakan adalah dengan menggunakan metode tahun dasar perencanaan

[9]. Perhitungan hujan andalan didapatkan dari data 4 stasiun hujan dalam kurun waktu 10 tahun yaitu tahun 2010-2019, data hujan yang didapat dihitung menggunakan rata-rata

aljabar. Perhitungan hujan andalan menggunakan metode tahun dasar perencanaan. Didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Hujan Andalan Metode Tahun Dasar

Proba bilitas	Hujan Andalan (mm/bulan)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
10,0%	477,8	366,8	284	289,3	236,3	226,5	351,5	274	468,5	184,6	266	321,8
20,0%	376,1	329,8	263,3	253,5	211,1	200,8	285,5	59,75	123,1	178,9	246,5	314,5
30,0%	365,8	283	235,6	217,1	210,5	147	193,5	47,93	90,75	157,8	214,1	299
40,0%	343,5	261	197,9	213,5	162,9	131,8	179,4	45	82,38	155	195,7	291,7
50,0%	341,4	244,3	192,5	188	161	102,8	82,63	37,25	49,75	127,5	176,8	255,3
60,0%	273	231,3	185,1	173,8	157,3	88,5	80	24	40	100,5	167,5	249
70,0%	244,9	223	182,1	131,5	146,8	88,25	14,13	17	35	97,5	158,8	221,8
80,0%	185,1	198,8	147,8	130,1	125,8	84,63	12,75	15,25	13,75	56,5	120,2	212,8
90,0%	175,8	190	145,5	117	99,5	69,5	8,5	13,5	4,625	38,88	108,8	210,7
99,9%	172	75	132,4	80,5	82,75	41,5	3,75	10,25	0,25	22,5	86,75	0

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

Hujan andalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah keandalan 90%.

4.2 Evapotranspirasi

Analisis perhitungan evapotranspirasi menggunakan metode Thornthwaite, data klimatologi yang digunakan adalah data temperatur rata-rata yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Serang [10]. Data-data temperatur disajikan sebagai berikut:

Tabel 4. Temperatur Rata-Rata Bulanan Kabupaten Serang Tahun 2019

Tahun	Suhu / Temperatur (°C)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2019	27,7	27,9	27,3	28	28,2	27,9	27,5	27,4	27,8	28,7	28,7	27,9

(Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Serang, 2020)

Metode Thornthwaite menggunakan faktor pengali berdasarkan letak geografis penelitian, berikut data faktor pengali Thornthwaite:

Tabel 5. Faktor Pengali Metode Thornthwaite

Faktor Pengali Thornthwaite												
Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	
1,06	0,95	1,04	1	1,02	0,99	1,02	1,03	1	1,05	1,03	1,06	

(Sumber: Triatmodjo, 2009)

Hasil perhitungan evapotranspirasi masing-masing bulan diberikan pada tabel berikut ini:

Tabel 6. Evapotranspirasi Metode Thornthwaite

Bulan	Tm (°C)	Evapotranspirasi Thornthwaite				
		I	a	ET (cm)	Faktor Pengali	ET Koreksi (cm)
Jan	27,7	13,356	4,247	15,730	1,06	16,674
Feb	27,9	13,502		16,218	0,95	15,407
Mar	27,3	13,065		14,788	1,04	15,380
Apr	28	13,576		16,467	1	16,467
Mei	28,2	13,723		16,972	1,02	17,312
Jun	27,9	13,502		16,218	0,99	16,056
Jul	27,5	13,210		15,254	1,02	15,559
Agu	27,4	13,138		15,020	1,03	15,470
Sep	27,8	13,429		15,973	1	15,973
Okt	28,7	14,093		18,287	1,05	19,202
Nov	28,7	14,093		18,287	1,03	18,836
Des	27,9	13,502		16,218	1,06	17,192
Jumlah	162,188					

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

4.3 Debit Andalan

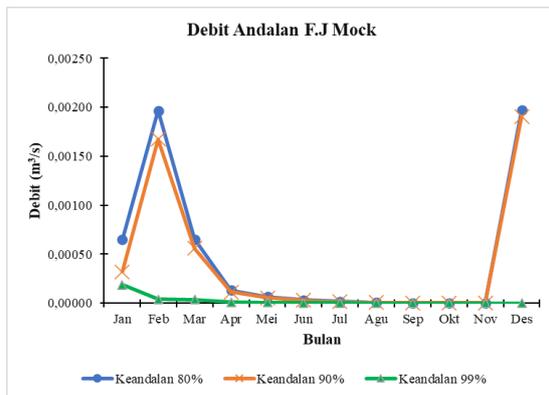
Untuk menghitung debit andalan dapat menggunakan metode F.J. Mock. Metode ini

menyimulasikan neraca air bulanan berdasarkan hubungan antara curah hujan, evapotranspirasi dan karakteristik DAS [11]. Hasil debit andalan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 7. Debit Keandalan F.J. Mock

Bulan	Debit Keandalan (m ³ /s)		
	80%	90%	99%
Jan	0,00064976	0,00031882	0,00018610
Feb	0,00196741	0,00167596	0,00003919
Mar	0,00065089	0,00055997	0,00003466
Apr	0,00013226	0,00011409	0,00001069
Mei	0,00006400	0,00005520	0,00000517
Jun	0,00003307	0,00002852	0,00000267
Jul	0,00001600	0,00001380	0,00000129
Agu	0,00000800	0,00000690	0,00000065
Sep	0,00000413	0,00000357	0,00000033
Okt	0,00000200	0,00000173	0,00000016
Nov	0,00000103	0,00000089	0,00000008
Des	0,00196836	0,00190736	0,00000004

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)



Gambar 4. Debit Andalan F.J. Mock
(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

Ketersediaan air bulanan yang digunakan adalah dengan keandalan 90% didapatkan dari hasil perhitungan debit andalan, ketersediaan air dirubah dari m³/s menjadi m³/bulan. Ketersediaan air disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 8. Ketersediaan Air Keandalan 90%

Ketersediaan Air (m ³ /bulan)					
Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
853,94	4054,48	1499,82	295,72	147,86	73,96
Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
36,96	18,48	9,24	4,62	2,31	5108,69

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

4.4 Kebutuhan Air

Perhitungan kebutuhan air berdasarkan data jumlah mahasiswa, dosen dan penghuni kampus lainnya. Kebutuhan air untuk gedung asrama menggunakan acuan SNI-03-7065-2005 [12] karena asrama merupakan gedung yang beroperasi selama 24 jam. Sedangkan

untuk gedung-gedung lainnya menggunakan acuan kebutuhan air non domestik berdasarkan kriteria perencanaan Dinas PU [13]. Kebutuhan air pada Kampus UNTIRTA Sindangsari dijelaskan dalam tabel berikut:

Tabel 9. Kebutuhan Air Kampus Total

Nama Gedung	Kapasitas (Org)	Kebutuhan Air (Ltr/Org /Hari)	Kebutuhan Air (Ltr/Hari)	Kebutuhan Rata-Rata (m ³ /Bln)
Ged. FISIP	2140	10	21400	650,92
Ged. FAPERTA	2037	10	20370	619,59
Ged. FH	1982	10	19820	602,86
Ged. FEB	2912	10	29120	885,73
Rektorat	159	10	1590	48,36
Student Center	500	10	5000	152,08
Perpustakaan	32	10	320	9,73
Lab. Terpadu	54	10	540	16,43
Auditorium	1250	10	12500	100
Kelas Terpadu	1114	10	11140	338,84
Asrama Putra	162	120	19440	591,3
Asrama Putri	162	120	19440	591,3
Jumlah	12504		160680	4607,14

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

Dilihat dari tabel kebutuhan air dan ketersediaan air yang ada, nilai kebutuhan air satu kampus masih lebih besar dari ketersediaan air disetiap bulannya, sehingga penulis memutuskan untuk menampung terlebih dahulu ditahun pertama, dan baru akan digunakan pada tahun berikutnya, dan didapatkan penggunaan air yang paling optimal dan efektif adalah untuk 90% Gedung FISIP dan 85% Gedung FAPERTA. Rincian perhitungan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 10. Kebutuhan Air Gedung FISIP dan FAPERTA

Nama Gedung	Kebutuhan Air Total (m ³ /bulan)	Penggunaan Air Optimal	Kebutuhan Air Setelah Optimalisasi (m ³ /bulan)
Ged. FISIP	650,92	90%	585,83
Ged. FAPER TA	619,59	85%	526,65
Total			1112,47

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

4.5 Neraca Air

Perhitungan cadangan air didapatkan dari ketersediaan air dikurangi dengan penggunaan air setiap bulannya dan akan didapatkan

volume embung untuk kebutuhan air baku dari nilai cadangan air terbesar. Hasil perhitungan neraca air disajikan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 11. Perhitungan Neraca Air 90% FISIP dan 85% FAPERTA

Tahun Pertama			
Bulan	Ketersediaan Air (m ³)	Kebutuhan Air (m ³)	Cadangan Air (m ³)
Jan	853,94	0	853,94
Feb	4.054,48	0	4.908,42
Mar	1.499,82	0	6.408,24
Apr	295,72	0	6.703,96
Mei	147,86	0	6.851,82
Jun	73,93	0	6.925,75
Jul	36,96	0	6.962,71
Agu	18,48	0	6.981,20
Sep	9,24	0	6.990,44
Okt	4,62	0	6.995,06
Nov	2,31	0	6.997,37
Des	5.108,69	0	12.106,05

Tahun Kedua			
Bulan	Ketersediaan Air (m ³)	Kebutuhan Air (m ³)	Cadangan Air (m ³)
Jan	853,94	1112,47	11847,52
Feb	4.054,48	1112,47	12106,06
Mar	1.499,82	1112,47	12106,06
Apr	295,72	1112,47	11289,30
Mei	147,86	1112,47	10324,68
Jun	73,93	1112,47	9286,14
Jul	36,96	1112,47	8210,63
Agu	18,48	1112,47	7116,64
Sep	9,24	1112,47	6013,40
Okt	4,62	1112,47	4905,55
Nov	2,31	1112,47	3795,39
Des	5.108,69	1112,47	7791,60

Tahun Ketiga			
Bulan	Ketersediaan Air (m ³)	Kebutuhan Air (m ³)	Cadangan Air (m ³)
Jan	853,94	1112,47	7533,06
Feb	4.054,48	1112,47	10475,07
Mar	1.499,82	1112,47	10862,42
Apr	295,72	1112,47	10045,66
Mei	147,86	1112,47	9081,05
Jun	73,93	1112,47	8042,50
Jul	36,96	1112,47	6966,99
Agu	18,48	1112,47	5873,00
Sep	9,24	1112,47	4769,77
Okt	4,62	1112,47	3661,91
Nov	2,31	1112,47	2551,75
Des	5.108,69	1112,47	6547,96

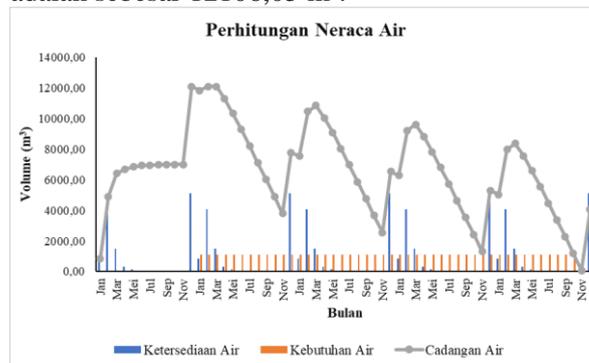
Tahun Keempat			
Bulan	Ketersediaan Air (m ³)	Kebutuhan Air (m ³)	Cadangan Air (m ³)
Jan	853,94	1112,47	6289,43

Feb	4.054,48	1112,47	9231,44
Mar	1.499,82	1112,47	9618,78
Apr	295,72	1112,47	8802,02
Mei	147,86	1112,47	7837,41
Jun	73,93	1112,47	6798,86
Jul	36,96	1112,47	5723,35
Agu	18,48	1112,47	4629,36
Sep	9,24	1112,47	3526,13
Okt	4,62	1112,47	2418,27
Nov	2,31	1112,47	1308,11
Des	5.108,69	1112,47	5238,94

Tahun Kelima			
Bulan	Ketersediaan Air (m ³)	Kebutuhan Air (m ³)	Cadangan Air (m ³)
Jan	853,94	1112,47	5045,79
Feb	4.054,48	1112,47	7987,80
Mar	1.499,82	1112,47	8375,14
Apr	295,72	1112,47	7558,39
Mei	147,86	1112,47	6593,77
Jun	73,93	1112,47	5555,23
Jul	36,96	1112,47	4479,72
Agu	18,48	1112,47	3385,72
Sep	9,24	1112,47	2282,49
Okt	4,62	1112,47	1174,64
Nov	2,31	1112,47	64,47
Des	5.108,69	1112,47	4060,68

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, ketersediaan air ditampung pada tahun pertama dan baru akan digunakan ditahun berikutnya, air yang tertampung pada tahun pertama didapatkan sebesar 12106,05 m³. Sehingga volume tampungan embung yang dibutuhkan adalah sebesar 12106,05 m³.



Gambar 5. Grafik Neraca Air Gedung FISIP 90% dan Gedung FAPERTA 85% (Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

4.6 Analisis Hujan Maksimum Rata-Rata

Curah hujan yang digunakan adalah curah hujan maksimum dari setiap tahun di 4 stasiun hujan. Hasil rata-rata aljabar disajikan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 12. Hujan Maksimum Rata-Rata Aljabar

No.	Tahun	Curah Hujan Stasiun(mm)				Rata-rata Aljabar(mm)
		Pipitan	Cadasari	Pamarayan	Padarincang	
1	2010	105	21	109	194	107,25
2	2011	85	72	66	96	79,75

3	2012	77	110	90	115	98
4	2013	113	82	75	127	99,25
5	2014	80	108	77	64	82,25
6	2015	81,5	67	88	116	88,13
7	2016	101	96	73	135	101,25
8	2017	90	79	93	125	96,75
9	2018	87	70	98	153	102
10	2019	136	186	115,5	221	164,63

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

4.7 Pemilihan Jenis Distribusi

Metode sebaran analisis frekuensi yang digunakan adalah distribusi gumbel, normal, lognormal dan log pearson III. Hasil analisis frekuensi diperoleh sebagai berikut:

Tabel 13. Hujan Maksimum Rata-Rata Aljabar

Jenis Distribusi	Persyaratan	Hasil Hitungan		Keterangan Hasil	Kesimpulan
		Syarat	Data		
Normal	% Variat 1 = 68,27%	68,27%	90,00%	Memenuhi	MENOLAK SEBAGIAN KONDISI DISTRIBUSI NORMAL
	% Variat 2 = 95,44%	95,44%	90,00%	Tidak Memenuhi	
	CS ≈ 0	≈ 0	2,334	Tidak Memenuhi	
	Ck ≈ 3	≈ 3	9,90	Tidak Memenuhi	
Lognormal	$Cs = cv^3 + 3Cv$	0	1,8	Tidak Memenuhi	MENOLAK DISTRIBUSI LOG NORMAL
	$Ck = cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$	3	8,20	Tidak Memenuhi	
Jenis Distribusi	Persyaratan	Syarat	Data	Keterangan Hasil	Kesimpulan
Gumbel	$Cs \leq 1,14$	1,14	2,33	Tidak Memenuhi	MENOLAK DISTRIBUSI GUMBEL
	$Ck \leq 5,4$	5,4	9,90	Tidak Memenuhi	
Log Pearson III	Selain nilai-nilai diatas		1,8	Memenuhi	MENERIMA DISTRIBUSI LOG PEARSON III
			0,001	Memenuhi	

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

Berdasarkan persyaratan diatas dapat disimpulkan bahwa distribusi Log Pearson III memenuhi syarat, maka dipilih distribusi ini.

Tabel 14. CH Rancangan Log Pearson III

Periode Ulang (T)	PT	wT	kT	YT	xT (mm)
2	0,50	1,18	-0,282	1,975	94,43
5	0,20	1,79	0,643	2,056	113,65
10	0,10	2,15	1,318	2,114	130,10
25	0,04	2,54	2,193	2,190	155,01
50	0,02	2,80	2,848	2,247	176,73
100	0,01	3,03	3,499	2,304	201,34
1000	0,00	3,72	5,660	2,492	310,35

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

4.8 Uji Kecocokan Data

Uji kecocokan data digunakan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis

[14]. Untuk pengujian ini dapat menggunakan uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

Tabel 15. Rekapitulasi Uji Kecocokan Data Chi-Kuadrat

Distribusi Probabilitas	X ² Terhitung	Xcr ²	Keterangan
Normal	11,00	5,991	Ditolak
Gumbel	8,00	5,991	Ditolak
Log Normal	6,00	5,991	Ditolak
Log Pearson III	3,00	5,991	Diterima

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

Tabel 16. Rekapitulasi Uji Kecocokan Data Smirnov-Kolmogorov

Distribusi Probabilitas	Δpmaks	ΔpKritik	Keterangan
Normal	0,23	0,41	Diterima
Gumbel	0,21	0,41	Diterima
Log Normal	0,19	0,41	Diterima

Log Pearson III	0,09	0,41	Diterima
-----------------	------	------	----------

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

Normal	11,00	0,23	Ditolak
Gumbel	8,00	0,21	Ditolak
Log Normal	6,00	0,19	Ditolak
Log Pearson III	3,00	0,09	Dipilih

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

Tabel 17. Rekapitulasi Hasil Uji Distribusi

Distribusi Probabilitas	Hasil χ^2	Hasil Δp	Keterangan
-------------------------	----------------	------------------	------------

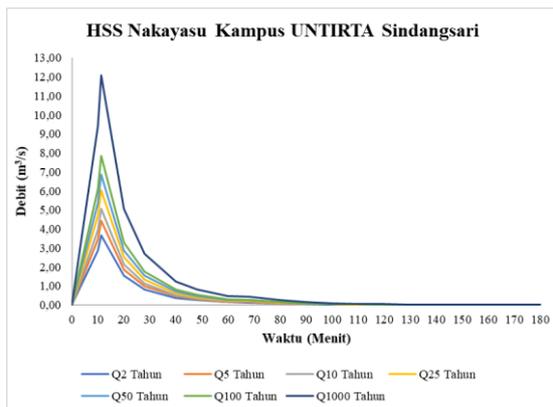
4.9 Hidrograf Satuan Sintetis

Salah satu metode yang umum digunakan untuk menghitung hidrograf satuan sintesis adalah dengan menggunakan Metode Nakayasu. Hidrograf satuan sintesis Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang [15]. Hasil Perhitungan HSS Nakayasu diberikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 18. Perhitungan Debit Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

T (menit)	Unit Hidrograf (m ³ /s)	Q2 (m ³ /s)	Q5 (m ³ /s)	Q10 (m ³ /s)	Q25 (m ³ /s)	Q50 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q1000 (m ³ /s)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,07867	2,8631	3,4457	3,9444	4,6997	5,3584	6,1045	9,4097
11,09315	0,10092	3,6726	4,4199	5,0596	6,0285	6,8733	7,8303	12,0700
20	0,04228	1,5386	1,8517	2,1197	2,5256	2,8795	3,2805	5,0566
30	0,02247	0,8176	0,9840	1,1264	1,3420	1,5301	1,7432	2,6870
40	0,01028	0,3742	0,4504	0,5156	0,6143	0,7004	0,7979	1,2300
50	0,00674	0,2455	0,2954	0,3382	0,4029	0,4594	0,5234	0,8067
60	0,00375	0,1366	0,1644	0,1882	0,2242	0,2557	0,2912	0,4489
70	0,00254	0,1279	0,1540	0,1762	0,2100	0,2394	0,2728	0,4204
80	0,00141	0,0755	0,0908	0,1040	0,1239	0,1412	0,1609	0,2480
90	0,00087	0,0449	0,0541	0,0619	0,0737	0,0841	0,0958	0,1477
100	0,00053	0,0276	0,0332	0,0380	0,0453	0,0516	0,0588	0,0906
110	0,00033	0,0169	0,0204	0,0233	0,0278	0,0317	0,0361	0,0556
120	0,00020	0,0104	0,0125	0,0143	0,0170	0,0194	0,0221	0,0341
130	0,00012	0,0064	0,0077	0,0088	0,0105	0,0119	0,0136	0,0209
140	0,00008	0,0039	0,0047	0,0054	0,0064	0,0073	0,0083	0,0128
150	0,00005	0,0024	0,0029	0,0033	0,0039	0,0045	0,0051	0,0079
160	0,00003	0,0015	0,0018	0,0020	0,0024	0,0028	0,0031	0,0048
170	0,00002	0,0009	0,0011	0,0012	0,0015	0,0017	0,0019	0,0030
180	0,00001	0,0007	0,0009	0,0010	0,0012	0,0014	0,0016	0,0024

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)



Gambar 6. HSS Nakayasu UNTIRTA Sindangsari (Sumber: Hasil Analisis Penulis)

Tabel 19. Volume Kumulatif Tampang Banjir

T (Menit)	Selisih T (menit)	Inflow (m ³ /s)	Vol Inflow (m ³)	Vol. Kumulatif (m ³)
0	0	0	0	0
10	10	2,86313	1717,880	1717,88
11,093	1,093	3,67260	240,882	1958,76
20	8,907	1,53861	822,250	2781,01
30	10	0,81759	490,553	3271,56
40	10	0,37425	224,549	3496,11
50	10	0,24546	147,278	3643,39
60	10	0,13660	81,961	3725,35
70	10	0,12793	76,756	3802,11
80	10	0,07545	45,273	3847,38
90	10	0,04493	26,957	3874,34
100	10	0,02757	16,541	3890,88
110	10	0,01692	10,150	3901,03
120	10	0,01038	6,228	3907,26
130	10	0,00637	3,821	3911,08
140	10	0,00391	2,345	3913,42
150	10	0,00240	1,439	3914,86
160	10	0,00147	0,883	3915,75
170	10	0,00090	0,542	3916,29
180	10	0,00074	0,445	3916,73

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

4.10 Volume Debit Banjir

Perencanaan embung pada kampus UNTIRTA Sindangsari dengan *catchment area* sebesar 9,48 ha direncanakan dengan kala ulang sebesar 2 tahun. Berikut hasil perhitungan volume tampungan banjir disajikan sebagai berikut:

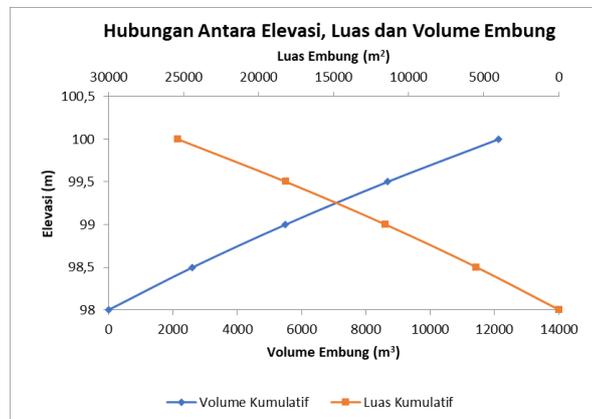
4.11 Perencanaan Kapasitas Embung

Embung direncanakan dengan penampang trapesium dengan mengikuti garis batas kontur di Kampus UNTIRTA Sindangsari, kebutuhan volume tampungan embung adalah sebesar 12106,05 m³. Embung akan direncanakan sebagai berikut:

Tabel 20. Perhitungan Volume dan Luas Kumulatif Embung

Elevasi MDPL (m)	Panjang Embung (m)		Lebar Embung (m)		Luas Atas (La) (m ²)	Luas Bawah (Lb) (m ²)	Luas Kumulatif (m ²)	Tinggi (Z) (m)	Volume (Va) (m ³)	Va Kumulatif (m ³)
	Atas	Bawah	Atas	Bawah						
± 97,00	TAMPUNGAN MATI (DEAD STORAGE)									
± 98,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
± 98,50	141	138	39	36	5499	4968	5499	0,5	2615,63	2615,63
± 99,00	144	141	42	39	6048	5499	11547	0,5	2885,66	5501,29
± 99,50	147	144	45	42	6615	6048	18162	0,5	3164,69	8665,98
± 100,00	150	147	48	45	7200	6615	25362	0,5	3452,72	12118,70
± 101,00	TINGGI JAGAAN (FREEBOARD)									

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)



Gambar 7. Hubungan Antara Elevasi, Luas dan Volume Embung (Sumber: Hasil Analisis Penulis)

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan volume kumulatif desain sebesar 12118,70 m³ dari kebutuhan volume embung sebesar 12106,05 m³, maka desain embung ini sudah mencukupi dari kebutuhan embung tersebut.

4.12 Gambar Desain Rencana Embung

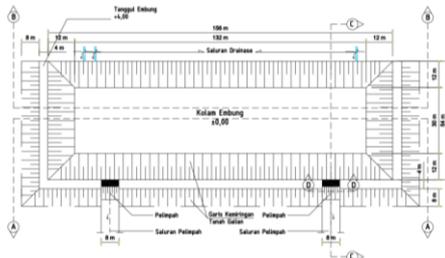
Embung dengan penampang trapesium direncanakan sebagai berikut:

- Kemiringan lereng embung = 1V:3H
- Elevasi dasar embung (MDPL) = ± 97 m
- Lebar dasar embung = 30 m
- Panjang dasar embung = 132 m
- Tinggi jagaan (fb) = 1 m
- Tinggi tampungan mati = 1 m
- Tinggi tampungan efektif = 2 m
- Tinggi total tubuh embung = 4 m
- Lebar Pelimpah = 8 m
- Tinggi Pelimpah = 3 m
- Jumlah Pelimpah = 2 buah



Gambar 8. Peta Lokasi Embung (Sumber: Google Earth, 2021)

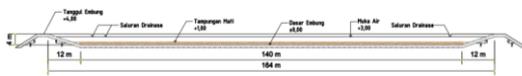
Gambar desain rencana embung digunakan software Autocad berdasarkan data-data diatas:



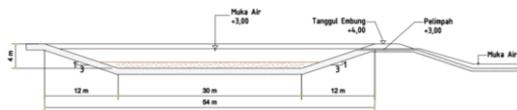
Gambar 9. Desain Tampak Atas Embung
(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)



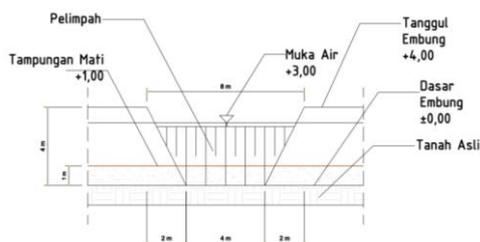
Gambar 10. Potongan A-A Embung
(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)



Gambar 11. Potongan B-B Embung
(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)



Gambar 12. Potongan C-C Embung
(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)



Gambar 13. Potongan D-D Embung
(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021)

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kebutuhan air pada masing-masing gedung didapatkan nilai sebagai berikut: Gedung FISIP sebesar 650,92 m³/bulan, Gedung FAPERTA sebesar 619,59 m³/bulan, Gedung FH sebesar 602,86 m³/bulan, Gedung FEB sebesar 885,73 m³/bulan, Gedung Rektorat sebesar 48,36 m³/bulan, Gedung *Student Center* sebesar 152,08 m³/bulan, Gedung Perpustakaan sebesar 9,73 m³/bulan,

Gedung Lab Terpadu sebesar 16,43 m³/bulan, Gedung Auditorium sebesar 100 m³/bulan, Gedung Kelas Terpadu sebesar 338,84 m³/bulan, Gedung Asrama Putra sebesar 591,3 m³/bulan, Gedung Asrama Putri sebesar 591,3 m³/bulan. Total kebutuhan air baku untuk keseluruhan gedung adalah sebesar 4607,14 m³/bulan.

2. Berdasarkan hasil analisis perhitungan dengan debit keandalan 90% dengan metode F.J. Mock, untuk ketersediaan air sebesar 12106,05 m³/tahun. Kebutuhan air baku lebih besar daripada ketersediaan yang ada, maka gedung-gedung yang berada di Kampus UNTIRTA Sindang Sari tidak seluruhnya terlayani kebutuhan airnya, beberapa gedung yang dapat terlayani kebutuhan airnya adalah 90% kebutuhan air gedung FISIP, dan 85% kebutuhan air gedung FAPERTA yang dapat memenuhi sebanyak 1926 orang untuk gedung FISIP dan 1731 orang untuk gedung FAPERTA yang diperuntukkan untuk *flushing* toilet dan wastafel.
3. Perhitungan debit metode HSS Nakayasu yang dianalisis jika terjadi hujan selama 3 jam didapatkan waktu puncak pada waktu ke 11,09 menit, dengan debit puncak sebesar 3,67 m³/s untuk kala ulang 2 tahun.
4. Volume tampungan embung berdasarkan ketersediaan air adalah sebesar 12106,05 m³.
5. Desain rencana embung adalah sebagai berikut: Kemiringan lereng embung adalah 1V:3H, elevasi dasar embung (MDPL) adalah + 97 m, lebar dasar embung sebesar 30 m, panjang dasar embung sebesar 132 m, tinggi jagaan sebesar 1 m, tinggi tampungan mati sebesar 1 m, tinggi tampungan efektif sebesar 2 m, tinggi total tubuh embung sebesar 4 m, lebar pelimpah sebesar 8 m, tinggi pelimpah sebesar 3 m, jumlah pelimpah sebesar 2 buah. Didapatkan volume desain embung sebesar 12118,70 m³.

5.2 Saran

Agar dalam penelitian selanjutnya dapat memperoleh hasil yang lebih baik, maka sebaiknya memperhatikan hal-hal sebagai berikut ini:

1. Memastikan kelengkapan data-data yang dibutuhkan.
2. Pemeliharaan bangunan embung secara rutin perlu dilakukan agar fungsi dan manfaat yang direncanakan maksimal dan tidak mengalami penurunan kapasitas dan fungsi.
3. Untuk gedung-gedung yang belum terlayani kebutuhan airnya, terdapat alternatif lain untuk pemenuhan airnya yaitu dengan memanfaatkan konsep *rainwater harvesting* dengan cara pemanenan air hujan melalui atap.
4. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilanjutkan dengan menganalisis jaringan perpipaan untuk sistem pendistribusian airnya menuju gedung-gedung yang sudah direncanakan, dapat juga menghitung analisis stabilitas lereng embung dan menghitung rencana anggaran biaya yang dibutuhkan.

Daftar Pustaka

- [1] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, 2014.
- [2] Sekretariat UI GreenMetric, Petunjuk UI GreenMetric World University Rankings 2019, Depok, Jawa Barat: Sekretariat UI GreenMetric, 2019.
- [3] Direktorat Pengelolaan Air Irigasi Direktorat Jendral Prasarana dan Sarana Pertanian Kementerian Pertanian, Pedoman Teknis Konservasi Air dan Antisipasi Anomali Iklim, Jakarta, DKI Jakarta: Kementerian Pertanian, 2014.
- [4] M. N. Trilita, W. Suryandari dan N. Handajani, "Study of Hidrology Nunukan Raw Water Retention Basin in North Kalimantan," *Journal of Physics : Conference Series*, pp. 1-5, 2019.
- [5] M. F. Amrullah, "Analisis Perencanaan Kolam Retensi Dalam Menanggulangi Bencana Banjir di Desa Tegaldowo Kab. Pekalongan," 2018.
- [6] Wesli, "Survey Investigasi Disain (SID) Embung Alue Sapi di Kabupaten Aceh Utara," *Teras Jurnal*, vol. 8, pp. 379-390, Maret 2018.
- [7] T. Hidayat, S. Tugiono dan O. T. Purwadi, "Perencanaan Embung Konservasi di Laboratorium Lapangan Terpadu Fakultas Teknik Universitas Lampung," *JRSDD*, vol. 7, pp. 417-426, September 2019.
- [8] F. Saves, H. dan A. Sugianto, "Perencanaan Embung Berdasarkan Kebutuhan Air Baku Desa Pasarenan Kabupaten Sampang Tahun 2027," *ETERNITAS Jurnal Teknik Sipil*, vol. 1, pp. 1-6, April 2020.
- [9] L. M. Limantara, *Rekayasa Hidrologi*, Yogyakarta: ANDI, 2018.
- [10] BPS Kabupaten Serang, Kabupaten Serang Dalam Angka Serang Regency In Figures 2020, Serang: BPS Kabupaten Serang, 2020.
- [11] L. M. Limantara dan W. R. Putra, "Analisa Kenadalan Tampung Waduk di Embung Tambak Pocuk Bangkalan," *JURNAL TEKNIK SIPIL Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, vol. 23, pp. 127-134, Agustus 2016.
- [12] Badan Standarisasi Nasional, SNI-03-7065-2005 Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2005.
- [13] Direktorat Jendral Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum, Kriteria Penyediaan Air Bersih, Direktorat Jendral Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum, 1996.
- [14] Badan Standarisasi Nasional, SNI 2415:2016 Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2016.
- [15] C. D. Soemarto, *Hidrologi Teknik*, Surabaya: Usaha Nasional, 1986.

Pengolahan Pofa (*Palm Oil Fuel Ash*) Dan Semen Sebagai Material Alternatif Timbunan Pilihan Jalan Untuk Perbaikan Infrastruktur Jalan

Dila Oktarise Dwina¹, Nazarudin², Oki Alfernando³, Dyah Kumalasari⁴, Tia Nofrina⁵

^{1,4,5}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Jambi

^{2,3}Program Studi Teknik Kimia, Universitas Jambi

^{2,3}Pusat Studi Energi and Nano Material, LPPM, Universitas Jambi

^{1,2,3,4}Pusat Unggulan IPTEK Bio-Geo Material Energy, Universitas Jambi

Email : diladwina@unja.ac.id

Diterima redaksi: 30 Maret 2022 | Selesai revisi: 14 April 2022 | Diterbitkan *online*: 30 April 2022

ABSTRAK

Perkembangan industri kelapa sawit yang terus meningkat berdampak terhadap limbah kelapa sawit berupa abu sisa pembakaran cangkang sawit atau dikenal dengan POFA (*Palm Oil Fuel Ash*). Salah satu cara menekan jumlah POFA ialah dengan memanfaatkannya dalam bidang Teknik Sipil. Pada penelitian ini limbah kelapa sawit berupa abu sawit (POFA) dimanfaatkan sebagai material untuk timbunan pilihan dalam konstruksi perkerasan jalan. Selain menggunakan POFA penelitian ini juga menggunakan bahan tambahan berupa semen dengan persentase penambahan sebesar 2%, 4%, 6% dan 12%. Hasil pengujian CBR rendaman (*soaked*) dan UCS dilaboratorium menunjukkan bahwa nilai CBR dan UCS mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kadar semen disetiap variasi. Nilai CBR dan UCS mengalami kenaikan dan mencapai nilai maksimum pada penambahan kadar 12 % yaitu sebesar 28,01% untuk CBR dan 4,903 kg/cm² untuk UCS. Nilai yang diperoleh sudah memenuhi standar dan dapat digunakan sebagai material timbunan pilihan.

Kata kunci : POFA, semen, CBR, UCS

ABSTRACT

The development of the palm oil industry which continues to increase has an impact on palm oil waste in the form of ash from burning palm shells, known as POFA (Palm Oil Fuel Ash). One way to reduce the number of POFA is to use it in the field of Civil Engineering. In this study, Palm Oil Fuel Ash (POFA) was used as a material for the embankment in road pavement construction. In addition to using POFA, this study also used additional materials in the form of cement with the percentage addition of 2%, 4%, 6% and 12%. The results of the soaked CBR and UCS tests in the laboratory showed that the CBR and UCS values increased with increasing cement content in each variation. The value of CBR and UCS increased and reached the maximum value at the addition of 12% concentration, which was 28.01% for CBR and 4.903 kg/cm² for UCS. The value obtained has reach the standard and can be used as a choice of embankment material.

Keyword : POFA, cement, CBR, UCS

1. Pendahuluan

Kelapa sawit menjadi salah satu komoditas agribisnis di Indonesia yang perkembangannya cukup pesat dan menjadi primadona dalam sektor perkebunan. Sumber

daya alam yang melimpah ini tersebar di berbagai wilayah di Indonesia, salah satunya ialah Provinsi Jambi. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jambi (2018) luas lahan kelapa sawit di Jambi pada tahun 2017

mencapai 497.984 Hektar. Perkembangan industri sawit yang terus meningkat akan berdampak terhadap limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan tandan buah segar (TBS). Limbah dari sawit berupa tandan kosong, sabut, dan batok atau cangkang sawit dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan energi mekanik dan panas. Hasil pembakaran dari limbah ini menghasilkan limbah baru berupa abu limbah kelapa sawit atau sering juga disebut *Palm Oil Fuel Ash* (POFA).[1-7]

Abu limbah kelapa sawit atau sering disebut *Palm Oil Fuel Ash* (POFA) merupakan masalah bagi industri kelapa sawit karena memerlukan lahan pembuangan yang luas. Jumlah POFA yang terus meningkat setiap tahunnya dan sampai sekarang masih kurang termanfaatkan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Salah satu cara menekan jumlah POFA ialah dengan memanfaatkan POFA sebagai material dalam bidang Teknik Sipil. Pada penelitian ini POFA akan digunakan sebagai material untuk timbunan pilihan dalam konstruksi perkerasan jalan.[3, 5, 6, 8, 9]

Menurut Bina marga (2018) tentang Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Divisi 3, timbunan pilihan harus digunakan sebagai lapisan penopang (*cappinglayer*) pada tanah dasar (*subgrade*) yang tergolong tanah lunak dan mempunyai CBR (*California Bearing Ratio*) lapangan kurang dari 2,5% yang tidak dapat ditingkatkan dengan pemadatan atau stabilisasi. Timbunan digunakan sebagai pondasi dasar yang mendukung lapisan pondasi bawah dan apabila lapis pondasi bawah tidak ada, maka lapisan tanah dasar digunakan sebagai lapisan yang mendukung langsung timbunan di atasnya. Persyaratan utama timbunan ialah harus mempunyai kemampuan untuk menyebarkan beban lalu lintas yang berulang tanpa mengalami deformasi atau penurunan yang berarti akibat beban lalu lintas dan beban timbunan itu sendiri. [1, 7, 8, 10-15]

Mengingat sekitar 20 juta hektar atau lebih dari 10% luas daratan di Indonesia merupakan tanah lunak yang terdiri dari tanah lempung lunak (*soft clay soil*) dan tanah gambut (*peatsoil*) dan Provinsi Jambi

merupakan salah satu daerah dengan kepemilikan lahan gambut terbesar ke 3 di pulau Sumatera (BPTP Balitbangtan Jambi, 2018), tidak sedikit konstruksi jalan raya harus dibangun di atas tanah lunak, dan tidak sedikit pula yang mengalami kerusakan akibat kuat dukungnya yang rendah. Berdasarkan permasalahan ini maka sangat diperlukan bahan atau material yang baik dan memenuhi standar untuk timbunan pilihan jalan. Material yang akan diuji cobakan pada penelitian ini yaitu berupa material campuran dari POFA dan semen. Percampuran antara POFA dan semen diharapkan mampu menghasilkan nilai CBR yang memenuhi untuk material timbunan pilihan jalan menurut spesifikasi Bina Marga.[1, 2, 4, 10, 13]

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kelayakan bahan stabilitas dari campuran POFA dan semen ini memenuhi atau tidak sebagai timbunan pilihan ialah berupa pengujian di laboratorium yaitu pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) dan UCS (*Unconfined Compression Strength*) atau uji kuat tekan bebas. Pengujian CBR bertujuan untuk mendapatkan nilai CBR dari campuran POFA dan semen, nilai CBR yang didapatkan harus memenuhi nilai CBR timbunan pilihan menurut Spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu CBR 10%. Selain CBR, penelitian kali ini juga melakukan uji UCS (*Unconfined Compression Strength*) atau kuat tekan bebas, uji UCS merupakan cara yang dilakukan di laboratorium untuk menghitung kekuatan geser tanah. Uji kuat tekan ini mengukur seberapa kuat tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya juga mengukur regangan tanah akibat tekanan tersebut.[1, 2, 4, 6, 11]

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Timbunan

Timbunan digunakan sebagai pondasi dasar yang mendukung lapisan pondasi bawah dan apabila lapis pondasi bawah tidak ada, maka lapisan tanah dasar digunakan sebagai lapisan yang mendukung langsung timbunan di atasnya, setiap timbunan jalan harus mempunyai kekuatan dan keawetan tertentu.[1, 8, 11]

Persyaratan utama timbunan ialah harus mempunyai kemampuan untuk menyebarkan beban lalu lintas yang berulang tanpa mengalami deformasi atau penurunan yang berarti akibat beban lalu lintas dan beban timbunan itu sendiri dan harus mempunyai stabilitas yang cukup terhadap faktor perusak seperti curah hujan, air rembesan dan gempa.

Berdasarkan Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Divisi 3-pekerjaan tanah tahun 2018, timbunan dibagi menjadi tiga jenis, yaitu timbunan biasa, timbunan pilihan dan timbunan pilihan di atas tanah rawa.

2.2. Abu Sawit atau POFA (Palm Oil Fuel Ash)

Proses pembakaran limbah sawit dalam boiler menyisakan produk sampingan berupa abu kelapa sawit atau POFA (Palm Oil Fuel Ash). POFA memiliki kandungan utama Silika dioksida (SiO₂) yang memiliki sifat reaktif dan aktivitas pozzolanik bagus yang bisa bereaksi menjadi bahan yang keras dan kaku.[7, 9, 16]

Tabel 1. Unsur Kimia POFA (Palm Oil Fuel Ash)

No	Unsur kimia	Persentase (%)
1	Silica dioksida (SiO ₂)	64,36
2	Aluminium oksida (Al ₂ O ₃)	4,36
3	Besi oksida (Fe ₂ O ₃)	3,41
4	Kalsium oksida (CaO)	7,92
5	Magnesium oksida (MgO)	4,58
6	SO ₃	0,04
7	K ₂ O	5,57

Sumber: Yuliana rizki, 2013

POFA (Palm Oil Fuel Ash) memiliki kandungan utama Silika dioksida (SiO₂) yaitu sebesar 64,36 %. Jumlah silika yang tinggi dapat diperoleh dari Palm Oil Fly Ash dengan harga murah sebagai bahan alternatif untuk banyak industri (Jamo dan Abdul, 2015).[16-21]

2.3. Semen

Semen merupakan suatu bahan pengikat yang bereaksi apabila bercampur dengan air. Semen merupakan bahan yang mempunyai sifat adhesive dan cohesive. Umumnya semen digunakan sebagai bahan pengikat (bonding material), yang dipakai bersama-

sama dengan batu kerikil dan pasir. Kandungan dari semen akan bereaksi dengan air menjadi bahan yang keras. Reaksi tersebut dikenal dengan reaksi hidrasi. Reaksi hidrasi semen banyak dimanfaatkan dalam pekerjaan konstruksi, contohnya semen digunakan sebagai bahan dasar beton dengan mencampur semen dan air serta beberapa bahan tambahan untuk meningkatkan kekuatannya. Selain itu semen juga digunakan para peneliti bidang geoteknik untuk perkuatan tanah yang memiliki kadar air tinggi.[7]

2.4. Pengujian Pemadatan Tanah

Pemadatan adalah usaha secara mekanik untuk merapatkan butir-butir tanah. Pemadatan dilakukan untuk mengurangi volume tanah, mengurangi volume pori namun tidak mengurangi volume butir tanah.

Menurut Bowles (1989) keuntungan yang diperoleh dengan melakukan pemadatan tanah yaitu:

- a. Berkurangnya penurunan permukaan tanah (subsidence), yaitu gerakan vertikal di dalam massa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori.
- b. Bertambahnya kekuatan tanah.
- c. Berkurangnya volume akibat berkurangnya kadar air pada saat pengeringan.

Berdasarkan SNI 1742:2008, Pemadatan tanah di laboratorium dilakukan untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum.[22]

2.5. California Bearing Ratio (CBR)

CBR dikembangkan oleh California State Highway Departement sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (subgrade) dan timbunan. CBR menunjukkan nilai relatif kekuatan tanah, semakin tinggi kepadatan tanah maka nilai CBR akan semakin tinggi. Walaupun demikian, tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dasar dipadatkan dengan kadar air rendah supaya mendapat nilai CBR yang tinggi, karena kadar air kemungkinan tidak akan konstan pada kondisi ini. Nilai CBR menunjukkan tingkat kekerasan tanah di lapangan.

Nilai CBR adalah perbandingan dalam persen (%) antara tekanan yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston

berpenampang bulat seluas 3 inch², dengan kecepatan 0.05 inch/menit. Tujuan dilakukan pengujian CBR ini adalah untuk mengetahui nilai CBR pada variasi kadar air pemadatan. Pengujian CBR merupakan cara untuk memperoleh nilai, kemudian dipakai dalam menentukan tebal perkerasan yang diperlukan.[1]

2.6. Uji Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Strenght Test*)

Kuat geser tanah merupakan gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Bila tanah mengalami pembebanan, maka tanah tersebut akan ditahan oleh kohesi tanah yang tergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, serta gesekan antar butir – butir tanah.

Salah satu pengujian yang digunakan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah adalah uji kuat tekan bebas. Uji kuat tekan bebas (UCS) bertujuan untuk mengetahui kekuatan tekan bebas tanah berkohesi tanpa tahanan keliling. Pengujian UCS dapat dilakukan pada material kohesif, seperti lempung dan tanah tersemen (*cemented soil*) yang tetap tegak tanpa tahanan keliling dan tidak mengeluarkan air selama pembebanan berlangsung.

3. Metodologi Penelitian

3.1. Teknik pengumpulan dan pengolahan data

Dalam penelitian ini analisis pengolahan data dilakukan setelah data terkumpul dari hasil pengujian di Laboratorium Bahan Bangunan Dinas Pekerjaan Umum Pasir Putih Provinsi

Jambi. Data-data yang diperoleh dari hasil pengujian ini disajikan dalam bentuk tabel, gambar, dan grafik yang kemudian dianalisa berdasarkan standar-standar SNI yang digunakan pada setiap pengujian. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada POFA maka didapatkan data

1. Data Pemadatan standar
2. Data CBR
3. Data UCS

3.2. Metode analisis data

Dari hasil pengujian CBR dan UCS akan disajikan dalam bentuk tabel, angka dan grafik secara sistematis, tujuannya ialah untuk melihat perbandingan dari masing-masing variasi campuran. Analisis dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran POFA dan semen sebagai material alternatif timbunan jalan. Sebelum dilakukan pengujian dalam penelitian ini, beberapa variasi sampel dipersiapkan terlebih dahulu, kemudian ditentukan untuk setiap masing-masing pengujian. Untuk lebih jelas jumlah sampel setiap variasi campuran yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2. Jumlah Sampel

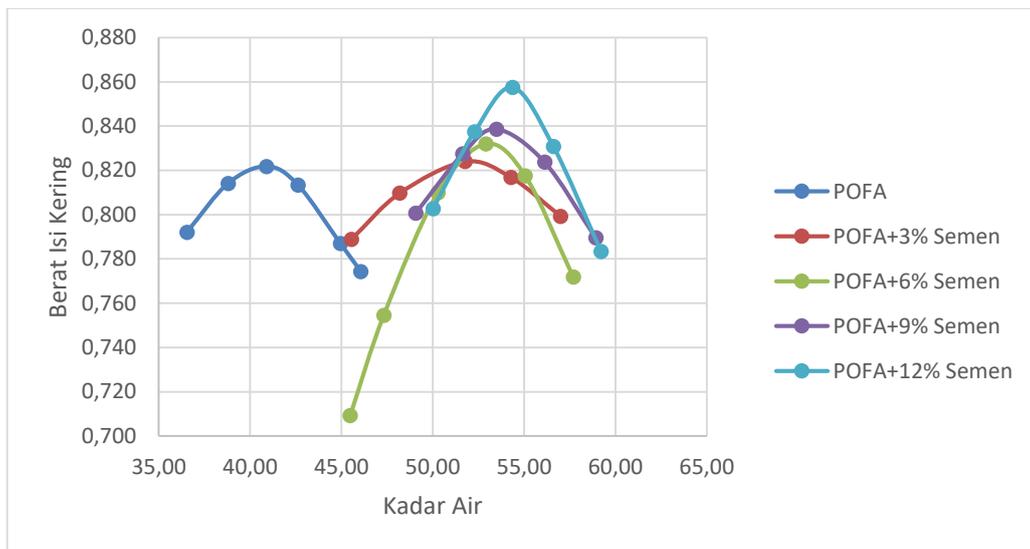
No	Keterangan variasi	Nama pengujian		
		Pemadatan	CBR	UCS
1	Variasi campuran 1	5 sampel	3 sampel	1 sampel
2	Variasi campuran 2	5 sampel	3 sampel	1 sampel
3	Variasi campuran 3	5 sampel	3 sampel	1 sampel
4	Variasi campuran 4	5 sampel	3 sampel	1 sampel
TOTAL		20 sampel	12 sampel	4 sampel

4. Analisis dan Pembahasan

4.1. Pemadatan

Pengujian pemadatan berfungsi untuk memperoleh nilai kadar air terbaik untuk mendapatkan berat volume kering atau kepadatan maksimum. Pada penelitian ini dilakukan pengujian pemadatan untuk masing-masing variasi penambahan semen yaitu pengujian pemadatan untuk 3% semen + POFA, 6% semen + POFA, 9% semen + POFA dan 12% semen + POFA. Hasil pengujian laboratorium dapat dilihat pada **Gambar 1**

Nilai kadar air optimum dan berat isi kering untuk masing-masing pengujian 3% semen + POFA, 6% semen + POFA, 9% semen + POFA dan 12% semen + POFA dapat dilihat pada **tabel 3**.



Gambar 1. Grafik hubungan kadar air dan berat isi kering setiap variasi penambahan semen
Sumber: Hasil Analisa, 2021

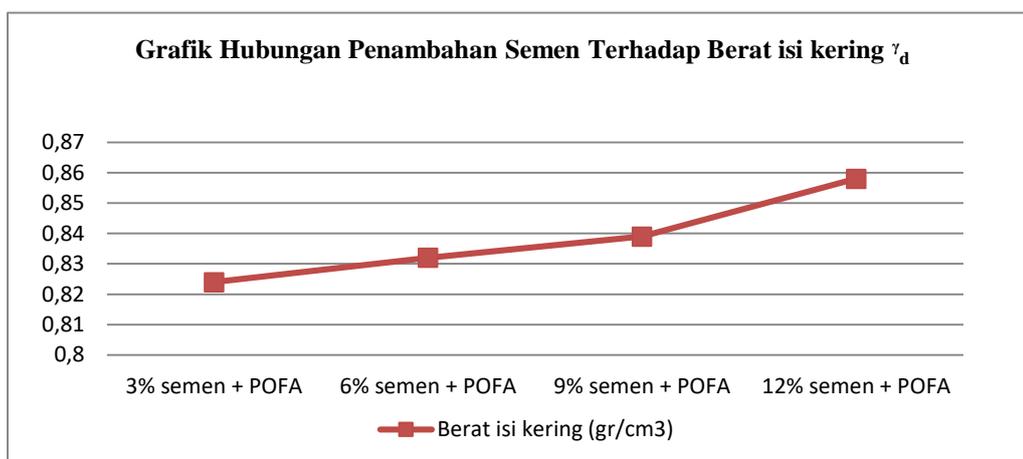
Tabel 3. Jumlah Sampel

Variasi	Berat isi kering (% _d) (gr/cm ³)	Kadar air optimum (w _{opt}) (%)
3% semen + POFA	0,824	51,76
6% semen + POFA	0,832	52,90
9% semen + POFA	0,839	53,48
12% semen + POFA	0,858	54,37

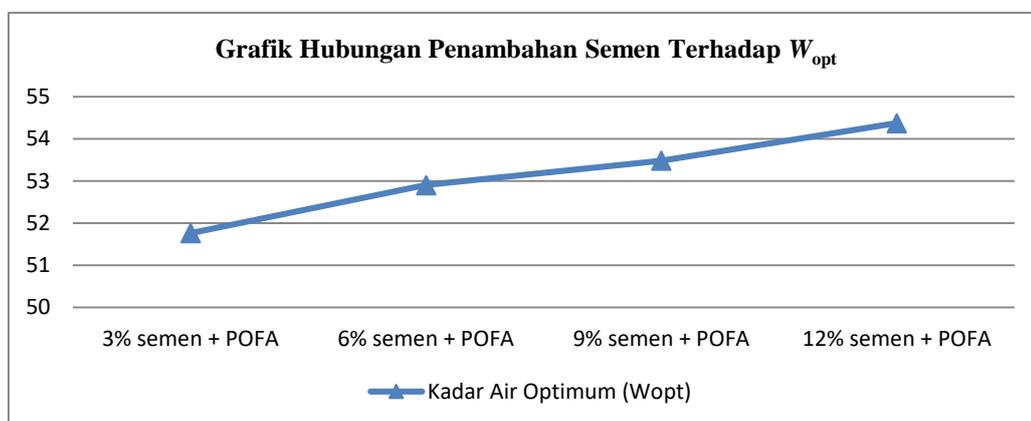
Sumber : Hasil Analisa, 2021

Pengaruh penambahan semen terhadap kadar air optimum pada masing-masing variasi dapat dilihat pada grafik hubungan penambahan semen terhadap berat isi kering dan kadar air optimum pada **gambar 2** dan **gambar 3**.

Berdasarkan **gambar 2** dan **gambar 3** dapat dilihat bahwa penambahan semen disetiap variasi dapat meningkatkan nilai berat isi kering dan kadar air optimum. Berdasarkan hal ini dapat disimpulkan bahwa penambahan semen pada setiap variasi dapat meningkatkan nilai kepadatan untuk masing-masing variasi.



Gambar 2. Grafik Hubungan Penambahan Semen Terhadap Berat isi kering γ_d
 Sumber : Hasil Analisa, 2021



Gambar 3. Grafik Hubungan Penambahan Semen Terhadap Berat isi kering W_{opt}
 Sumber : Hasil Analisa, 2021

4.2. Pengujian California Bearing Ratio (CBR)

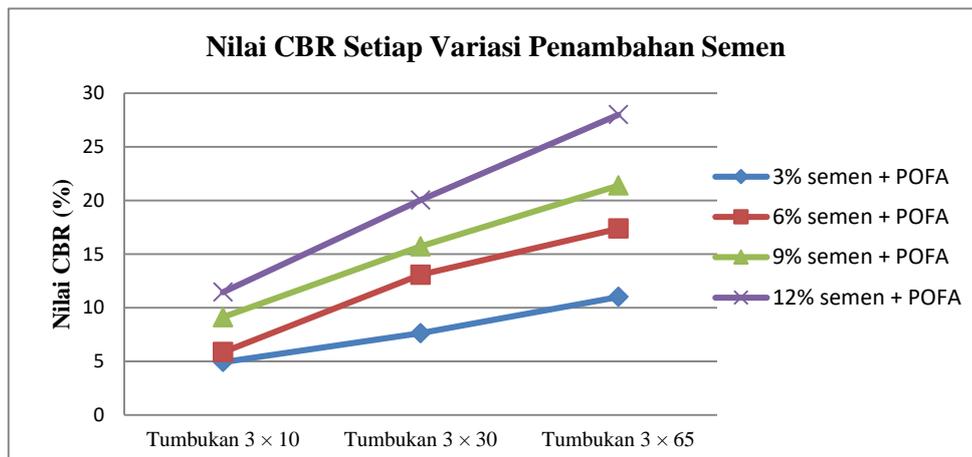
Nilai rata-rata CBR dari pengujian di laboratorium untuk tumbukan 3×10 , tumbukkan 3×30 , dan tumbukkan 3×65 pada masing-masing variasi penambahan semen dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 4. Nilai CBR pada setiap penambahan semen terhadap POFA mengalami peningkatan, hal ini dapat.

Dilihat pada tabel 4 dan gambar 4, dimana nilai CBR untuk penambahan semen sebanyak 3% pada tumbukan 3×65 yaitu sebesar 11,01%, sedangkan untuk penambahan semen sebanyak 6% yaitu 17,38%, dan nilai CBR terus mengalami peningkatan yaitu 21,39% untuk penambahan semen sebanyak 9% dan 28,01% untuk penambahan semen 12%.

Tabel 4. Nilai CBR setiap variasi penambahan semen

Variasi	Nilai CBR (%)		
	Tumbukan 3×10	Tumbukan 3×30	Tumbukan 3×65
3% semen + POFA	4,93	7,62	11,01
6% semen + POFA	5,86	13,07	17,38
9% semen + POFA	9,11	15,72	21,39
12% semen + POFA	11,45	20,04	28,01

Sumber: Hasil Analisa, 2021



Gambar 4. Nilai CBR setiap variasi penambahan semen
 Sumber: Hasil Analisa, 2021

Penambahan jumlah semen pada setiap variasi campuran dapat meningkatkan nilai daya dukung atau yang disebut dengan nilai CBR. Hal ini disebabkan oleh terjadinya reaksi sementasi. Reaksi yang terjadi membentuk suatu butiran baru yang lebih keras sehingga material menjadi kuat dan permanen. selain itu penambahan semen pada POFA juga dapat membuat terisinya rongga pori sehingga mengakibatkan terjadinya sifat saling mengikat antar butir-butirnya semakin besar yang kemudian menghasilkan stabilitas yang tinggi. Terisinya pori-pori tanah juga dapat memperkecil terjadinya rembesan pada campuran POFA dan semen yang berdampak pada berkurangnya potensi kembang susut. Berdasarkan Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Divisi 3-pekerjaan tanah tahun 2018, material timbunan pilihan bila diuji sesuai dengan SNI 03-1744-2012, memiliki CBR paling sedikit 10 % setelah 4 hari perendaman bila dipadatkan sampai 100% kepadatan kering maksimum sesuai dengan SNI 03-1742-2008. Berdasarkan standar ini nilai CBR yang telah diperoleh dari pengujian CBR campuran 3% semen pada tumbukan 3x65 yaitu 11,01% telah dapat digunakan sebagai material timbunan pilihan untuk konstruksi perkerasan jalan.

4.3. Pengujian Unconfined Compression Strength (UCS)

Pengujian UCS merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui stabilitas tanah. Pengujian UCS yang dilakukan pada laboratorium ialah dengan menggunakan sampel yang dibentuk kembali

atau disebut dengan *remoulded*. Campuran POFA dan semen dibentuk dengan menggunakan silinder berdiameter 4,8 cm dan tinggi 9,6 cm. Dalam proses pembuatan benda uji menggunakan kadar air optimum yang diperoleh dari pengujian pemadatan. Pengujian UCS dilakukan pada masing-masing variasi penambahan semen. Hasil pengujian untuk masing-masing variasi penambahan semen yaitu 3% semen + POFA, 6% semen + POFA, 9% semen + POFA dan 12% semen + POFA dapat dilihat pada tabel 5.

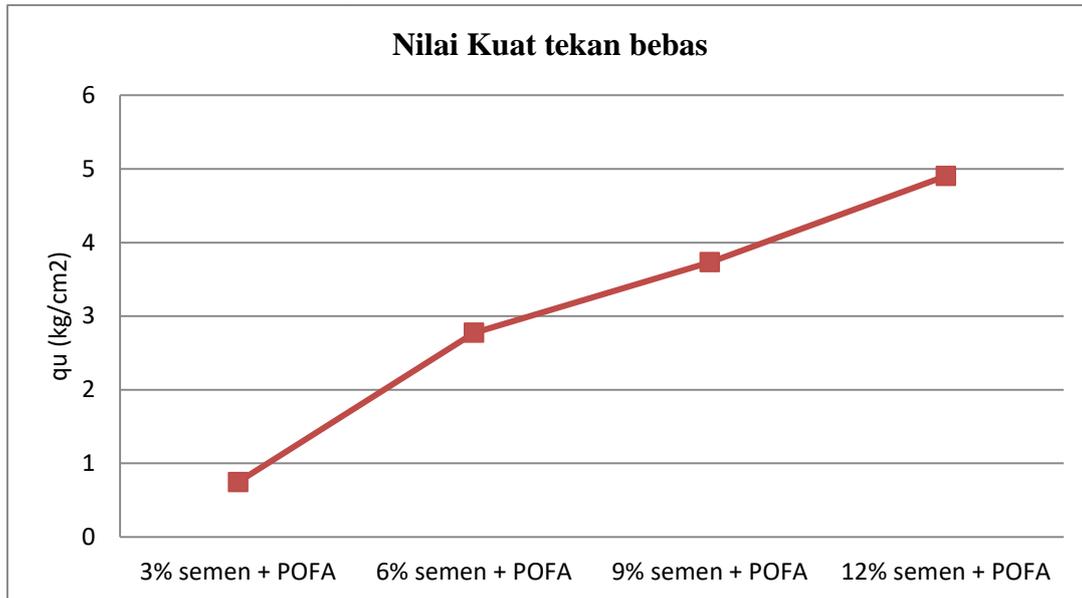
Tabel 5. Rekapitulasi hasil pengujian UCS untuk setiap variasi campuran

Variasi	q _u (kg/cm ²)	c _u (kg/cm ²)
3% semen + POFA	0,748	0,374
6% semen + POFA	2,775	1,388
9% semen + POFA	3,732	1,866
12% semen + POFA	4,903	2,451

Sumber: Hasil Analisa, 2021

Nilai kuat tekan disetiap penambahan semen mengalami peningkatan, hal ini dapat dilihat dari tabel 5 yaitu pada penambahan campuran semen 6% dapat meningkatkan nilai kuat tekan 2 kali lipat dari penambahan 3% semen yaitu sebesar 2,775 kg/cm², penambahan 9% dan 12 % semen mengalami peningkatan nilai kuat tekan yaitu sebesar 3,732 kg/cm² dan 4,903 kg/cm². Grafik

peningkatan nilai kuat tekan (q_u) pada pengujian ini dapat dilihat pada **gambar 5**.



Gambar 5. Nilai kuat tekan setiap variasi penambahan semen

Sumber: Hasil Analisa, 2021

Sejalan dengan hasil pengujian CBR, hasil pengujian UCS juga mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya persentase semen dalam campuran. meningkatnya nilai UCS disetiap pertambahan kadar semen diakibatkan oleh semen sebagai pengikat. Reaksi sementasi yang terjadi pada campuran semen dan POFA menyebabkan terbentuknya butiran yang lebih keras. selain itu penambahan semen juga memperkecil terbentuknya rongga antar butiran sehingga memperbesar stabilitas dan benda uji tidak mudah pecah ketika diberi tekanan vertikal.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Pengujian pengaruh penambahan semen terhadap POFA berdasarkan uji CBR dan UCS telah dilakukan di laboratorium. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan di laboratorium dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian CBR rendaman (*soaked*) di laboratorium menunjukkan bahwa, nilai CBR mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kadar semen disetiap variasi. hal ini disebabkan oleh terjadinya reaksi sementasi yang membuat material lebih keras sehingga meningkatkan stabilitas. Nilai CBR untuk penambahan 3% yaitu 11,01%,

penambahan 6% semen sebesar 17,38% dan untuk penambahan 9% dan 12% yaitu 21,39% dan 28,01%. Berdasarkan standar Bina Marga (2018) nilai CBR pada penambahan 3% semen yaitu 11,01% dapat digunakan sebagai material timbunan pilihan karena nilai CBR \geq 10%.

2. Berdasarkan pengujian UCS menggunakan sampel *remoulded* diperoleh nilai UCS pada setiap penambahan 3%, 6%, 9% dan 12% semen yaitu 0,748 kg/cm², 2,775 kg/cm², 3,732 kg/cm², dan 4,903 kg/cm². Penambahan kadar semen pada setiap variasi juga berpengaruh terhadap meningkatnya nilai UCS. Sehingga hal ini sejalan dengan hasil pengujian CBR dimana setiap penambahan kadar semen dapat meningkatkan stabilitas material.

5.2. Saran

Dari pengujian yang telah dilakukan di laboratorium ada beberapa hal yang perlu diperhatikan selama proses penelitian di laboratorium dan untuk penyempurnaan pada penelitian selanjutnya yaitu pada proses pencampuran semen dan POFA sebaiknya dilakukan pengadukan secara merata karena homogenitas campuran sangat berpengaruh terhadap nilai CBR dan UCS.

6. Daftar Pustaka

- [1] D. Wesley, *Mekanika Tanah*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum, 1997.
- [2] ASTM, *Annual Book of Standart: Soil And Rock; Building Stones; Peats*. vol. 408, 1989.
- [3] Suparma, L. Budi, T. W, Panggabean, and S. Mude, "Potensi Penggunaan Limbah Kelapa Sawit Sebagai Agregat Pengisi Pada Campuran Hot Rolled Sheet-Base," *Jurnal Transportasi*, vol. 14, pp. 87-96, 2014.
- [4] R. M. Brooks, "Soil Stabilization with Fly Ash and Rice Husk Ash," *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, vol. 1, 2009.
- [5] S. Dhakar and S. K. Jain, "Stabilization of Soil Using Flyash, Lime & Cement," *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 5, 2016.
- [6] B. D. Nath, M. K. A. Molla, and G. Sarkar, "Study on Strength Behavior of Organic Soil Stabilized with Fly Ash," *International Scholarly Research Notices*, vol. 2017, 2017.
- [7] D. O. Dwina, N. Nazarudin, D. Kumalasari, and E. Fitriani, "Stabilisasi Tanah Gambut Dengan Penambahan Material Kapur Dan Fly Ash Dari Sisa Pembakaran Cangkang Sawit Sebagai Subgrade Jalan," *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil* vol. 10, pp. 24-32, 2021.
- [8] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2012.
- [9] M. Anggraini and A. Saleh, "Penambahan Abu Tandan Kelapa Sawit dan Semen Terhadap Nilai CBR (California Bearing Ratio) Pada Tanah Lempung," *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 6, pp. 49-55, 2020.
- [10] *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Divisi III untuk Pekerjaan Tanah dan Geosintetik*, 2018.
- [11] K. Terzaghi and B. P. Peck, *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Jakarta: Erlangga, 1967.
- [12] E. J. Bowles, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: PT. Erlangga, 1991.
- [13] J. J. Neville and A. M. Brooks, *Concrete Technology*. England: Education Limited, 2009.
- [14] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah I*, 6 ed. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1992.
- [15] O. C. Ingles and B. Metcalf, *Soil Stabilization Principles and Practice*. Sydney-Melbourne-Brisbane: Butterworths, 1972.
- [16] W. Tangchirapat, T. Saeting, C. Jaturapitakkul, K. Kiattikomol, and A. Siripanichgorn, "Use of waste ash from palm oil industry in concrete," *Waste Management*, vol. 27, pp. 81-88, 2007.
- [17] K. Abdullah, M. A. Nasly, M. W. Hussin, N. A. A. Nordin, and Z. Zakaria, "Properties of Aerated Concrete Containing Various Amount of Palm Oil Fuel Ash, Water Content and Binder Sand Ratio," *2010 2nd International Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering*, pp. 391-395, 2010.
- [18] D. Kumar, N. Kumar, and A. Gupta, "Geotechnical Properties of Fly Ash and Bottom Ash Mixtures in Different Proportions," *International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN*, vol. 3, pp. 1487-1494, 2012.
- [19] Safiuddin, A. Salam, and M. Z. Jumaat, "Utilization of palm oil fuel ash in concrete: a review," *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 17, pp. 234-247., 2011.
- [20] S. M. Subash and N. Mahendran, "Exploitation of Bottom Ash and Fly Ash in Road Construction," *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, vol. 9, pp. 76-80, 2016.
- [21] W. Tangchirapat and C. Jaturapitakkul, "Strength, Drying Shrinkage, and Water Permeability of Concrete Incorporating Ground Palm Oil Fuel Ash," *Cement & Concrete*

- Composites*, vol. 32, pp. 767-774, 2010.
- [22] J. Bowles, *Analisis dan Desain Pondasi*, 4 ed. vol. 1. Jakarta: Erlangga, 1991.

Analisis Sedimentasi di Tampungan Embung Daerah Irigasi Jurug Lendah Kulon Progo

Ahmad Hakim Bintang Kuncoro¹, Diah Setyati Budiningrum², Istianah³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Semarang

Email: ahmad@usm.ac.id

Diterima redaksi: 25 Maret 2022 | Selesai revisi: 14 April 2022 | Diterbitkan online: 30 April 2022

ABSTRAK

Daerah irigasi Jurug merupakan salah satu kawasan pertanian di daerah Kulon Progo. Penyediaan air untuk daerah irigasi tersebut bersumber dari tampungan embung yang berada di hulu daerah irigasi tersebut. Beberapa tahun terakhir terjadi pendangkalan tampungan akibat sedimentasi yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas tampungan embung, serta tertutupnya pintu *intake* irigasi akibat penumpukan sedimen tersebut. Analisis menggunakan model USLE untuk memprediksi laju sedimentasi akibat erosi lahan yang terjadi pada daerah tangkapan hujan di hulu embung Jurug. Memperkirakan laju sedimentasi pada embung Jurug bertujuan untuk mempersiapkan langkah ke depan sebagai bentuk penanganan dari dampak sedimentasi yang terjadi. Hasil analisis menunjukkan jumlah rerata erosi yang terjadi di DAS di hulu Embung D.I. Jurug adalah sebesar 54,66 ton/ha/tahun dan masuk kedalam kelas tingkat bahaya erosi Berat (B III). Jumlah sedimen selama 23 tahun sebesar 730,12 ton sedimen. Penanganan sedimen dapat dilakukan dengan cara penghijauan, pengerukan sedimen, dan membangun sedimen trap.

Kata kunci: embung, erosi, sedimentasi, USLE

ABSTRACT

Jurug irrigation area is one of the agricultural areas in kulon Progo area. The provision of water for the irrigation area is sourced from the dew reservoir located in the upper reaches of the irrigation area. In recent years there has been a shallowing of the reservoir due to sedimentation which resulted in a reduced capacity of the dew reservoir, as well as the closure of irrigation intake doors due to the accumulation of sediment. The analysis used the USLE model to predict sedimentation rates due to land erosion that occurred in the rain catchment area upstream of Jurug dew. Estimating the sedimentation rate in jurug dew aims to prepare the next step as a form of handling the impact of sedimentation that occurs. The results of the analysis showed that the average amount of erosion that occurred in the watershed upstream of Embung D.I. Jurug was 54,66 tons / ha / year and fell into the class of severe erosion hazard level (B III). The amount of sediment over 23 years amounted to 730,12 tons of sediment. Sediment handling can be done by greening, dredging sediments, and building sediments trap.

Keywords: reservoir, erosion, sedimentation, USLE

1. Pendahuluan

Erosi tanah yang diakibatkan oleh adanya hujan yang mengikis permukaan tanah dan membawanya pada lokasi yang lebih rendah menjadi isu utama dalam pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) di Indonesia. Selain itu perubahan tata guna lahan yang berdampak pada berubahnya perilaku erosi yang terjadi pada kawasan tersebut. Sedimen merupakan partikel tanah dalam air yang mengendap di daerah yang lebih rendah seperti sungai, danau, saluran irigasi, dan beberapa tempat saat

terjadinya erosi [1]. Semakin banyaknya sedimen di hilir sungai, menandakan semakin tingginya tingkat erosi di hulu sungai [2].

Daerah Irigasi (DI) Jurug merupakan salah satu kawasan pertanian di daerah Kulon Progo yang menggunakan air dari tampungan embung yang berada di hulu daerah irigasi tersebut. Embung DI Jurug telah difungsikan sejak tahun 1998 dan kondisi embung saat ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Embung DI Jurug

Beberapa tahun terakhir terjadi pendangkalan akibat sedimentasi yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas tampungan embung. Peningkatan kapasitas tampungan telah dilakukan dengan cara meninggikan badan bendung dari 2 meter menjadi 4 meter, namun kapasitas tampungan terus berkurang dengan cepat akibat sedimen. Luas DAS di hulu embung DI Jurug hanya seluas ±790 ha dan tergolong DAS yang sangat kecil.

Model empiris yang paling populer untuk menentukan nilai erosi adalah model USLE [3]. Indeks panjang dan kemiringan lereng (LS), erosivitas curah hujan (R), erodibilitas tanah (K), manajemen tanaman penutup tanah dan teknik konservasi (CP) merupakan faktor penentu tingkat akurasi model USLE [4]. Pendugaan nilai erosi sangat tergantung oleh perhitungan erosivitas hujan [5]. Negara tropis yang memiliki curah hujan tinggi sangat penting sekali memperhitungkan erosivitas hujan [6]. Besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu merupakan komponen pembentuk hasil sedimen (*sediment yield*) [7].

Perlu adanya pengecekan berapa jumlah sedimen yang masuk pada embung DI Jurug untuk mengevaluasi pengelolaan DAS dan sebagai acuan tindak lanjut untuk penanganan sedimentasi tersebut. Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan beberapa masalah seperti berapa rata-rata erosi yang terjadi dalam setahun, tergolong ke dalam kelas tingkat bahaya erosi apa erosi yang terjadi pada DAS di hulu Embung D.I. Jurug, serta berapa jumlah sedimen sejak awal embung difungsikan yaitu tahun 1998 hingga tahun 2020 di tampungan embung DI Jurug. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah erosi rerata dalam setahun dan mengetahui kelas tingkat bahaya erosi yang terjadi pada DAS di hulu embung DI

Jurug, serta untuk mengetahui jumlah sedimen yang masuk di tampungan embung DI Jurug dari tahun 1998 hingga 2020.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai bahan masukan bagi pihak pengelola DI Jurug agar dapat mendesain alternatif penanganan sedimentasi di embung DI Jurug,

2. Tinjauan Pustaka

2.2. Metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*)

USLE merupakan metode yang dibuat untuk memperkirakan rata-rata erosi tanah dalam jangka waktu yang panjang pada suatu Kawasan dengan pengelolaan tertentu. Bentuk erosi yang diprediksi berupa prediksi erosi lembar atau alur [8]. Model prediksi erosi USLE menggunakan persamaan empiris sebagai berikut [2]:

$$E_A = EI \times K \times L \times S \times C \times P \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

- E_A = laju erosi tanah (ton/ha/tahun),
- I = indeks erosivitas curah hujan (kJ/ha),
- K = indeks erodibilitas tanah (ton/kJ),
- L = ideks panjang lereng,
- S = indeks kemiringan lereng,
- C = indeks penutupan vegetasi,
- P = indeks pengolahan lahan atau tindak konservasi tanah

Kemampuan hujan yang dapat menyebabkan erosi terutama oleh air merupakan arti dari erosivitas hujan [5]. Untuk mendapatkan nilai indeks erosivitas hujan (EI) dilakukan dengan membuat peta sebaran curah hujan dari beberapa stasiun hujan. Untuk mendapatkan nilai Erosivitas digunakan rumus berikut [4]:

$$EI = 6,119 \times R^{1,21} \times D^{-0,41} \times M^{0,53} \dots(2)$$

dimana:

- EI = erosivitas hujan (kJ/ha),
- R = curah hujan rerata bulanan (cm),
- D = jumlah hari hujan rata-rata bulanan (hari),
- M = curah hujan maksimum rerata dalam 24 jam per bulan selama satu tahun (cm).

Indeks erodibilitas tanah (K) menunjukkan tingkat kerentanan tanah terhadap erosi, yaitu retensi partikel terhadap pengikisan dan perpindahan tanah oleh energi kinetik air hujan. Nilai variabel K dapat diperoleh dari data sekunder menggunakan jenis tanah yang dapat dilihat pada Tabel 1 [9].

Tabel 1. Jenis Tanah dan Nilai Erodibilitas Tanah (K)

No.	Jenis Tanah	Nilai K
1	Podsolik	0,16
2	Grumusol	0,21
3	Mediteran	0,23
4	Litosol	0,29
5	Latosol	0,31
6	Regosol	0,40
7	Alluvial	0,47

Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) terdiri dari dua komponen, yakni faktor panjang lereng (L) dan faktor kemiringan lereng (S) yang dapat ditentukan berdasarkan peta kemiringan lereng. Peta kemiringan lereng di lokasi penelitian diperoleh berdasarkan analisis citra pada peta *Digital Elevation Model* (DEM) yang diklasifikasi menjadi lima kelas.

Nilai panjang dan kemiringan lereng (LS) disajikan dalam Tabel 2 [10].

Tabel 2. Nilai Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

No.	Kelas lereng	Nilai LS
1	< 5 %	0,25
2	> 5 % - 15 %	1,20
3	> 15 % - 35 %	4,25
4	> 35 % - 50 %	9,50
5	> 50 %	12,00

Tingkat erosi terpengaruh oleh dampak suatu kegiatan pertanian maupun pengolahan lahannya yang digambarkan oleh indeks penutupan vegetasi dan pengolahan lahan (CP) [8]. Nilai CP khususnya di Pulau Jawa dengan nilai yang dapat dilihat pada Tabel 3 [2].

Tabel 3. Nilai Faktor Penutup Vegetasi dan Pegolahan Lahan (CP)

No.	Penutup Lahan	Kelas lereng / Nilai CP			
		0 - 2 %	2 - 15 %	15 - 40 %	> 40 %
1	Pemukiman	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500
2	Sawah	0,0100	0,0100	0,0100	0,0250
3	Tegalan	0,0445	0,0625	0,0955	0,1365
4	Perkebunan	0,0045	0,0104	0,0199	0,0338
5	Kebun campur	0,0223	0,0313	0,0478	0,0683
6	Hutan alam	0,0002	0,0005	0,0010	0,0010
7	Hutan produksi	0,0010	0,0010	0,0020	0,0020
8	Semak blukar	0,0010	0,0015	0,0020	0,0020
9	Padang rumput	0,0050	0,0100	0,0200	0,0200
10	Lahan terbuka	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

2.3. Tingkat Bahaya Erosi

Perbandingan antara nilai kedalaman solum tanah terhadap nilai erosi permukaan

merupakan penentu tingkat bahaya erosi dengan klasifikasi seperti pada Tabel 4 [11].

Tabel 4. Kelas Tingkat Bahaya Erosi

Solum Tanah (cm)	Kelas Erosi				
	I	II	III	IV	V
	Erosi (ton/ha/tahun)				
	< 15	15 - 60	60 - 180	180 - 480	> 480
Dalam (> 90)	SR	R	S	B	SB
Sedang (60 - 90)	0	I	II	III	IV
Dangkal (30 - 60)	R	S	B	SB	SB
Sangat Dngkal (< 30)	I	II	III	IV	IV
	S	B	SB	SB	SB
	II	III	IV	IV	IV
	B	SB	SB	SB	SB
	III	IV	IV	IV	IV

Klasifikasi pada Tabel 4 menunjukkan bahwa bahaya erosi terdiri dari SR (sangat ringan), R

(ringan), S (sedang), B (berat), SB (sangat berat).

2.4. Metode SDR (Sediment Delivery Ratio)

Metode USLE hanya memperkirakan laju erosi pada suatu lahan, sehingga perlu tambahan perhitungan untuk mendapatkan nilai laju sedimen yang masuk pada suatu tampungan. Persamaan yang dapat digunakan untuk mendapat nilai sedimen adalah menggunakan SDR seperti pada persamaan berikut [12].

$$SY = SDR \times E_A \dots\dots\dots(3)$$

$$SDR = 0,5656 \times A^{-0,11} \dots\dots\dots(4)$$

dimana:

SY = produksi sedimen (*sediment yield*) (ton/tahun),

SDR = *sediment delivery ratio*,

E_A = laju erosi tanah (ton/ha/tahun),

A = luas DAS (km²).

3. Metode Penelitian

Lokasi penelitian berada di DI Jurug, Desa Sidorejo, Kecamatan Ledah, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Dalam penelitian ini terdapat dua data sekunder yang dibutuhkan, yaitu peta digital yang diperoleh dari internet maupun instansi yang menyediakan dan data hujan yang diperoleh dari instansi yang menyediakan.

Setelah memperoleh data yang dibutuhkan, maka selanjutnya data tersebut dikelompokkan terlebih dahulu. Tahap selanjutnya yaitu pengolahan data dengan cara sebagai berikut:

- a. Pengolahan data hujan menggunakan Ms. Excel,
- b. Pembuatan peta sebaran curah hujan dengan cara deliniasi peta digital dan menggunakan metode aplikasi ArcGIS
- c. Hasil langkah b diolah menggunakan Persamaan (2) untuk mendapatkan nilai EI,
- d. Pembuatan peta jenis tanah cara deliniasi peta digital menggunakan aplikasi ArcGIS untuk mendapatkan nilai K,
- e. Pembuatan peta lereng cara analisis peta DEM menggunakan aplikasi ArcGIS untuk mendapatkan nilai LS,
- f. Pembuatan peta tata guna lahan dengan cara deliniasi peta digital menggunakan aplikasi ArcGIS untuk mendapatkan nilai CP,
- g. Perhitungan nilai E_A menggunakan Persamaan 1,
- h. Menentukan tingkat bahaya erosi sesuai dengan klasifikasi pada Tabel 4,
- i. Perhitungan nilai SY dengan Persamaan (3) dan Persamaan (4),

- j. Tahapan terakhir pada penelitian ini adalah untuk menarik kesimpulan dari hasil penelitian dan memberikan saran terkait hal yang perlu diterapkan pada situasi saat ini serta yang akan datang.

4. Analisis dan Pembahasan

4.1. Analisis Indeks Erosivitas Curah Hujan (EI)

Perhitungan nilai indeks erosivitas curah hujan dilakukan dengan data curah hujan yang didapat dari stasiun hujan di dekat lokasi penelitian. Data hujan yang digunakan berasal dari Stasiun Hujan Brosot mulai Tahun 1998 hingga 2020 yang dapat dilihat pada lampiran. Persamaan (2) digunakan sebagai dasar perhitungan yang yang membutuhkan data input berupa curah hujan rata-rata bulanan (R). Kemudian jumlah hari hujan rata-rata bulanan (D) dan curah hujan maksimum rata-rata dalam 24 jam per bulan dalam kurun waktu satu tahun (M). Nilai indikator sebagai input data dan hasil perhitungan EI dapat dilihat pada Tabel 5. berikut ini.

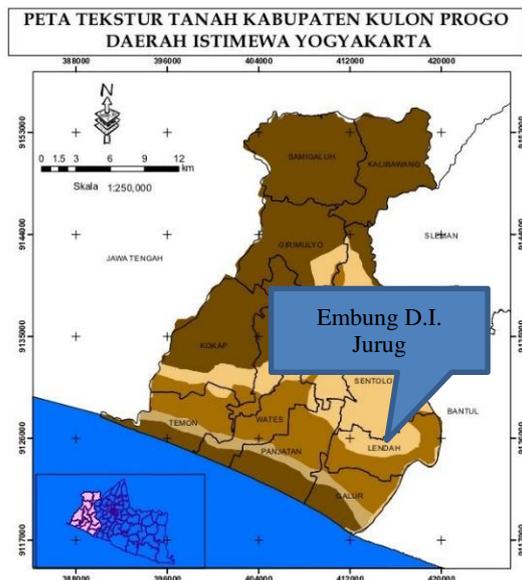
Tabel 5. Perhitungan Indeks Erosivitas Curah Hujan (EI)

Tahun	R	D	M	EI (Bols)
	cm	hari	cm	kJ/ha
1998	22,74	9	6,75	260,45
1999	21,73	6	6,17	283,01
2000	19,89	9	5,80	203,50
2001	21,89	9	6,39	243,66
2002	11,08	6	3,41	91,51
2003	17,99	7	4,15	168,34
2004	17,43	7	5,23	189,26
2005	19,93	8	6,55	240,04
2006	13,65	7	3,68	118,15
2007	16,29	7	5,23	178,46
2008	16,26	7	3,92	145,99
2009	12,15	6	3,83	107,53
2010	17,81	9	5,21	168,15
2011	17,91	8	3,65	154,74
2012	10,53	6	3,53	92,50
2013	13,19	8	4,52	117,26
2014	16,36	9	4,29	140,56
2015	14,53	7	4,17	134,70
2016	19,88	11	6,13	190,31
2017	10,54	11	6,19	89,44
2018	9,34	7	3,03	65,93
2019	6,13	6	3,61	48,24
2020	1,13	7	3,99	6,11
Rata-rata				149,47

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

4.2. Analisis Indeks Erodibilitas Tanah (K)

Berdasarkan data berupa peta tekstur tanah Kabupaten Kulon Progo pada Gambar 2. menunjukkan bahwa lokasi penelitian memiliki tekstur tanah halus. Pada beberapa literatur yang lain, daerah lokasi penelitian digolongkan dengan jenis tanah Entisol serta masuk dalam golongan alluvial. Tanah di DAS Embung D.I. Jurug yang bertekstur halus dan berjenis Entisol Aluvial dengan kedalaman solum sebesar 50 cm (dangkal), maka nilai erodibilitas tanah pada lokasi penelitian berdasarkan Tabel 1. pada sub BAB sebelumnya menunjukkan nilai sebesar 0,47 ton/kJ.

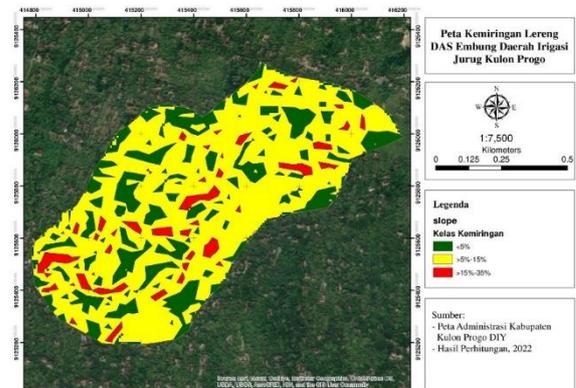


Gambar 2. Peta tekstur tanah lokasi penelitian

4.3. Analisis Indeks Nilai Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Analisis nilai panjang dan kemiringan lereng dilakukan dengan membuat peta kelerengan dengan bantuan *software* ArcGIS dan peta DEM, Klasifikasi kemiringan lereng yang berada di DAS D.I. Embung Jurug dengan kelas <5% terdapat 22,5% dari luas DAS D.I. Jurug. Kemudian kelas >5%-15% menjadi luas terbanyak dengan persentase sebesar 71,9% dari luas DAS D.I. Embung Jurug,. Sedangkan yang terkecil dengan persentase luas sebesar

5,6% adalah kelas >15%-35%, Gambar dan tabel kelas kemiringan dapat dilihat pada Gambar 3. dan Tabel 6. berikut ini.



Gambar 3. Peta kemiringan lereng daerah penelitian

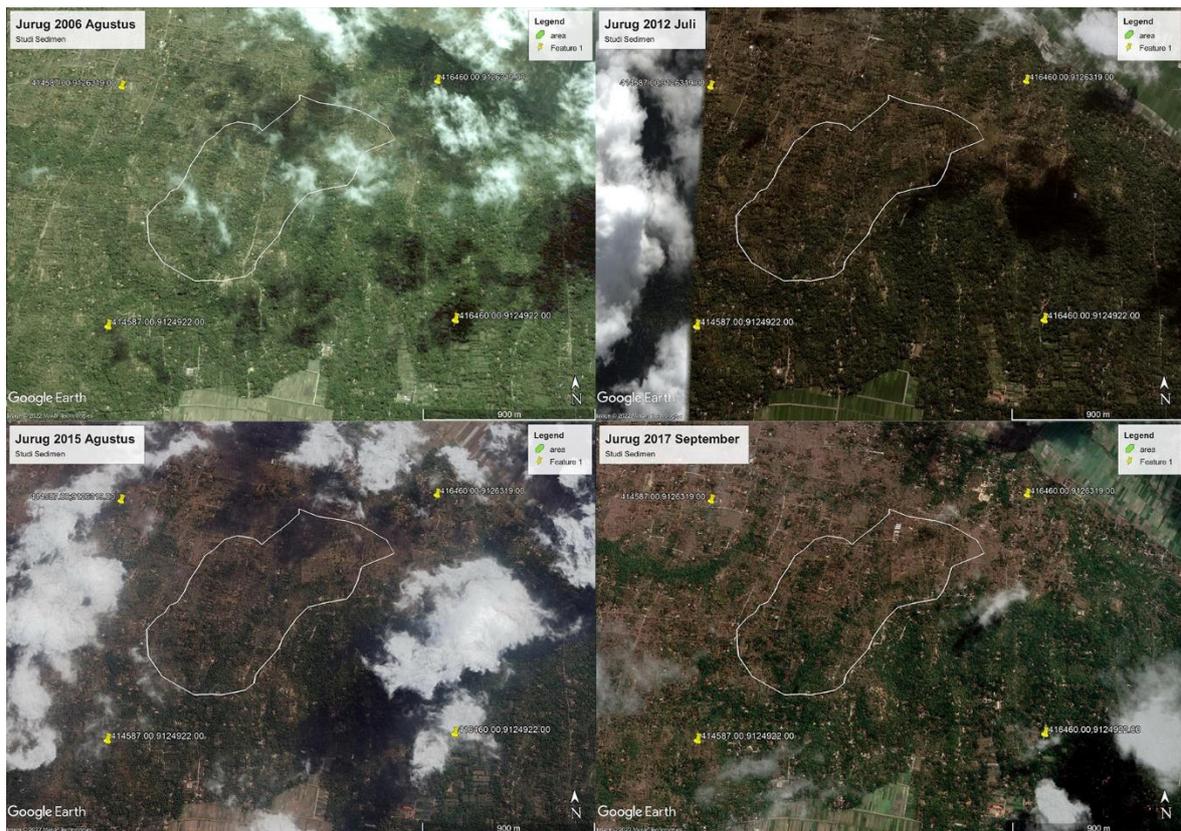
Tabel 6. Perhitungan Indeks Nilai Panjang dan Kemiringan Lereng

No.	Kelas Kemiringan (%)	Luas (m ²)	LS
1	< 5%	176682,39	0,25
2	> 5% - 15%	565049,22	1,20
3	> 15% - 35%	44011,60	4,25
Rata-rata			1,16

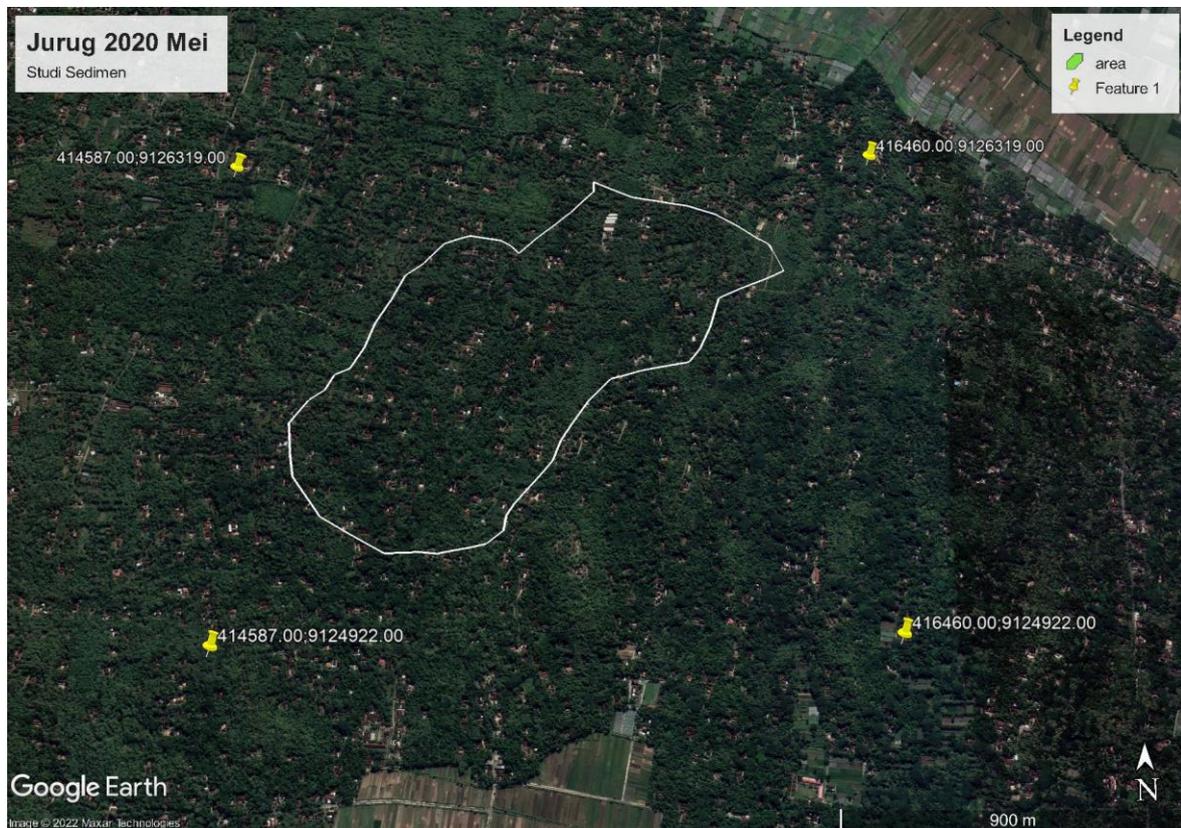
Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

4.4. Analisis Penutupan Vegetasi dan Pengolahan Tanah (CP)

Perhitungan laju erosi pada penelitian ini dilakukan selama kurun waktu 23 tahun, sehingga perlu adanya data peta tata guna lahan pada Tahun 1998 hingga 2020. Pembuatan peta tata guna lahan berdasarkan citra satelit yang diperoleh menggunakan aplikasi *Google Earth*. Pengambilan gambar dilakukan pada akhir musim kemarau karena lahan yang kering berpotensi mengalami erosi cukup besar pada saat awal musim penghujan. Karena keterbatasan data pencitraan maka beberapa kondisi tahun akan diwakilkan oleh kondisi lahan pada tahun yang terdapat pada citra satelit. Beberapa gambar kondisi lahan pada tahun-tahun yang tertangkap citra satelit dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Citra satelit kondisi lahan tahun 2006 - 2017



Gambar 5. Citra satelit kondisi lahan tahun 2020

Berdasarkan Gambar 4. dan Gambar 5 kondisi pemukiman di daerah penelitian tidak mengalami perubahan yang signifikan. Penggunaan lahan kebun campur terdiri dari tanaman palawija, perkebunan tanaman kelapa, dan sebagian sebagai lahan penanaman pohon jati yang dikelola swadaya oleh

masyarakat setempat. Pada musim kemarau banyak area menjadi lahan terbuka akibat keringnya musim tersebut. Perubahan lahan dari tahun 1998 hingga 2020 berdasarkan citra satelit dan perhitungan CP dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Persentase Perubahan Lahan dan Indeks Penutupan Vegetasi dan Pengolahan Tanah dari Tahun 1998 hingga 2020

No.	Tahun	Jenis Lahan			CP
		Kebun Campuran	Permukiman	Lahan Terbuka	
1	1998-2006	40%	5%	55%	0,68
2	2007-2012	45%	6%	49%	0,63
3	2013-2015	33%	7%	60%	0,71
4	2016-2017	27%	8%	65%	0,74
5	2018-2020	46%	9%	45%	0,60

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

4.5. Analisis Laju Erosi Tanah (E_A)

Hasil perhitungan indikator perhitungan laju erosi meto USLE pada sub bab sebelumnya, kemudian dilakukan perhitungan laju erosi dengan formula sesuai dengan Persamaan (1),

Perhitungan dilakukan dalam kurun waktu 23 tahun dari Tahun 1998 hingga 2020 untuk melihat berapa laju erosi yang terjadi di daerah penelitian. Hasil perhitungan laju erosi tanah dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 8. Perhitungan Laju Erosi Tanah

Tahun	EI	K	LS	CP	EA
	kj/ha	ton/kj			ton/ha/tahun
1998	260,45	0,47	1,16	0,68	96,00
1999	283,01	0,47	1,16	0,68	104,32
2000	203,50	0,47	1,16	0,68	75,01
2001	243,66	0,47	1,16	0,68	89,81
2002	91,51	0,47	1,16	0,68	33,73
2003	168,34	0,47	1,16	0,68	62,05
2004	189,26	0,47	1,16	0,68	69,76
2005	240,04	0,47	1,16	0,68	88,48
2006	118,15	0,47	1,16	0,68	43,55
2007	178,46	0,47	1,16	0,63	61,52
2008	145,99	0,47	1,16	0,63	50,33
2009	107,53	0,47	1,16	0,63	37,07
2010	168,15	0,47	1,16	0,63	57,97
2011	154,74	0,47	1,16	0,63	53,35
2012	92,50	0,47	1,16	0,63	31,89
2013	117,26	0,47	1,16	0,71	45,08
2014	140,56	0,47	1,16	0,71	54,03
2015	134,70	0,47	1,16	0,71	51,78
2016	190,31	0,47	1,16	0,74	76,44
2017	89,44	0,47	1,16	0,74	35,93
2018	65,93	0,47	1,16	0,60	21,37
2019	48,24	0,47	1,16	0,60	15,63
2020	6,11	0,47	1,16	0,60	1,98
Rerata					54,66

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

Dengan melihat hasil rata-rata laju erosi tanah di lokasi penelitian, maka dapat diklasifikasikan tingkat bahaya erosi berdasarkan Tabel 4. menunjukkan bahwa erosi yang terjadi masuk dalam kategori Berat (B III).

4.6. Analisis Produksi Sedimen

Pada perhitungan sebelumnya telah diperoleh nilai laju erosi tanah, namun masih dalam satuan ton/ha/tahun sehingga jika ingin mengetahui jumlah sedimen yang masuk pada suatu tampungan perlu adanya formulasi

khusus untuk menghitungnya, Erosi terjadi dan menghasilkan sedimen, namun tidak semua terfokus menumuk pada satu bidang atau tampungan akhir. Ada beberapa sedimen yang tertinggal pada cekungan-cekungan kecil. Untuk mengkonfersi hasil perhitungan laju erosi menjadi jumlah sedimen, maka digunakan formulasi SDR seperti Persamaan (3) dan Persamaan (4), Hasil perhitungan produksi sedimen yang masuk ke dalam tampungan Embung D.I. Jurug dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9. Perhitungan Produksi Sedimen

Tahun	E_A ton/ha/tahun	A km^2	SDR	SY ton/tahun	Volume m^3
1998	96,00	0,79	0,58	55,76	33,79
1999	104,32	0,79	0,58	60,59	36,72
2000	75,01	0,79	0,58	43,57	26,40
2001	89,81	0,79	0,58	52,16	31,61
2002	33,73	0,79	0,58	19,59	11,87
2003	62,05	0,79	0,58	36,04	21,84
2004	69,76	0,79	0,58	40,52	24,56
2005	88,48	0,79	0,58	51,39	31,14
2006	43,55	0,79	0,58	25,29	15,33
2007	61,52	0,79	0,58	35,73	21,66
2008	50,33	0,79	0,58	29,23	17,72
2009	37,07	0,79	0,58	21,53	13,05
2010	57,97	0,79	0,58	33,67	20,41
2011	53,35	0,79	0,58	30,98	18,78
2012	31,89	0,79	0,58	18,52	11,22
2013	45,08	0,79	0,58	26,18	15,87
2014	54,03	0,79	0,58	31,38	19,02
2015	51,78	0,79	0,58	30,07	18,23
2016	76,44	0,79	0,58	44,40	26,91
2017	35,93	0,79	0,58	20,87	12,65
2018	21,37	0,79	0,58	12,41	7,52
2019	15,63	0,79	0,58	9,08	5,50
2020	1,98	0,79	0,58	1,15	0,70
Jumlah				730,12	442,49

Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

Dari hasil perhitungan produksi sedimen maka diketahui bahwa prediksi sedimen yang masuk ke dalam tampungan Embung D.I. Jurug sebesar 730,12 ton dalam kurun 23 tahun.

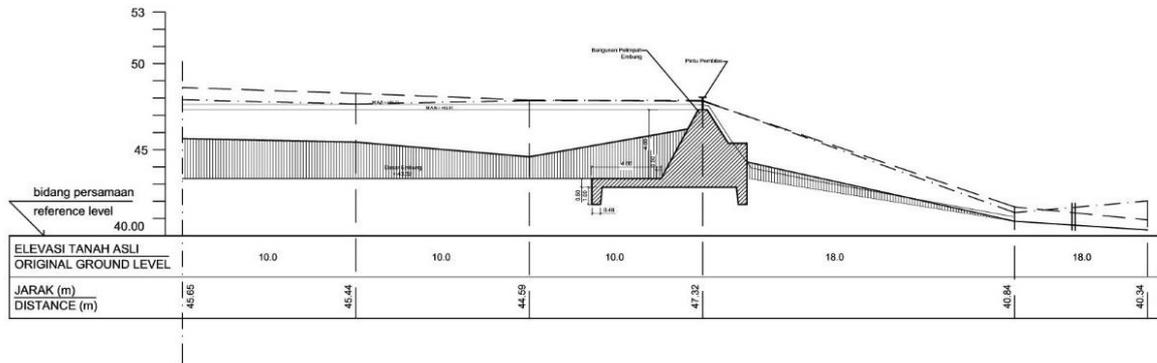
4.7. Analisis Sedimen dalam Tampungan Embung

Kapasitas maksimum tampungan Embung D.I. Jurug tanpa adanya sedimen mampu menampung $\pm 785743,21 m^3$ air dengan ketinggian maksimum 4 m atau elevasi +47,321 mdpl. Jika dilihat dari hasil survey yang dapat dilihat pada Gambar 6, maka

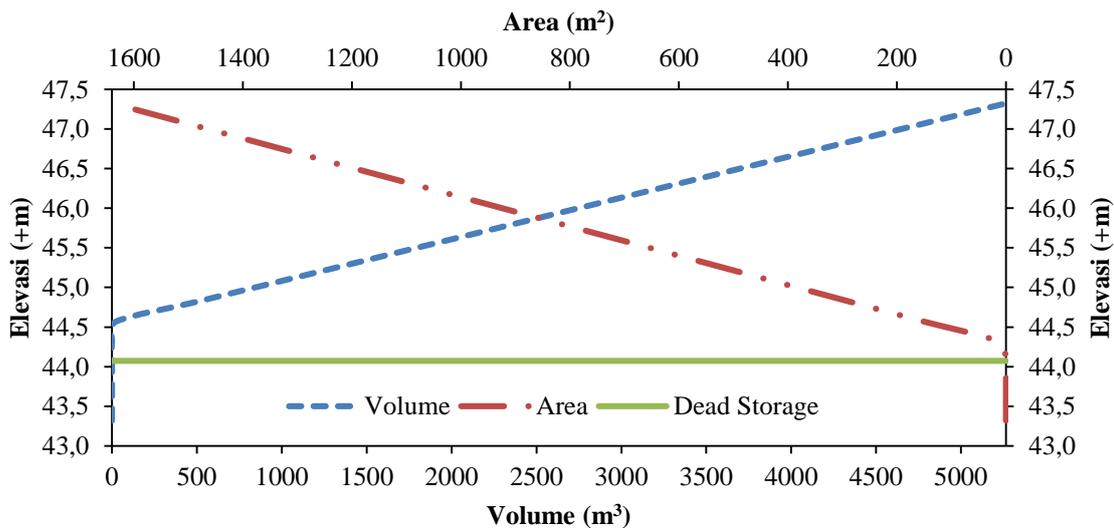
endapan sudah mencapai ketinggian 1,250 m atau pada elevasi +44,571 mdpl. Gambar potongan hasil survey embung D.I. Jurug dapat dilihat pada Gambar 6. Sehingga jika dilihat dari lengkung kapasitas embung, maka sedimen sudah menutupi bagian intake atau sudah melebihi dari kapasitas *dead storage* yang terletak pada elevasi +44,071 mdpl yang dapat dilihat pada Gambar 7. Hasil analisis produksi sedimen menggunakan metode USLE, menghasilkan 730,12 ton selama 23 tahun atau jika bagi dengan berat jenis lumpur sebesar $1,65 ton/m^3$ menjadi $442,49 m^3$

sedimen. Kemudian dilakukan perhitungan luasan genangan rata-rata pada tampungan Embung Jurug dan didapatkan $\pm 400 \text{ m}^2$. Untuk memperkirakan ketebalan endapan maka volume sedimen dibagi dengan luas rata-rata genangan maka didapatkan nilai sebesar 1,106

m. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan kedekatan hasil dengan kondisi asli dilapangan mengenai ketebalan sedimen. Sehingga rumusan yang telah dipakai mampu mewakili kondisi eksisting.



Gambar 6. Potongan memanjang Embung D.I. Jurug



Gambar 7. Lengkung kapasitas Embung D.I. Jurug

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Jumlah rerata erosi yang terjadi pada DAS di hulu Embung D.I. Jurug adalah sebesar 54,66 ton/ha/tahun.
- b. Tingkat bahaya erosi yang terjadi pada DAS di hulu Embung D.I. Jurug tergolong ke dalam kategori Berat (B-III).

- c. Jumlah sedimen yang masuk ke tampungan Embung D.I. Jurug dalam kurun waktu 23 tahun (1998-2020) adalah sebesar 730,12 ton sedimen, atau rata-rata sebesar 31,74 ton/tahun.

5.2. Saran

- a. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait sedimentasi secara dara primer pengambilan sample langsung di lokasi penelitian secara rutin berkala.

- b. Perlu adanya penanganan sedimen dengan cara perbaikan lahan terbuka (penghijauan).
- c. Perlu adanya penanganan sedimen dengan melakukan pengerukan sedimen di tampungan embung
- d. Perlu adanya penanganan sedimen dengan membangun sedimen trap di hulu tampungan embung.

6. Daftar Pustaka

- [1] C. Setyawan, C. Y. Lee, and M. Prawitasari, "Application Of GIS Software For Erosion Control In The Watershed Scale," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 4, no. 8, pp. 57–61, 2015.
- [2] D. Auliyani and W. W. Wijaya, "Perbandingan Prediksi Hasil Sedimen Menggunakan Pendekatan Model Universal Soil Loss Equation dengan Pengukuran Langsung (Comparison of sediment yield from prediction using Universal Soil Loss Equation with direct measurement)," *J. Penelit. Pengelolaan Drh. Aliran Sungai*, vol. 1, no. 1, 2017, doi: 10.20886/jppdas.v1i1.2570.g2078.
- [3] L. Eisazadeh, R. Sokouti, M. Homae, and E. Pazira, "Comparison of empirical models to estimate soil erosion and sediment yield in micro catchments," *EURASIAN J. SOIL Sci. Vol 1, No 1 p.1-63 (January 2012); 28 - 33*, vol. 1, no. 1, pp. 28-33–33, 2012, doi: 10.18393/ejss.76058.
- [4] W. W. Basuki TM, "Comparison of soil loss from production using universal soil loss equation with direct measurement from sediment yield in Keduang Sub-Watershed," *Proceeding Int. Conf. Indones. For. Res. III-2015*, no. October, pp. 318–328, 2016.
- [5] S. Yin, Y. Xie, B. Liu, and M. A. Nearing, "Rainfall erosivity estimation based on rainfall data collected over a range of temporal resolutions," *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 19, no. 10, pp. 4113–4126, 2015, doi: 10.5194/hess-19-4113-2015.
- [6] J. H. Lee and J. H. Heo, "Evaluation of estimation methods for rainfall erosivity based on annual precipitation in Korea," *J. Hydrol.*, vol. 409, no. 1–2, 2011, doi: 10.1016/j.jhydrol.2011.07.031.
- [7] L. Erosi and D. A. N. Sedimentasi, "Laju Erosi Dan Sedimentasi Daerah Aliran Sungai Rawa Jombor Dengan Model Usle Dan Sdr Untuk Pengelolaan Danau Berkelanjutan," *Indones. J. Conserv.*, vol. 4, no. 1, 2015.
- [8] S. Arsyad, "Konservasi Tanah & Air," *Intitut Pertan. Bogor*, p. 2010, 2010, [Online]. Available: <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/42667?show=full>.
- [9] F. Arifandi and C. Ikhsan, "Pengaruh Sedimen Terhadap Umur Layanan Pada Tampungan Mati (Dead Storage) Waduk Krisak Di Wonogiri Dengan Metode Usle (Universal Soil Losses Equation)," *Matriks Tek. Sipil*, vol. 7, no. 4, pp. 430–439, 2019, doi: 10.20961/mateksi.v7i4.38482.
- [10] P. Banjir and D. A. N. Tanah, "Petunjuk Teknis Sistem Standar Operasi Prosedur (Ssop)," 2011.
- [11] N. Najar, D. Mey, and J. Karim, "Prediksi Erosi Menggunakan Model USLE di Sub DAS Amohalo Sulawesi Tenggara," *Phys. Soc. Geogr. Res. J.*, pp. 29–42, 2020, [Online]. Available: <http://ojs.uho.ac.id/index.php/PSGRJ/article/view/11804>.
- [12] B. K. Cahyono, L. Hakim, W. Waljiyanto, and A. D. Adhi, "Perhitungan Kecepatan Sedimentasi Melalui Pendekatan Usle dan Pengukuran Kandungan Tanah dalam Air Sungai yang Masuk ke dalam Waduk Sermo," *J. Nas. Teknol. Terap.*, vol. 1, no. 1, p. 8, 2017, doi: 10.22146/jntt.34082.

Evaluasi Penggunaan Angkutan Umum Perkotaan Di Kota Malang (Trayek Arjosari – Tidar / AT)

Rifky Aldila Primasworo¹, Blima Oktaviastuti², Ronaldus Winarso Madun³

^{1,2,3}Fakultas Teknik Sipil Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang

Email : rifky.unitrimalang@gmail.com

Diterima redaksi: 15 September 2021 | Selesai revisi: 29 November 2021 | Diterbitkan *online*: 30 April 2022

ABSTRAK

Angkutan umum penumpang yang disebut juga sebagai angkot ialah salah satu sarana transportasi yang biasa dipergunakan untuk melakukan aktivitas, tetapi angkutan tersebut semakin jarang diminati masyarakat diakibatkan rendahnya tingkat pelayanannya, sehingga masyarakat lebih banyak menggunakan kendaraan pribadi. Oleh karena itu memerlukan evaluasi kembali kinerja angkutan kota untuk memenuhi nilai standar dari Dinas Jenderal Perhubungan Darat. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui kinerja dan kepuasan penggunaan angkutan umum, produktivitas angkutan umum, dan memberikan solusi alternatif terkait dengan hasil evaluasi kinerja dan kepuasan penggunaan angkutan umum. Dalam penelitian ini yang dinilai adalah *load factor*, kecepatan perjalanan, *headway*, waktu perjalanan, waktu pelayanan, frekuensi, waktu tunggu, jumlah kendaraan yang beroperasi, dan juga indikator kepuasan penggunaan angkutan umum. Adapun yang dinilai adalah bukti fisik, keandalan, daya tanggap, jaminan, dan empati. Dari Indikator tersebut diperoleh hasil survei dinamis dan survei statis. Dari hasil evaluasi standar pelayanan angkutan umum menurut Dirjen Perhubungan Darat, kinerja angkutan umum trayek Arjosari – Tidar adalah termasuk kategori sedang. Kepuasan pengguna yang memiliki layanan dengan tingkat kepentingan tingkat kepentingan tinggi dan kinerja rendah adalah terdapat 4 faktor, sedangkan 14 faktor lainnya memiliki layanan dengan tingkat kepentingan dan kinerja baik / tinggi. Produktivitas angkutan umum trayek Arjosari – Tidar adalah sebesar 51 pnp / hari – kend. Berdasarkan hasil evaluasi, solusi alternatif yang diberikan adalah peningkatan kinerja pelayanan dilakukan dengan memperbaiki pelayanan yang tidak sesuai dengan standar pelayanan Dinas Perhubungan Darat, maupun di dukung standar pelayanan khususnya pelayanan angkutan kota.

Kata kunci: evaluasi, kinerja pelayanan, angkutan umum.

ABSTRACT

Public transportation for passengers in Malang, called angkot, is one of the means of transportation used by the community to carry out their daily activities, but this transportation is increasingly not in demand by the public due to low levels of service, so that many people use private vehicles. For this reason, planners sometimes need to re-evaluate the performance of city transportation to meet the standard values of the Land Transportation Service. The purpose of this study is to determine the performance and satisfaction of the use of public transportation, the productivity of public transportation, and to make alternative solutions related to the results of performance evaluation and satisfaction of public transport usage. In this study, the assessed public transport performance indicators are load factor, travel speed, headway, travel time, service time, frequency, waiting time, number of operating vehicles, and also indicators of usage satisfaction assessed are physical evidence, reliability, responsiveness, assurance, and empathy. These indicators are obtained from the results of dynamic surveys and static surveys. From the results of the evaluation of public transport service standards according to the Director General of Land Transportation, the performance of public transport on the Arjosari - Tidar route is in the medium category. There are 4 factors for the satisfaction of users who have services with a high importance level of importance and low performance, while the other 14 factors have a service with a good / high level of importance

and performance. The productivity of the Arjosari - Tidar route public transport is 51 pnp / day - vehicle. Based on the results of the evaluation, the alternative solution given is to improve service performance by repairing services that are not in accordance with the service standards of the Land Transportation Service, as well as supported by service standards, especially city transportation services.

Keywords: evaluation, service performance, public transportation.

1. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan tolak ukur perekonomian dan pembangunan suatu daerah. Dalam upayanya pengembangan pembangunan dan perekonomian pada transportasi wajib didukung dengan adanya jalur pergerakan secara nasional maupun internasional, baik melalui transportasi darat, laut maupun udara sehingga pembangunan dan perekonomian dapat berjalan dengan aman tertib, nyaman dan lancar. Salah satu angkutan umum di Kota Malang adalah angkutan umum penumpang atau yang disebut (AUP) trayek AT (arjosari – Tidar) merupakan angkutan umum melayani penumpang mulai terminal Arjosari menuju terminal perumahan Tidar atau sebaliknya. Angkutan umum penumpang /AUP trayek AT tersebut beroperasi melalui 3 (tiga) Kecamatan yang berada Di Kota Malang (Kecamatan Blimbing, Klojen, dan Sukun) dimana jumlah penduduk pada ketiga kecamatan tersebut pada 2020 sebanyak 243.792 jiwa[1]

Rute angkutan umum penumpang trayek AT yaitu memiliki Panjang \pm 13 Km dengan total armada sebanyak 53 kendaraan. Adapun rute yang dilalui yaitu rute yang biasanya terjadi kemacetan terutama pada waktu sibuk seperti di daerah Pasar Blimbing ataupun pada Jalan Ahmad Yani, Ciliwung, dan Jalan Kawi. Permasalahan yang paling menonjol yaitu pada *load factor* pada jalur ini pada jumlah penumpang \pm 4 – 6 atau 42 % dari kapasitas duduk yang tersedia yaitu 12 penumpang. Dari jumlah itu bisa dikatakan kurang dari standard yang telah ditetapkan oleh Departemen Perhubungan sebesar 70% atau 8 penumpang sehingga kinerja angkutan umum penumpang trayek ini masih dikatakan belum optimal[2]

Penggunaan angkutan umum pada kondisi eksisting cenderung trennya semakin menurun, hal ini disebabkan semakin menurunnya

pelayanan yang diberikan pihak operator kepada pengguna jasa angkutan tersebut. Tingkat pelayanan tersebut adalah yang diberikan kepada pengguna sesuai dengan standar pelayanan. Apabila kualitas sumber daya manusia yang buruk dalam memberikan layanan, mengakibatkan turunnya simpati dari penggunaan layanan khususnya angkutan kota. Faktor lain yang mendorong pengguna angkutan umum memilih kendaraan yang lebih mudah didapat seperti angkutan pribadi dan transportasi *online* didalam melakukan perjalanan adalah akses yang sulit dan ketersediaan angkutan itu sendiri. Ketika teknologi digital sukses menumbuhkan transportasi *online*, namun ternyata hal itu sekaligus membunuh perlahan transportasi konvensional. Mulai dari sepi penumpang, hingga sedikitnya pendapatan kerap dirasakan oleh para sopir angkutan kota (angkot). Bahkan angkot jurusan Arjosari – Tidar (AT) dari total armada sebesar 53 kendaraan, pada kondisi eksisting yang beroperasi sekitar 10 unit saja, hal tersebut disebabkan oleh penurunan jumlah penumpang yang menggunakan jasa angkutan ini. Pada jam tertentu angkutan ini mengangkut penumpang yang melebihi kapasitas, mengakibatkan trend angkutan umum menurun karena banyak orang yang beralih ke kendaraan pribadi dan transportasi *online*[3]

Oleh sebab itu, perlu adanya dilakukan studi terhadap penggunaan angkutan umum perkotaan di kota Malang karena mempunyai peranan yang sangat penting untuk mendukung aktivitas manusia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Transportasi

Transportasi yaitu suatu kegiatan pemindahan barang (muatan) dan penumpang dari suatu tempat ke tempat lain. Dalam ilmu transportasi ada 2 (dua) unsur yang terpenting

antara lain pemindahan/pergerakan dan secara fisik mengubah tempat dari barang (komoditi) dan penumpang ke tempat lain[4].

2.2 Angkutan Umum

Angkutan umum adalah sarana angkutan yang ditujukan kepada masyarakat kecil maupun menengah supaya bisa melaksanakan kegiatannya sesuai dengan tugas dan fungsi dalam masyarakat[5].

2.3 Angkutan Umum Penumpang (AUP)

Angkutan umum penumpang ialah pemberlakuan sistem sewa atau bayar yang dilakukan oleh angkutan penumpang. Pengertian lain angkutan umum penumpang yaitu angkutan kota termasuk bus, mini bus, kereta api, dan angkutan air serta angkutan udara. Adapun tujuan utama keberadaan AUP meliputi menyelenggarakan pelayanan angkutan secara baik dan layak untuk masyarakat. Standar ukuran yang baik adalah pelayanan yang murah, aman, cepat, dan nyaman. Dilhat dari per lalu-lintasan, angkutan umum penumpang berarti adanya minimalisir dari volume lalu lintas kendaraan pribadi

2.4 Kinerja Penggunaan Angkutan Umum Penumpang

a. Jumlah Penumpang

Penumpang/angkutan/hari yaitu suatu angkutan dalam jangka waktu sehari yang dapat mengangkut penumpang[6]

b. Faktor Muat (Load Factor)

Menurut Warpani (1990) *load factor* ialah rasio perbandingan antara jumlah penumpang yang diangkut dalam kendaraan terhadap jumlah kapasitas kendaraan selama satu lintasan, disimbolkan dengan rumus :

$$LF = \frac{JP}{C} \times 100 \% \tag{1}$$

Dimana :

LF = *Load Factor* (%)

JP = Sejumlah penumpang yang diangkut sepanjang satu lintasan sekali jalan.

C = kapasitas kendaraan

c. Kecepatan Perjalanan

Kecepatan perjalanan yaitu kecepatan kendaraan dari awal rute ketitik akhir rute (Morlok, 1978), dirumuskan dengan :

$$V = \frac{S}{t} \tag{2}$$

Dimana :

V = Kecepatan tempuh angkutan umum

(km / jam)

S = Jarak Tempuh (km)

t = Waktu Tempuh (jam)

d. Headway

Headway adalah interval atau jarak waktu antara kendaraan angkutan kota yang satu dengan kendaraan angkutan kota dibelakangnya untuk melalui satu titik tertentu[7].

e. Waktu Perjalanan

Waktu perjalanan digunakan untuk mengukur waktu perjalanan suatu angkutan umum penumpang setiap kilometer jarak tempuhnya. Dalam rangka menghitung waktu perjalanan dari angkutan umum penumpang ini menggunakan rumus *empiris* yaitu :

$$W = \frac{T}{J} \tag{3}$$

Dimana :

W = Waktu perjalanan angkutan umum (menit / km)

T = Waktu tempuh angkutan umum (menit)

J = Jarak angkutan umum (km)

f. Waktu Pelayanan

Waktu selama kendaraan dalam suatu trayek masih beroperasi. Waktu dihitung dari awal kendaraan beroperasi pada pagi hari hingga terakhir kendaraan beroperasi pada sore atau malam harinya.

g. Frekuensi

Frekuensi yaitu jumlah kendaraan yang lewat per satuan waktu. Frekuensi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F = \frac{1}{H} \tag{4}$$

Dimana :

F = frekuensi (kend/jam)

H = *headway* (jam/kend)

h. Waktu Tunggu

Waktu tunggu ialah waktu yang digunakan oleh penumpang selama menunggu angkutan kota sampai penumpang tersebut mendapat kesempatan untuk menaiki angkutan kota tersebut. Waktu tunggu akan sebesar setengah dari *headway*.

$$Wt = 0,5 \times H \text{ (menit)} \tag{5}$$

Dimana :

H = Waktu antara (*Headway*)

i. Jumlah Kendaraan Yang Beroperasi

Jumlah kendaraan yang beroperasi didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah kendaraan yang beroperasi dengan total jumlah kendaraan yang tersedia (berizin trayek), jumlah kendaraan yang beroperasi dinyatakan dalam bentuk (%), Dinotasikan dalam rumus sebagai berikut :

$$\text{Kendaraan yang beroperasi} = \frac{\text{Jumlah kendaraan yang beroperasi}}{\text{Jumlah kendaraan yang tersedia}} \times 100 \quad (6)$$

2.5 Standar Kinerja Penggunaan Angkutan Umum Penumpang

Standar yang dipakai adalah sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Direktur Jenderal Perhubungan Darat No.SK.687/AJ.206/DRJD/2002. Berikut

adalah standar kinerja pelayanan angkutan umum berdasarkan nilai bobot :

Pembobotan pelayanan terhadap kualitas pengoperasian atau pelayanan angkutan umum penumpang adalah sebagai berikut :

- a) Nilai bobot 1 standar kinerja angkutan dengan kriteria kurang
- b) Nilai bobot 2 standar kinerja angkutan dengan kriteria sedang
- c) Nilai bobot 3 standar kinerja angkutan dengan kriteria baik

Hasil dari pembobotan kriteria diatas selanjutnya akan dicocokkan dengan indikator standar kinerja angkutan umum penumpang untuk mengetahui kualitas kinerja angkutan umum tersebut. Untuk standarnya dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2 dibawah ini :

Tabel 1. Standar kinerja Angkutan Umum Penumpang Berdasarkan Nilai

No	Indikator Pelayanan	Satuan	Standar Penilaian		
			Kurang (1)	Sedang (2)	Baik (3)
1	Load faktor jam sibuk	%	>100	80 - 100	<80
2	Load faktor diluar jam sibuk	%	>100	70 - 100	<70
3	Kecepatan perjalanan	Km/jam	<5	5 - 10	>10
4	Headway	Menit	>15	10 - 15	<10
5	Waktu perjalanan	Menit/km	>12	6 - 12	<6
6	Waktu pelayanan	Jam	<13	13 - 15	>15
7	Frekuensi	Kend/jam	<4	4 - 6	>6
8	Waktu tunggu	Menit	>30	20 - 30	<20
9	Jumlah Kendaraan Yang Beroperasi	Bh	<82	82-100	100

Sumber : Direktorat Jenderal Perhubungan Darat 2002

Nilai bobot standar kinerja angkutan umum terhadap tingkat kenyamanan dan peroperasian dapat diukur dengan kriteria baik nilai bobot 18,00 – 24,000, kriteria sedang mempunyai nilai bobot 12,00 – 17,99, dan sedangkan kriteria kurang dapat diukur dengan nilai bobot kurang dari 12. Selengkapnya ada pada Tabel 2 :

Tabel 2. Standar Kinerja Angkutan Umum Penumpang Berdasarkan Nilai

Kriteria	Total Nilai Bobot
Baik sekali	>24
Baik	18,00 – 24,00
Sedang	12,00 – 17,99
Kurang	<12

Sumber : Direkur Jenderal Perhubungan Darat 2002

2.6 Produktivitas Angkutan Umum Penumpang

Dalam indikator produktivitas parameter yang digunakan adalah total produksi kendaraan. Pengertian total produksi kendaraan adalah rata-rata pencapaian jumlah penumpang yang dapat diangkut dalam satu hari dan satu kendaraan[8].

Produktivitas dapat dirumuskan menggunakan formulasi empiris sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{jumlah penumpang rata-rata}}{\text{jumlah trip rata-rata}} \times \frac{\text{trip}}{\text{hari}} \quad (7)$$

2.7 Metode Importance Performance Analysis (IPA)

Analisis *Importance Performance Analysis* (IPA) adalah sebuah teknik analisis deskriptif yang diperkenalkan oleh John A. Martilla dan John C. James di tahun 1977.

Model analisis *importance performance analysis* yaitu untuk menilai dan mengukur hubungan antara persepsi konsumen dan prioritas peningkatan kualitas produk/jasa[9].

Dari hasil penilaian tingkat kepentingan dan hasil penilaian tingkat kepuasan dihasilkan yaitu suatu perhitungan mengenai tingkat kesesuaian antara tingkat kepentingan dan tingkat kepuasan oleh penyedia jasa. Tingkat kesesuaian adalah hasil perbandingan antara skor kinerja kepuasan dengan skor kepentingan, sehingga didapatkan tingkat kesesuaian dimana menentukan skala prioritas yang akan digunakan untuk penanganan faktor – faktor yang mempengaruhi kepuasan konsumen.



Gambar 1 Diagram Kartesius
Sumber : Supranto (2001)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang dipakai yaitu penelitian kuantitatif dimana proses penemuan informasi diwujudkan dalam bentuk angka – angka sebagai alat untuk menemukan keterangan mengenai apa yang diketahui. Jenis penelitian yang bersifat kuantitatif deskriptif, dikaenakan dalam penelitian ini berkeinginan untuk menggali lebih jauh tingkat kinerja angkutan umum terhadap penggunaan angkutan umum perkotaan di kota Malang trayek Arjosari – Tidar / AT.

Disebut penelitian kuantitatif dikarenakan untuk menjelaskan beberapa rumus statistik. Untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan

memecahkan setiap permasalahan serta menghasilkan output yang sesuai.

3.1 Metode Analisis Data

a) Analisi Kinerja Penggunaan Angkutan Umum Penumpang

Untuk menganalisis kinerja pelayanan angkutan umum penumpang digunakan analisa deskriptif atau statistik deskriptif. Metode analisis deskriptif yaitu metode statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskriptifkan atau menggambarkan data yang telah dikumpulkan, tanpa berkeinginan untuk membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum[10].

b) Produktivitas Angkutan Umum Penumpang

Cara untuk mengevaluasi produktivitas angkutan umum penumpang dilakukan dengan menggunakan rumus empiris berdasarkan fakta yang terjadi di lapangan, yaitu :

- Jumlah penumpang rata – rata
Dalam halini dapat dihitung berdasarkan data penumpang yang naik turun angkutan dari awal perjalanan sampai tujuan.
- Rita tau trip kend/hari
Didapatkan berdasarkan data dari frekuensi

c) Metode Importace Performance Analysis (IPA)

Dalam upaya menentukan kinerja pelayanan angkutan umum trayek Arjosari-Tidar, digunakan skala likert guna mengukur pendapat atau sikap seseorang/kelompok terhadap sebuah fenomena sosial dimana jawaban dari setiap item memiliki gradasi dari positif sampai dengan negatif. Dengan skala *likert* variabel yang akan diukur dijabarkan menjadi indikator variabel. Lalu indikator ini dijadikan item instrument untuk menyusun pertanyaan-pertanyaan.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kinerja Trayek Angkutan Umum

Analisis Kinerja Trayek Angkutan Umum dilakukan dengan cara melakukan perbandingan antara kinerja angkutan trayek Arjsari-Tidar dibandingkan dengan peraturan terkait yaitu peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Tahun 2002.

Tabel 3. Rekapitulasi Tingkat Pelayanan Angkutan Umum Penumpang

No	Indikator Pelayanan	Sebesar	Satuan	Perolehan Kriteria
1	Load Factor Rata – Rata Pada Jam Sibuk	2,04	%	3 Baik
2	Load Factor Rata – Rata Diluar Jam Sibuk	3,93	%	3 Baik
3	Kecepatan Perjalanan rata – rata	0,085	Km/jam	1 Kurang
4	Headway rata – rata	110	Menit	1 Kurang
5	Waktu Perjalanan Rata – Rata	3,8	Menit/Km	3 Baik
6	Waktu Pelayanan Rata – Rata	13	Jam	2 Sedang
7	Frekuensi Rata – Rata	1,3	Kend/jam	1 Kurang
8	Waktu Tunggu Rata – Rata	55	Menit	1 Kurang
9	Jumlah Kendaraan Yang Beroperasi	3,15	%	1 Kurang
Jumlah				16 (sedang)

Sumber : Data Penelitian Diolah 2020

*Penelitian ini dilakukan pada saat pandemi Covid – 19

Selanjutnya, melakukan perbandingan antara tingkat pelayanan angkutan umum sebelum dan di saat pandemi Covid –19. Untuk tingkat

pelayanan sebelum Covid – 19, dapat disimak pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Tingkat Pelayanan Angkutan Umum Sebelum Covid - 19

No	Indikator Pelayanan	Sebesar	Satuan	Perolehan Kriteria
1	Load Factor Rata – Rata Pada Jam Sibuk	96,05	%	2 Sedang
2	Kecepatan Perjalanan rata – rata	13,33	Km/jam	3 Baik
3	Headway rata – rata	5,82	Menit	3 Baik
4	Waktu Perjalanan Rata – Rata	4,57	Menit/Km	3 Baik
5	Waktu Pelayanan Rata – Rata	16	Jam	3 Baik
6	Frekuensi Rata – Rata	10,55	Kend/jam	3 Baik
7	Waktu Tunggu Rata – Rata	2,91	Menit	3 baik
8	Jumlah Kendaraan Yang Beroperasi	100	%	2 Sedang
Jumlah				22 (baik)

Sumber : Jurnal Evaluasi Kebutuhan Angkutan Umum Penumpang Kota Malang (Studi Kasus Rute Arjosari - Tidar (Prakosa, 2016)

Dalam penilaian kinerja trayek berdasarkan perbandingan parameter penilaian kinerja trayek angkutan dengan standard pelayanan angkot (tabel 1) sebelum pandemi Covid - 19, didapatkan bahwa dalam penilaian *Load Factor*, frekuensi, headway, Jumlah kendaraan yang beroperasi, waktu pelayanan, Kecepatan perjalanan, waktu tunggu penumpang, dan waktu perjalanan pada angkutan umum

penumpang trayek Arjosari-Tidar masuk dalam kategori baik sesuai standard penilaian.

Untuk parameter Load factor dan jumlah kendaraan yang beroperasi termasuk kategori sedang. Untuk kecepatan perjalanan, headway, waktu perjalanan, waktu pelayanan, frekuensi, dan waktu tunggu termasuk kategori baik. Secara keseluruhan diperoleh nilai 22, yang artinya bahwa secara keseluruhan tingkat

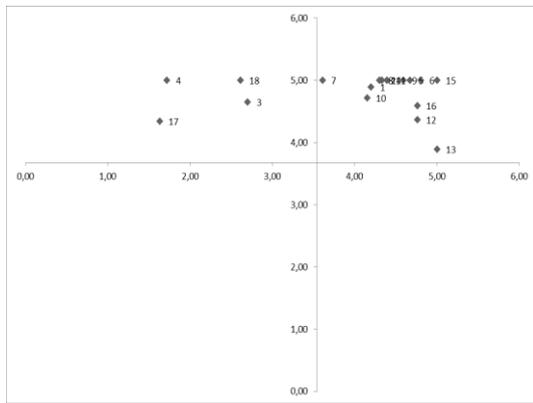
pelayanan angkutan umum penumpang trayek Arjosari - Tidar berdasarkan standard pelayanan angkutan umum berdasarkan nilai bobot termasuk kriteria “Baik”.

Jadi, tingkat pelayanan angkutan umum trayek Arjosari - Tidar sebelum Pandemi Covid – 19 berada pada kriteria “Baik”, sedangkan pada saat Covid – 19 berada pada kategori “Sedang” sesuai standar kinerja pelayanan angkutan umum.

4.2 Tingkat Kepuasan Pelayanan

A. Importance Performance Analysis (IPA)

Analisis IPA berfungsi untuk mengetahui kesenjangan antara tingkat kepentingan dengan tingkat kinerja kualitas pelayanan jasa pada angkutan umum trayek Arjosar–Tidar.



Gambar 3 Diagram Kartesius
Sumber : Hasil Perhitungan 2020

Bukti fisik dan Kehandalan, sedangkan kepuasan pelayanan taryek AT dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Kuadran I

Menggambarkan faktor atau atribut pelayanan yang dianggap mempengaruhi kepuasan penumpang angkutan. Penanganannya perlu diprioritaskan Dishub karena faktor – faktor ini dianggap sangat penting oleh penumpang, namun pada kenyataannya belum sesuai dengan harapan pelanggan sehingga tingkat pelaksanaannya mengecewakan atau tidak puas.

Terdapat 4 item indicator pada kuadran I, yaitu :

- 1) Kecepatan angkot saat perjalanan (3)

- 2) Jam operasi sesuai dengan kebutuhan penumpang (4)
- 3) Keinginan pengemudi membantu mengangkat barang penumpang (17)
- 4) Kepedulian pengemudi kepada penumpang khusus (Difabel, lansia, ibu dengan balita) (18)

b. Kuadran II

Menggambarkan faktor atau atribut yang dianggap mempengaruhi kepuasan penumpang angkot yang telah berhasil dilaksanakan Dishub. Oleh karena itu harus dipertahankan dikarenakan tingkat pelaksanaannya telah sesuai dengan kepentingan dan harapan penumpang sehingga dianggap sangat penting dan memuaskan.

Terdapat 14 item / indikator pada kuadran II, yaitu:

- 1) Kebersihan didalam angkot (1)
- 2) Kenyamanan kursi yang disediakan (2)
- 3) Tarif angkutan (5)
- 4) Perilaku sopir ketika mengemudi (6)
- 5) Ketertiban pengemudi di jalan (7)
- 6) Kesiediaan pengemudi memberikan informasi kepada pengguna (8)
- 7) Penggunaan bahasa dari pengemudi saat memberikan informasi (9)
- 8) Rasa aman atas kejahatan saat berada dalam angkutan (10)
- 9) Sifat jujur dari pengemudi (11)
- 10) Sopan santun pengemudi dalam kerapihan berpakaian (12)
- 11) Perilaku pengemudi untuk tidak merokok saat mengendarai angkutan (13)
- 12) Kedisiplinan pengemudi dalam mengendarai angkutan (14)
- 13) Kompetensi pengemudi dalam mengemudi angkutan (15)
- 14) Sopir mengingatkan penumpang yang akan turun (16)

c. Kuadran III

Tidak ada faktor atau atribut yang menunjukkan kepentingan rendah dan kinerja rendah.

d. Kuadran IV
Tidak ada faktor yang menunjukkan kepentingan rendah dan kinerja tinggi.

Setelah mengetahui permasalahan, kemudian dapat ditentukan solusi alternatif untuk meningkatkan kinerja pelayanan angkutan umum trayek AT. Beberapa solusi alternatif yang diusulkan antara lain.

4.3 Solusi Alternatif Untuk Meningkatkan Kinerja Penggunaan Angkutan Umum

Tabel 5. Solusi Alternatif Kinerja Angkutan Umum Penumpang

No	Parameter Kinerja Angkutan	Masalah	Solusi	Output
1	Kecepatan Perjalanan	Kecepatan perjalanan angkutan kurang dari standar yang ditetapkan	Mengatur Kembali kecepatan perjalanan angkutan sesuai standar yang berlaku	Kecepatan perjalanan sesuai standar yang ditentukan oleh Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Tahun 2002 tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan AUP Perkotaan
2	Headway	Waktu antara berada dalam kondisi kurang dari standar yang ditetapkan	Mengatur kembali angkutan umum yang beroperasi, serta perlunya sosialisasi kepada masyarakat umum tentang pentingnya menggunakan angkutan umum	Headway sesuai standar yang ditentukan oleh Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Tahun 2002 tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan AUP Perkotaan
3	Frekuensi	Untuk frekuensi kurang dari standar yang ditetapkan	Mengatur kembali waktu beroperasi dan waktu perjalanan demi kepuasan pengguna angkutan	Frekuensi sesuai standar yang ditentukan oleh Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Tahun 2002 tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan AUP Perkotaan
4	Waktu Tunggu	Waktu tunggu penumpang yang sangat lama	Mengatur kembali jumlah kendaraan yang beroperasi dan waktu perjalanan	Waktu tunggu sesuai standar yang ditentukan oleh Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Tahun 2002 tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan AUP Perkotaan
5	Jumlah kendaraan yang beroperasi	Jumlah kendaraan banyak tetapi yang beroperasi optimal kurang	Mengevaluasi kembali kendaraan yang beroperasi, yaitu waktu kendaraan beroperasi dan standar rit perhari	Jumlah kendaraan yang beroperasi sesuai standar yang ditentukan oleh Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Tahun 2002 tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan AUP Perkotaan

Sumber : Hasil Pemikiran 2020

Tabel 6. Solusi Alternatif Pelayanan Angkutan Umum Penumpang

No	Parameter Pelayanan Angkutan	Masalah	Solusi	Output
1	Kecepatan angkot saat perjalanan	Kecepatan perjalanan angkot yang sangat lama sehingga membuat penumpang jenuh	Pengemudi meningkatkan kecepatan angkutan sesuai standar yang ditetapkan. - Angkutan tidak boleh menunggu penumpang disebarkan tempat.	Kecepatan angkot saat perjalanan sesuai standar yang ditentukan oleh Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Tahun 2002 tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan AUP Perkotaan

No	Parameter Pelayanan Angkutan	Masalah	Solusi	Output
			- Penumpang harus menunggu di halte	
2	Jam operasi sesuai dengan kebutuhan penumpang	Jam operasi tidak sesuai dengan kebutuhan penumpang	Menambah jumlah armada yang beroperasi dan meningkatkan waktu pelayanannya	Jam operasi sesuai standar yang ditentukan oleh Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Tahun 2002 tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan AUP Perkotaan
3	Keinginan pengemudi membantu mengangkat barang penumpang	Tidak adanya rasa peduli dari pengemudi untuk membantu mengangkat barang bawaan penumpang	Pemerintah menyediakan orang atau petugas khusus untuk membantu mengangkat barang penumpang	Keinginan pengemudi membantu mengangkat barang penumpang sesuai standar yang ditentukan oleh Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Tahun 2002 tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan AUP Perkotaan
4	Kepedulian pengemudi pada penumpang khusus (Difabel, lansia, Ibu dengan Balita)	Kurangnya kepedulian dari pengemudi pada penumpang khusus	Pemerintah menyediakan sarana dan prasarana untuk penumpang berkebutuhan khusus	Kepedulian pengemudi pada penumpang khusus sesuai standar yang ditentukan oleh Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Tahun 2002 tentang Petunjuk Teknis Penyelenggaraan AUP Perkotaan

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan yang didapat yaitu

1. Kinerja Angkutan Umum

Didapatkan dari data kinerja angkutan umum penumpang trayek Arjosari – Tidar, secara keseluruhan diperoleh total nilai bobot 16. Nilai tersebut diartikan bahwa standar pelayanan Angkutan umum termasuk kriteria “**SEDANG**” (Penelitian ini dilakukan pada waktu pandemi Covid – 19). Sedangkan sebelum pandemic covid – 19 kinerja angkutan umum penumpang trayek arjosari – tidar termasuk dalam kriteria “**BAIK** “.

2. Kepuasan Pelayanan

Dari 18 indikator kinerja pelayanan terdapat 4 faktor yang memiliki kepentingan tinggi dan kepuasan dari pengguna rendah sehingga perlu ditingkatkan, yaitu : kecepatan angkot saat perjalanan, jam operasi sesuai kebutuhan penumpang, keinginan pengemudi mengangkut barang penumpang, kepedulian pengemudi pada penumpang khusus.

3. Analisis produktivitas

Angkutan umum, trayek AT yaitu 51 pnp / hari – kend. Hasil tersebut belum selaras dengan penelitian sebelum pandemi covid –

19 bahwa produktivitas angkutan umum trayek AT sebelum pandemi covid – 19 yaitu 54 pnp / hari – kend.

4. Solusi alternatif

Peningkatan kinerja penggunaan angkutan umum trayek AT dapat dilakukan dengan cara memperbaiki kinerja angkutan umum penumpang, seperti : kecepatan perjalanan, headway, frekuensi, waktu tunggu, jumlah kendaraan yang beroperasi. Serta memperbaiki kepuasan penumpang angkutan umum, seperti : kecepatan angkot saat perjalanan, jam operasi sesuai dengan kebutuhan penumpang, keinginan pengemudi membantu mengangkat barang penumpang, kepedulian pengemudi pada penumpang khusus (difabel, lansia, ibu dengan balita).

Adapun saran yang dapat diberikan adalah

- 1) Karena keterbatasan peneliti, maka penelitian lebih mendalam mengenai sistem transportasi terkait karakteristik supply yang dipengaruhi oleh karakteristik permintaan (*demand*) sehingga upaya penanganan masalah angkutan untuk trayek Arjosari - Tidar dapat ditangani secara lebih menyeluruh.

- 2) Sebagai pengguna transportasi angkutan umum alangkah lebih baiknya pihak layanan angkutan AT tidak boleh menaikkan tarif angkutan tiga kali lipat dari biasanya, karena dapat mengakibatkan pengguna angkutan umum menjadi resah dan beralih menggunakan kendaraan pribadi kendaraan online.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS Kota Malang, "Jumlah Penduduk Kota Malang Tahun 2020," 2020. <https://malangkota.bps.go.id/indikator/12/48/1/jumlah-penduduk-menurut-kecamatan-dan-jenis-kelamin-di-kota-malang.html>.
- [2] A. S. Amal, "Evaluasi Kebutuhan Angkutan Umum Penumpang Kota Malang (Studi Kasus Rute Arjosari–Landungsari)," *Pros. SENTRA (Seminar Teknol. dan ...)*, 2019, [Online]. Available: <http://research-report.umm.ac.id/index.php/sentra/article/view/2297>.
- [3] A. Pratama and A. Purnomo, "Dinamika Pengemudi Angkot Kota Malang Dalam Era Transportasi Berbasis Online," *J. Ilmu Sos. dan Hum.*, vol. 9, no. 2, p. 251, 2020, doi: 10.23887/jish-undiksha.v9i2.18908.
- [4] Abbas Salim, *Manajemen Transportasi*, Edisi 1, C. Jakarta: Rajawali Pers, 2006.
- [5] Dr. Andriansyah. M.si, *MANAJEMEN TRANSPORTASIDALAM KAJIAN DAN TEORI*. Jakarta pusat: Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Prof. Dr. Moestopo Beragama, 2015.
- [6] P. P. Nurfadli Muhammad, Dwi Heriyanto, "Evaluasi Kinerja Angkutan Umum Bus Transjakarta Rute Ragunan - Kuningan (Koridor IV). Bandar Lampung Universitas Lampung."
- [7] R. Rusli, S. M. Saleh, and R. Anggraini, "Analisis Pelayanan Angkutan Umum Minibus Jumbo Trayek Kota Langsa-Kota Lhokseumawe," *J. Arsip Rekayasa Sipil dan Perenc.*, vol. 1, no. 2, pp. 30–38, 2018, doi: 10.24815/jarsp.v1i2.10939.
- [8] F. R. Andardi and A. N. Adibah, "Dampak Angkutan Online terhadap Kinerja Angkutan Umum Penumpang Jalur AG The Online Transportation Impact on The Performance of AG Line Public Transportation Users," *Media Tek. Sipil*, vol. 18, no. 1, pp. 25–32, 2020.
- [9] T. M. Latu and A. M. Everett, *Review of satisfaction research and measurement approaches*. 2000.
- [10] Sugiyono, *Prof. dr. sugiyono, metode penelitian kuantitatif kualitatif dan r&d*, 10th ed. Bandung: Alfabeta, 2007.

**PETUNJUK PENULISAN FONDASI: JURNAL TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

**JUDUL ARTIKEL
Font Times New Roman (14 PT)**

Nama Penulis tanpa disertai gelar akademik (TNR 11 pt bold)
Nama lembaga tempat penulis berkerja disertai alamat email (TNR 10 pt)

ABSTRAK(TNR 11pt)

Abstrak ditulis dengan huruf Times New Roman dengan spasi satu (TNR 11 pt)

Kata kunci (3 - 5 kata)

ABSTRACT (TNR11pt)

Abstract written in Times New Roman font with single spacing (TNR 11 pt)

Keywords (3 – 5 words)

Artikel dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris dengan menggunakan Font Times New Roman menggunakan spasi tunggal (TNR 11 pt). Artikel ditulis menggunakan kertas A4 dengan format 2 (dua) kolom dengan margin : Left and Top = 3cm, Right and Bottom = 2,5 cm dan jumlah halaman 10-12 halaman.

Materi disusun mengikuti kaidah umum sebagai berikut :

- 1. Pendahuluan**
- 2. Tinjauan Pustaka**
- 3. Metodologi Penelitian**
- 4. Analisis dan Pembahasan**
- 5. Kesimpulan dan Saran**
- 6. Daftar Pustaka**

Penilaian Naskah

Semua naskah yang masuk akan dinilai oleh mitra bestari dengan format penilaian yang telah ditetapkan oleh Pemimpin Redaksi. Hasil penilaian dari Mitra Bestari akan diolah oleh penyunting dan dikembalikan ke penulis untuk diperbaiki bila perlu. Agar artikel dapat dimuat, penulis diharapkan dapat menyerahkan artikel yang telah direvisi sebelum waktu yang ditentukan.

Pengiriman Naskah

Artikel berupa *softcopy* dikirim langsung kepada :

Sekretariat Jurnal Fondasi (a.n Woelandari Fathonah, ST., M.T)

d.a. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jend. Sudirman km 3 Cilegon, Banten 42435

Telp. (0254)395502 Ext.19, WA : 082158141068

Dapat juga dikirim melalui email ke:

fondasi@untirta.ac.id atau jurnalfondasi@gmail.com

Template penulisan artikel dapat di unduh pada laman *website* Fondasi: Jurnal Teknik Sipil
<http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jft/index>

