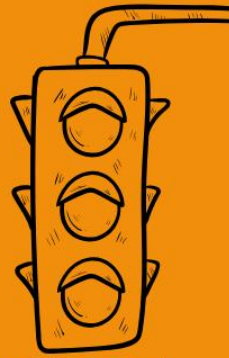




Jurnal MITRANS

Media Publikasi Terapan Transportasi



- **Pengembangan Prototype Website Tempat Duduk Ramah Perempuan Melalui Kamera Berbasis Yolo V8 Pada Suroboyobus dan Trans Semanggi**
Three Shyahnda Raka Wiryawan, Dadang Supriyatno
- **Karakteristik Limbah Filler Abu Serbuk Kayu Jati dan Material Agregat Alam Untuk Campuran Perkerasan Aspal pada Lapisan Permukaan (Asphalt Concrete - Wearing Course)**
Moch. Andri Setiawan, Ari Widayanti
- **Karakteristik Limbah Cangkang Kerang Bulu dan Material Alam sebagai Campuran Perkerasan pada Lapis Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)**
Naufal Gilang Pratama, Ari Widayanti
- **Analisis Kesiapan Alat Rubber Tyred Gantry, Sumber Daya Manusia, Dan Truck Round Time (Receiving) Terhadap Produktivitas Bongkar Muat Di PT Terminal Petikemas Surabaya**
Qurotu Firnanda Atasya, Dadang Supriyatno
- **Karakteristik Agregat Sisa Pembongkaran Bangunan Dalam Produksi Paving Block**
Bagus Setyo Nugroho, Ari Widayanti
- **Karakteristik Limbah Plastik HDPE dan Material Agregat Alam Untuk Campuran Perkerasan Lapis Antara Asphalt Concrete - Wearing Course(AC-WC)**
Nabila Sekar Ayu, Ari Widayanti
- **Analisis Kebutuhan Sarana Dan Prasarana Untuk Keselamatan Pada Perlintasan Sebidang Kereta Api**
Muhammad Wafiq Ihtirom, Dadang Supriyatno
- **Evaluasi Prosedur Perawatan Wesel Inggris pada Stasiun Surabaya Pasar Turi Wilayah Kerja W. 31B dan W.31C**
Maydita Adelia Pramesti, Dadang Supriyatno
- **Analisis Risiko Penanganan Kecelakaan Lalu Lintas Dalam Upaya Meningkatkan Jalan Yang Berkeselamatan (Studi Kasus: Jalan Raya Maospati-Sarangan, Kabupaten Magetan)**
Muflihatin Nahar, Dadang Supriyatno
- **Perancangan Ulang Layout Terminal Bunder Gresik Sebagai Upaya Peningkatan Keselamatan dan Kenyamanan**
Mohammad Rivaldy, Purwo Mahardi
- **Penataan Area Exit Terminal Purabaya Sebagai Upaya Perbaikan Kinerja Jalan Raya Waru**
Bayu Hanif Nurmansyah, Purwo Mahardi
- **Studi Penetapan Ulang Tarif Angkutan Kota AMH Di Kota Malang Berdasarkan BOK, ATP Dan WTP dengan Kesesuaian SPM Nomor 29 Tahun 2015**
Yunita Nur Anggraini, R. Endro Wibisono



Partner :
Masyarakat Perkeretaapian
Indonesia

Published by:
Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Fakultas Vokasi
Universitas Negeri Surabaya
Jl Kampus Ketintang Surabaya 60231
Email: mitrans@unesa.ac.id

Kata Pengantar

Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi (MITRANS) merupakan Open Journal System (OJS) yang berada di Program Studi D4 Transportasi Fakultas Vokasi Universitas Negeri Surabaya (UNESA). MITRANS menerbitkan Volume 3, Nomor 3, Desember 2025. Penerbitan jurnal ini dimaksudkan untuk memberikan informasi ilmiah mengenai perkembangan ilmu transportasi yang meliputi hasil penelitian, kajian pustaka dan telaah kritis pada kasus-kasus ilmu transportasi. Pada Volume 3, Nomor 3 ini menerbitkan 12 judul artikel ilmiah yang kami sajikan. Redaksi mengucapkan terima kasih kepada para mitra bestari dan penyunting yang telah menyediakan waktunya untuk menyunting naskah artikel yang dimuat. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada para penulis dan semua pihak yang telah membantu hingga terbitnya jurnal ini. Kami sangat mengharapkan peran aktif semua pihak sebagai penulis artikel, baik dari lingkungan akademisi maupun praktisi dan lain-lain khususnya bidang transportasi. Semoga materi yang disampaikan dapat berguna bagi pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan secara umum. Kritik dan saran sangat redaksi harapkan untuk perbaikan penerbitan berikutnya. Terimakasih dan Selamat Membaca.

Volume 3, No. 3, Desember 2025

E-ISSN : 3025 - 8774

Media Publikasi Terapan Transportasi (MITRANS)

Pimpinan Redaksi :

R. Endro Wibisono, S.Pd., M.T. (UNESA)

Editor :

Kencana Verawati, Universitas Negeri Jakarta (UNJ),
Vivian Karim Ladesi, Universitas Negeri Jakarta (UNJ),
Muhammad Hadid, Institut Teknologi Kalimantan (ITK)
Arik Triarso, Universitas Negeri Surabaya (UNESA),
Amanda Ristiana Pattisinai, Universitas Negeri Surabaya (UNESA)
Wahyu Dwi Mulyono, Universitas Negeri Surabaya (UNESA),
Hendro Sutowijoyo, Universitas Narotama (UNNAR),
Purwo Mahardi, Universitas Negeri Surabaya (UNESA),

Mitra Bestari :

Dr. Winoto Hadi, S.T., M.T. (UNJ)
Dr. Ir. Dadang Supriyatno, M.T., IPU., ASEAN. Eng. (UNESA)
Dr. Anita Susanti, S.Pd., M.T. (UNESA)
Dr. Ari Widayanti, S.T., M.T. (UNESA)
Adhi Muhtadi, S.T., S.Si., M.Si., M.T. (UNNAR)
Muhammad Shofwan Donny Cahyono, S.S.T., M.T. (UWIKU)
Miftachul Huda, S.Pd., M.T., (UM Surabaya)

Alamat Penerbit :

Prodi Sarjana Terapan Transportasi
Gedung K4, Fakultas Vokasi
Universitas Negeri Surabaya
Telp. 085791231992

Website: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans/index>

Email : mitrans@unesa.ac.id

Frekuensi terbit setahun 3 kali (April, Agustus, Desember)

Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi (MITRANS) merupakan suatu wadah karya tulis ilmiah para dosen dan praktisi yang bergerak dibidang transportasi sebagai perwujudan tri darma perguruan tinggi.

JURNAL MITRANS

Media Publikasi Terapan Transportasi

Halaman Judul	i
Kata Pengantar.....	ii
Susunan Dewan Redaksi	iii
Daftar Isi	iv
Petunjuk Penulisan	vi

Pengembangan Prototype Website Tempat Duduk Ramah Perempuan Melalui Kamera Berbasis Yolo V8 Pada SuroboyoBus dan Trans Semanggi

Three Shyahnada Raka Wiryawan, Dadang Supriyatno224-231

Karakteristik Limbah Filler Abu Serbuk Kayu Jati dan Material Agregat Alam Untuk Campuran Perkerasan Aspal pada Lapisan Permukaan (Asphalt Concrete - Wearing Course)

Moch. Andri Setiawan, Ari Widayanti.....232-239

Karakteristik Limbah Cangkang Kerang Bulu dan Material Alam sebagai Campuran Perkerasan pada Lapis Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)

Naufal Gilang Pratama, Ari Widayanti.....240-246

Analisis Kesiapan Alat Rubber Tyred Gantry, Sumber Daya Manusia, Dan Truck Round Time (Receiving) Terhadap Produktivitas Bongkar Muat Di PT Terminal Petikemas Surabaya

Qurotu Firnanda Atasya, Dadang Supriyatno247-258

Karakteristik Agregat Sisa Pembongkaran Bangunan Dalam Produksi Paving Block

Bagus Setyo Nugroho, Ari Widayanti.....259-266

Karakteristik Limbah Plastik HDPE dan Material Agregat Alam Untuk Campuran Perkerasan Lapis Antara Asphalt Concrete – Wearing Course(AC-WC)

Nabila Sekar Ayu, Ari Widayanti267-276

Analisis Kebutuhan Sarana Dan Prasarana Untuk Keselamatan Pada Perlintasan Sebidang Kereta Api

Muhammad Wafiq Ihtiom, Dadang Supriyatno277-284

Evaluasi Prosedur Perawatan Wesel Inggris pada Stasiun Surabaya Pasar Turi Wilayah Kerja W. 31B dan W.31C

Maydita Adelia Pramesti, Dadang Supriyatno285-296

Analisis Risiko Penanganan Kecelakaan Lalu Lintas Dalam Upaya Meningkatkan Jalan Yang Berkeselamatan (Studi Kasus: Jalan Raya Maospati-Sarangan, Kabupaten Magetan)

Muflihatin Nahar, Dadang Supriyatno.....297-310

Perancangan Ulang Layout Terminal Bunder Gresik Sebagai Upaya Peningkatan Keselamatan dan Kenyamanan

Mohammad Rivaldy, Purwo Mahardi311-322

Penataan Area Exit Terminal Purabaya Sebagai Upaya Perbaikan Kinerja Jalan Raya Waru

Bayu Hanif Nurmansyah, Purwo Mahardi.....323-335

**Studi Penetapan Ulang Tarif Angkutan Kota AMH Di Kota Malang
Berdasarkan BOK, ATP Dan WTP dengan Kesesuaian SPM Nomor 29 Tahun
2015**

Yunita Nur Anggraini, R. Endro Wibisono.....336-343

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.idHalaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Judul artikel berbahasa Indonesia [Heading Judul]

Nama Penulis Satu ^a, Nama Penulis Dua ^b [Heading penulis]

^a Program Studi Penulis Satu, Universitas Penulis Satu, Kota Penulis Satu, Negara Penulis Satu [Heading Afiliasi penulis]

^b Program Studi Penulis Dua, Universitas Penulis Dua, Kota Penulis Dua, Negara Penulis Dua

email: ^aemail_penulissatu@institusi.ac.id, ^bemail_penulisdua@institusi.ac.id [heading Email]

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 1 Januari 2023

Revisi 21 Januari 2023

Diterima 31

Online 1 Februari 2023

Kata kunci: [Heading kata kunci]

Maksimal [Heading isi kata kunci]

Lima

Kata

Kunci

Penting

ABSTRAK

Diperlukan abstrak ringkas, spesifik, akurat dan faktual. Abstrak harus menyatakan secara singkat alasan penentuan permasalahan objek yang diteliti, solusi yang diusulkan, metode yang digunakan, kontribusi yang diusulkan, tujuan penelitian yang ingin diraih, hasil dan kesimpulan, soroti bagaimana perbedaannya/keuntungan yang ditawarkannya dari metode yang sudah ada sebelumnya. Jangan menampilkan langkah-langkah prosedur. Jangan menampilkan sumber sitasi. Maksimal 200 kata. Ingat, bahwa abstrak akan dibaca pertama kali oleh pembaca. Ini adalah iklan artikel Anda, buat semenarik mungkin, dan mudah dimengerti. Agar formatnya sama gunakan heading abstrak. [Heading isi abstrak].

The title of the article is English [Heading of Title]

ARTICLE INFO

Keywords: [heading kata kunci]

Maximum [Heading isi keyword]

Five

Word

Key

Important

Style APA dalam menyitasi artikel ini: [Heading sitasi]

Satu, N. P., & Dua, N. P.

(Tahun). Judul Artikel.

MITRANS: Jurnal Media

Publikasi Terapan

Transportasi, v(n), Halaman

awal - Halaman akhir.

[heading Isi sitasi]

ABSTRACT

It requires concise, specific, accurate and factual abstracts. The abstract should state briefly the reasons for determining the problem of the object under study, the proposed solution, the method used, the proposed contribution, the research objectives to be achieved, the results and conclusions, highlight how the difference/benefit it offers from a pre-existing method. Do not display procedure steps. Do not display citation source. Maximum 200 words. Remember, that the abstract will be read first by the reader. This is your article advertising, make it as attractive as possible, and easy to understand. [Heading isi abstract].

© 2023 MITRANS : Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

1. Pendahuluan [Heading Sub Judul]

MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi selanjutnya akan disebut sebagai MITRANS. MITRANS Jurnal MITRANS ditujukan untuk semua akademisi dan praktisi di bidang Transportasi, khususnya Manajemen Transportasi. Jurnal Manajemen Lingkup Transportasi mencakup hasil penelitian lapangan, studi literatur, dan penelitian kebijakan publik yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan membangun inovasi atas perkembangan dunia di bidang Transportasi.

Judul artikel sebagian ...

© 2023 MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

Penelitian ini dilihat melalui perspektif transportasi makro atau mikro dari berbagai aspek, seperti: operasional, produksi, sumber daya manusia, pemasaran, layanan konsumen, keuangan, dan manajemen strategis.

MITRANS akan menerbitkan makalah hasil penelitian yang memiliki kontribusi atau *novelty* tentang ilmu manajemen transportasi di bidang, namun tidak terbatas pada: *Transport Management, Logistic Management, Port Transport Management, Marine Management, Multimodal Transport Management, Supply Chain Management, Safety and Environmental of Logistic, Safety and Environmental of Transport* dll, juga akan dipublikasikan di jurnal ini. *Novelty* harus tertuang secara jelas, harus ada gap penelitian yang sudah ada dengan penelitian yang penulis usulkan. Tidak menutup kemungkinan jurnal juga bisa hasil *review*, namun memiliki persyaratan bahwa penulis adalah sudah menempuh gelar doktor dan memiliki keahlian pada artikel yang akan di *review* berdasarkan *track record* publikasi dan penelitian yang sering dikerjakan.

Setiap artikel yang masuk, harus mengikuti gaya selingkung **MITRANS** dan *template* ini. Pada *template* ini memiliki kategori diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. *Margin* pada *template* ini adalah menggunakan jenis halaman *Mirror Margins*, dengan *margin Top* 2 cm, *Outside* 2 cm, *Bottom* 2 cm dan *Inside* 3 cm.
- b. *Page* menggunakan format, setiap halaman awal menggunakan *Different First Page*, format halaman ganjil dan genap menggunakan format *Different Odd & Even Page*, jika halaman ganjil maka halaman berada di atas pojok sebelah kanan, sedangkan jika halaman genap berada di atas pojok kiri. Semua halaman berada di atas *header*.
- c. *Header* menggunakan format pada halaman awal nama **MITRANS** dan nama panjang jurnal **MITRANS**, beserta ISSN baik versi *Online* maupun ISSN versi *Offline*. Nama panjang **MITRANS** menggunakan *font Century Gothic 9,5 Bold* berwarna biru. Sedangkan ISSN menggunakan warna hitam dengan *font Century Gothic 8* reguler. Sedangkan *header* halaman berikutnya adalah berisi halaman, ISSN, informasi penulis, nama jurnal **MITRANS**, volume, no terbitan, halaman awal – halaman akhir dengan *font Century Gothic 9,5* reguler berwarna biru. Untuk semua format penulisan ISSN dari halaman awal hingga akhir formatnya sama.
- d. *Footer* menggunakan format menuliskan sebagian judul sebelah kiri, dan sebelah kanan menuliskan alamat DOI (*Digital Object Identifier*), penulisan alamat DOI adalah pekerjaan editor. Sedangkan baris kedua adalah berisi tentang identitas tahun terbit, penerbit, dan hak cipta. *Footer* menggunakan *font Century Gothic 7* reguler.
- e. Judul maksimal 20 kata, lugas, informatif, menggambarkan isi permasalahan objek penelitian, metode yang digunakan dan tujuan yang diharapkan. Judul harus ada dua Bahasa, seperti halnya abstrak. Rata kiri.
- f. Nama penulis ketika tunggal harus diulang, contoh namanya hanya kata tunggal Fulan, maka pada penulisan nama penulis menjadi Fulan Fulan. Nama depan dan nama belakang mohon jangan disingkat dan tanpa gelar. Hal ini agar artikel penulis ketika disitasi oleh peneliti lain dapat terdeteksi oleh mesin pengindeks seperti Google Scholar.
- g. Isi artikel menggunakan *heading* Isi, yaitu menggunakan *font Palatino Linotype 10* reguler.
- h. Spasi tunggal.
- i. Minimal 6 halaman atau 6.000 kata secara keseluruhan.
- j. Similaritas artikel menggunakan Turnitin atau iThenticate maksimal 20%.

Setiap awal sub judul pada *paragraph* pertama tanpa menggunakan alenia, namun *paragraph* selanjutnya menggunakan alenia 1 cm. Setiap istilah asing, baik itu Bahasa Inggris, Bahasa Arab, Bahasa Daerah, Bahasa Gaul jika misal dimungkinkan mohon untuk dimiringkan. Senantiasa cek kata yang dianggap asing atau tidak hanya melalui <https://kbbi.kemdikbud.go.id> jika itu Bahasa Indonesia, jika Bahasa Inggris <https://en.oxforddictionaries.com/>. Untuk penggunaan kata-kata kapan menggunakan spasi atau tidak mohon cek di PUEBI <http://badanbahasa.kemdikbud.go.id/lamanbahasa/sites/default/files/PUEBI.pdf>.

Pendahuluan harus memiliki isi latar belakang permasalahan yang diawali dengan permasalahan umum kemudian permasalahan khusus, alasan pemilihan objek penelitian, penelitian sebelumnya yang telah dilakukan penelitian sebelumnya yang terkait dengan permasalahan penelitian yang penulis teliti. Solusi yang penulis tawarkan, kontribusi berupa *gap* penelitian (*novelty*, pioner, orisinal), metode yang diusulkan, tujuan yang diharapkan. Segala sesuatu yang dipilih penulis harus dijelaskan alasannya tanpa menimbulkan sebuah tand tanya oleh pembaca. Sebuah halaman tidak boleh ada *space* yang tersisa atau kosong, harus penuh.

Sistem referensi menggunakan *style* APA dengan menerapkan *tool management references* yang telah disediakan oleh Microsoft Word. Namun kami juga tidak menutup penggunaan Mendeley atau Zetero. Mohon untuk melakukan pengutipan dengan parafrase bukan mengutip secara langsung akan tidak terdeteksi sebagai plagiat. Setiap kutipan harus memiliki sumber referensi yang valid, diutamakan berasal dari jurnal ilmiah internasional bereputasi terindeks Scopus atau *Web of Science*. Jika jurnal nasional hanya diakui menggunakan jurnal terakreditasi yang sudah masuk klaster S1 dan S2 pada mesin pengindeks jurnal [Sinta](#) milik Kementerian Ristek Dikti. Hindari munculnya parade acuan yang berlebihan yang tidak memperlihatkan keterkaitan secara langsung dengan substansi artikel ilmiah.

Pastikan artikel yang dikirim adalah hasil karya sendiri dan tidak sedang/sudah dalam proses publikasi pada penerbit lain. Setiap artikel akan dilakukan pengecekan plagiasi menggunakan iThenticate atau Turnitin dengan batas maksimal toleransi < 15%.

2. State of the Art

Berisi terkait penelitian sebelumnya yang terkait dengan peneliti yang dilakukan oleh penulis. Minimal menggunakan 5 sumber referensi (jika dimasukkan pada Pendahuluan), minimal 15 sumber referensi pada seluruh isi artikel, wajib sumber referensi dari jurnal dan prosiding yang terkait penelitian Anda, dan referensi *up to date* 5 (lima) tahun terakhir. Baik jurnal maupun prosiding sangat diutamakan terindeks Scopus, Clarivate Analytics Web of Science (SCIE & SSCI), PubMed, DOAJ atau masuk database IEEE, ACM, Proquest, CABI, Gale, EBSCO. Harap pastikan bahwa setiap referensi yang dikutip dalam teks juga ada dalam daftar referensi (dan sebaliknya). Dilarang mengutip yang bersumber dari Wikipedia, blog, atau publikasi yang meragukan.

2.1. Sub bab satu [Heading Sub sub Judul]

2.2. Sub bab dua

3. Metode Penelitian

Metode berhubungan dengan validitas dan reabilitas dari hasil penelitian yang diperoleh dan dilaporkan dalam artikel ilmiah. Metode merupakan sarana pembaca (penelaah) untuk menilai apakah

metode (dan material/peralatan/model) yang digunakan sudah tepat untuk mendapatkan hasil riset yang valid. Metode merupakan sarana pembaca (peneliti lain dalam lingkup riset) untuk mengevaluasi hasil secara kritis atau melakukan kembali sebagian atau keseluruhan penelitian yang dilaporkan dalam artikel ilmiah dengan cara persis seperti yang dituangkan dalam Metode yang dituliskan dalam artikel ilmiah tersebut. Hal-hal yang sudah diketahui oleh pelaku riset dalam lingkup riset tertentu tidak perlu lagi dituliskan, demikian pula perlengkapan dan peralatan umum yang digunakan. Mohon setiap metode diberikan bagan atau tahapan apa saja yang akan dilakukan, baik dari pengumpulan data, hingga tolak ukur untuk mengetahui keberhasilan penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 1. Jumlah *dataset* per-kelas (Fulan, 2019) [Heading Tabel]

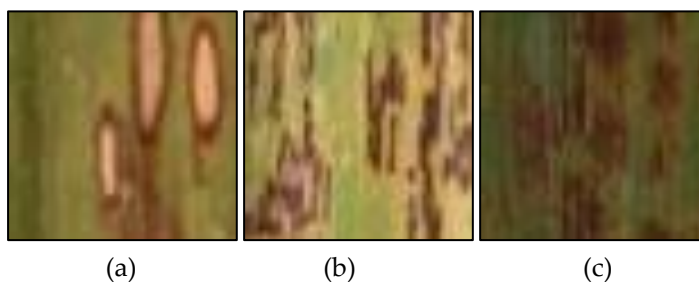
Kelas	Data Latih	Data Uji
Cincin	95 Citra	22 Citra
Karat	58 Citra	15 Citra
Jumlah total	286 citra	81 Citra

Jika ilustrasi yang butuh ditambahkan, jika terlalu banyak informasi detail dapat dituangkan menggunakan gambar atau tabel. Setiap gambar, table rumus harus diberi penomoran, dan harus memiliki penjelasan pada isi artikel. Format Tabel dapat dilihat pada Tabel 1. Format Gambar dapat dilihat pada Gambar 1, dan format fungsi/rumus/persamaan dapat dilihat pada Persamaan 1. Persamaan harus menggunakan *Equation*. Tabel dan persamaan dilarang menggunakan gambar, agar editor dapat melakukan perubahan jika memungkinkan mempengaruhi letak dan ukuran dari tata letak pada artikel ini. Tabel tidak boleh hasil *capture* harus tabel buatan ulang jika mengutip dan wajib di beri sumber, atau tabel buatan sendiri jika itu orisinal ide sendiri. Tabel maupun gambar tidak boleh terpotong di halaman atau kolom berbeda.

Contoh Persamaan 1,

$$D(x,y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n f((xi: yi) - (wi)^2} \quad (1)$$

di mana x data *training*, y data *testing*, n jumlah atribut, f fungsi *similarity* antara titik x dan titik y , dan wi bobot yang diberikan pada atribut i . Persamaan tidak boleh menggunakan gambar harus menggunakan *Equation*.



Gambar 1. Contoh gambar: (a) Noda cincin; (b) Noda karat; dan (c) Noda kuning (Fulana, 2019)

[Heading Gambar]

4. Hasil dan Pembahasan

Mohon untuk menjelaskan hasil penelitian yang sudah dilakukan, bukan langkah-langkah implementasi menggunakan aplikasi yang telah dibuat. Apa persamaan dan perbedaan antara pekerjaan penelitian penulis dengan pekerjaan peneliti sebelumnya, baik dari segi metode, data, maupun hasil. Namun menjelaskan, apakah permasalahan yang diteliti telah berhasil diteliti sesuai dengan tujuan dari penelitian dengan metode yang diusulkan. Jika berhasil sesuai dengan tujuan atau gagal tidak sesuai dengan tujuan yang diharapkan, mohon dijelaskan hasil temuan analisis yang telah dilakukan, penyebab keberhasilan/kegagalan penelitian tersebut. Menjelaskan tolak ukur keberhasilan/kegagalan berdasarkan apa. Pekerjaan apa yang belum berhasil dilakukan, kenapa? Dan pekerjaan apa saja yang kemungkinan bisa ditindaklanjuti?

5. Kesimpulan

Ringkasan temuan penelitian, jangan menuliskan sesuatu yang tidak pernah dibahas di bagian sebelumnya. Namun sebaliknya, perlu diperhatikan, bagian ini seharusnya tidak mengulang sama persis dengan apa yang sudah dituliskan sebelumnya di bagian analisis atau diskusi.

Deduksi atau pengambilan kesimpulan dari uraian sebelumnya. Jangan menarik kesimpulan dari apa yang tidak pernah disinggung atau didiskusikan sebelumnya. Opini personal terkait dengan temuan yang didiskusikan. Tentu saja opini yang argumentatif. Jangan lupa sebutkan keterbatasan penelitian yang kita lakukan. Keterbatasan seharusnya dikaitkan dengan proses penelitian yang dijalankan. Keterbatasan dapat terkait dengan teori yang digunakan, metode yang diaplikasikan, atau pun terkait dengan generalisasi hasil penelitian. Keterbatasan ini akan menjadi dasar untuk bagian selanjutnya. Berikan ilustrasi atau saran penelitian lanjutan yang bisa dilakukan. Saran ini biasanya merupakan respon dari keterbatasan yang diuraikan sebelumnya. Tuliskan implikasi penelitian.

6. Ucapan Terima Kasih

[PILIHAN. Di sini Anda bisa mengucapkan ucapan terimakasih kepada rekan kerja yang telah membantu Anda yang tidak terdaftar sebagai rekan penulis, dan telah membantu mendanai

penelitian/publikasi Anda. Oleh karena itu kami mempublikasikan sebuah standar catatan “terima kasih” di masing-masing artikel.

Kami sangat menghargai karya yang tidak hanya penulis kirimkan, tapi juga rekomendasi *reviewer* yang memberikan masukan berharga untuk setiap pengiriman artikel, agar dapat mempercepat pekerjaan *review* karena keterbatasan jumlah *reviewer*. Namun, keputusan *reviewer* yang akan mengulas artikel Anda tetap berada ditangan editor. Rekomendasi *reviewer* dapat Anda sampaikan pada halaman terakhir setelah referensi, karena *review* dilakukan berdasarkan *double blind*.

7. Referensi

Menggunakan *style* APA. [heading Isi]. Minimal referensi 15 bersumber 80% dari jurnal internasional terindeks Scopus, Clarivate *Analytics Web of Science* (SCIE & SSCI), PubMed, DOAJ atau masuk *database* IEEE, ACM, Proquest, CABI, Gale, EBSCO, atau jurnal nasional terakreditasi S1-S2. Sisanya boleh berasal dari prosiding internasional terindeks Scopus, Clarivate *Analytics Web of Science* (SCIE & SSCI), PubMed, DOAJ atau masuk *database* IEEE, ACM, Proquest, CABI, Gale, EBSCO, Paten, maupun Buku hasil penelitian. Referensi harus terkini 10 tahun terakhir (5 tahun terakhir lebih disukai).

Contoh:

Prosiding

Asfarian, A., Herdiyeni, Y., Rauf, A., & Mutaqin, K. H. (2013). Paddy diseases identification with texture analysis using fractal descriptors based on fourier spectrum. *Computer, Control, Informatics and Its Applications (IC3INA), 2013 International Conference on* (hal. 77-81). Jakarta: IEEE.

Jurnal

Chaudhary, P., Chaudhari, A. K., Cheeran, A. N., & Godara, S. (2012). Color transform based approach for disease spot detection on plant leaf. *International Journal of Computer Science and Telecommunications*, 3(6), 65-70.

Kusuma, A. P., & Darmanto. (2016). Pengenalan angka pada sistem operasi android dengan menggunakan metode template matching. *Register: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, 2(2), 68-78.

Fulan, F. (2019). Contoh penamaan tabel pada jurnal Register. *Register: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, 5(1), 1-10.

Fulana, F. (2019). Contoh penamaan gambar pada jurnal Register. *Register: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, 5(1), 11-20.

Buku

Rott, P. (2000). *A guide to sugarcane diseases*. Paris: Quae.

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.idHalaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Pengembangan *Prototype Website* Tempat Duduk Ramah Perempuan Melalui Kamera Berbasis *Yolo V8* Pada Suroboyobus dan Trans Semanggi

Three Shyahnda Raka Wiryawan ^a, Dadang Supriyatno ^b

^a Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

^b Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

email: ^athreeshyahnda.21041@mhs.unesa.ac.id, ^bdadangsupriyatno@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 21 Juli 2025

Revisi 24 Agustus 2025

Diterima 14 September 2025

Online 25 Desember 2025

Kata kunci:

Transportasi Umum

YOLO V8

Deteksi Objek

Website Monitoring

Tempat Duduk Ramah

Perempuan

ABSTRAK

Transportasi umum memiliki peran penting dalam mobilitas masyarakat, namun masih menghadapi tantangan dalam menjamin aspek keamanan dan kenyamanan bagi penumpang perempuan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe sistem monitoring tempat duduk ramah perempuan dengan mengintegrasikan deteksi objek berbasis YOLO V8 dan platform website responsif. Sistem diuji pada moda transportasi SuroboyoBus dan Trans Semanggi, dengan mendeteksi jumlah penumpang perempuan secara real-time menggunakan CCTV berbasis GSM dan menampilkannya melalui antarmuka website. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi deteksi objek berkisar antara 92% hingga 100%, dengan waktu respon kurang dari 1 detik. Website memiliki waktu muat rata-rata antara 1,2 hingga 2,0 detik dan tetap stabil dalam berbagai kondisi jaringan. Selain itu, sistem ini juga menampilkan rute perjalanan bus secara aktual menggunakan OpenStreetMap serta memperbarui status tempat duduk khusus perempuan secara dinamis dan berkelanjutan. Survei pengguna terhadap 100 responden menunjukkan tingkat kepuasan lebih dari 85%, yang menandakan bahwa sistem ini mampu meningkatkan rasa aman, kenyamanan, dan kepercayaan penumpang perempuan dalam menggunakan layanan transportasi publik. Sistem ini dirancang agar ringan, ramah pengguna, dan kompatibel di berbagai perangkat, termasuk smartphone. Ke depan, sistem ini diharapkan dapat mendukung implementasi smart city dan menjadi solusi inovatif berbasis teknologi digital yang mendorong transportasi umum yang inklusif, modern, berkelanjutan, dan berkeadilan gender di Indonesia.

Development of a Prototype of a Women Friendly Seating Website Throught a Yolo V8 Based Camera on SuroboyoBus and Trans Semanggi

ARTICLE INFO

Keywords:

Public Transportation

YOLO V8

Object Detection

Website Monitoring

Women-Friendly Seating

ABSTRACT

Public transportation plays an important role in community mobility, but still faces challenges in ensuring safety and comfort for female passengers. This study aims to develop a prototype of a female-friendly seat monitoring system by integrating YOLO V8-based object detection and a responsive website platform. The system was tested on

Wiryawan, T. S. R., & Supriyatno, D. (2025). Pengembangan *Prototype Website Tempat Duduk Ramah Perempuan Melalui Kamera Berbasis Yolo V8 Suroboyobus dan Trans Semanggi*. MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi, v3 (n3), 224 – 231.

the Suroboyobus and Trans Semanggi transportation modes, detecting the number of female passengers in real-time using GSM-based CCTV and displaying the results through a website interface. Test results showed object detection accuracy ranging from 92% to 100%, with a response time of less than 1 second. The website had an average loading time of 1.2 to 2.0 seconds and remained stable under various network conditions. Additionally, the system displayed actual bus routes using OpenStreetMap and dynamically and continuously updated the status of women-only seats. A user survey of 100 respondents showed a satisfaction rate of over 85%, indicating that the system is able to increase the sense of safety, comfort, and trust of female passengers in using public transportation services. The system is designed to be lightweight, user-friendly, and compatible with various devices, including smartphones. Going forward, this system is expected to support the implementation of smart cities and become an innovative digital technology-based solution that promotes inclusive, modern, sustainable, and gender-equitable public transportation in Indonesia.

© 2023 MITRANS : Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

1. Pendahuluan

Transportasi publik merupakan komponen penting dalam kehidupan perkotaan modern, namun keamanan dan kenyamanan penumpang, terutama perempuan, masih menjadi isu yang perlu ditangani secara serius. Menurut survei yang dilakukan oleh UN Women, 90% perempuan di kota-kota besar Indonesia merasa tidak aman saat menggunakan transportasi umum UN Women (2019). Kondisi ini mencerminkan adanya kebutuhan mendesak untuk meningkatkan sistem keamanan dan kenyamanan bagi penumpang perempuan di transportasi publik. Suroboyobus dan Trans Semanggi, sebagai moda transportasi utama di Surabaya, menjadi fokus penelitian ini dalam upaya meningkatkan layanan dan keamanan bagi penumpang perempuan. Berdasarkan adanya beberapa kasus pelecehan seksual yang terjadi di transportasi umum di Indonesia, khususnya di bus seperti pada kasus pelecehan yang terjadi di bus TransJakarta tahun 2022 disini menunjukkan bahwa penumpang perempuan sering kali menjadi target pelecehan, baik dalam bentuk verbal maupun fisik, saat menggunakan fasilitas transportasi umum. Oleh karena itu, diperlukan suatu inovasi yang dapat memberikan solusi lebih efektif dalam menciptakan lingkungan yang aman bagi perempuan di transportasi umum, salah satunya adalah Mengembangkan Prototype Kamera berbasis Yolo V8 yang belum pernah ada di transportasi umum di Indonesia, khususnya pada Bus Kota. Meskipun tempat duduk khusus perempuan telah disediakan di Suroboyobus dan Trans Semanggi, masih terdapat beberapa kendala dalam implementasinya yang perlu diatasi. Pertama, kurangnya informasi real-time tentang ketersediaan tempat duduk menyulitkan penumpang perempuan untuk merencanakan perjalanan mereka dengan efektif. Dikatakan efektif karena memiliki keuntungan bagi pihak angkutan umum khususnya Suroboyobus seperti Meningkatkan Kepercayaan dan Kenyamanan Penumpang Perempuan dan memberikan citra positif dari Masyarakat terhadap Suroboyobus dan Trans Semanggi. Kedua, terdapat kesulitan dalam memantau dan menegakkan penggunaan yang tepat dari tempat duduk khusus ini, sering kali menyebabkan penyalahgunaan atau ketidakefektifan sistem. Ketiga, ketidakefisienan dalam manajemen kapasitas bus mengakibatkan distribusi penumpang yang tidak merata dan potensi situasi tidak nyaman bagi penumpang perempuan. Keempat, kurangnya data akurat tentang pola penggunaan tempat duduk khusus ini menghambat upaya peningkatan layanan yang lebih tepat sasaran. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan prototype website dengan beberapa fitur inovatif. Sistem Yolo V8 akan diimplementasikan untuk memantau okupansi tempat duduk, memberikan informasi akurat dan terkini kepada penumpang dan pengelola bus. Antarmuka website yang user-friendly akan dikembangkan untuk memudahkan akses informasi bagi penumpang, memungkinkan mereka

untuk merencanakan perjalanan dengan lebih baik. Analisis data juga akan dilakukan untuk mengoptimalkan rute dan kapasitas bus, meningkatkan efisiensi layanan secara keseluruhan. Maka perlunya dilakukan penelitian ini sehingga melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh solusi inovatif yang mampu menjawab kebutuhan penumpang perempuan, sekaligus mendukung peningkatan pelayanan publik di sektor transportasi. Sehingga Peneliti mengambil judul “*Pengembangan Prototype Website Tempat Duduk Ramah Perempuan melalui Deteksi Video Berbasis Yolo V8 Pada SuroboyoBus dan Trans Semanggi*” Dengan demikian, hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kebijakan transportasi yang lebih inklusif dan aman.

2. State of Art

Tinjauan pustaka memuat hasil-hasil penelitian sebelumnya yang dijadikan acuan oleh penulis dalam merancang penelitian ini. Dalam studi ini, terdapat enam penelitian terdahulu yang digunakan

2.1 (Bochkovski, Wang, & Liao, 2020)

Penelitian dengan judul “YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection” menunjukkan bahwa algoritma YOLOv4 mampu meningkatkan kecepatan dan akurasi dalam mendeteksi objek secara real-time dibanding versi sebelumnya. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menjadi dasar pemilihan YOLO V8 yang lebih mutakhir untuk diterapkan dalam sistem deteksi penumpang perempuan pada transportasi umum.

2.2 (Redmon & Farhadi, 2016)

Penelitian dengan judul “YOLOv3: An Incremental Improvement” menunjukkan bahwa YOLOv3 dapat mendeteksi objek dalam satu frame secara simultan dengan akurasi tinggi dan waktu proses yang cepat. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi fondasi dalam pengembangan metode deteksi visual pada sistem monitoring berbasis CCTV untuk tempat duduk ramah perempuan.

2.3 (Prasetyo & Dewi, 2020)

Penelitian dengan judul “*Sistem Real-time pada Transportasi Umum untuk Peningkatan Kenyamanan Penumpang*” menunjukkan bahwa penerapan sistem informasi berbasis real-time mampu meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengguna transportasi umum. Oleh karena itu, penelitian ini mendukung kebutuhan pengembangan sistem informasi waktu nyata pada website untuk memberikan informasi ketersediaan tempat duduk khusus perempuan

2.4 (Zhang, Li, & Liu, 2018)

Penelitian dengan judul “*Intelligent Public Transportation System Based on Computer Vision*” menunjukkan bahwa integrasi teknologi visi komputer dalam sistem transportasi publik dapat meningkatkan efisiensi operasional dan keamanan. Oleh karena itu, penelitian ini relevan dalam mendasari penggunaan kamera dan algoritma deteksi berbasis YOLO V8 dalam sistem monitoring tempat duduk ramah perempuan

2.5 (Rizki, 2018)

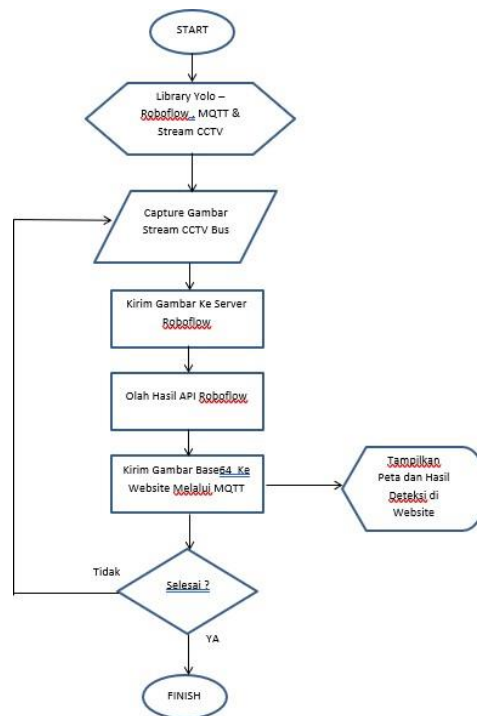
Penelitian dengan judul “*Prototyping dalam Pengembangan Sistem Informasi Transportasi*” menunjukkan bahwa pendekatan prototipe efektif dalam mengintegrasikan data lapangan dengan aplikasi berbasis digital untuk mendukung layanan transportasi. Oleh karena itu, hasil ini mendukung pengembangan website berbasis prototipe dalam sistem pemantauan kursi khusus perempuan pada bus.

2.6 (Ahn, Kwon, & Lee, 2019)

Penelitian dengan judul “*Real-time Passenger Detection System for Public Transportation Using Deep Learning*” menunjukkan bahwa sistem deteksi penumpang berbasis deep learning dapat digunakan untuk memantau kepadatan dan keamanan penumpang secara otomatis. Oleh karena itu, penelitian ini relevan dalam mendukung konsep sistem deteksi otomatis penumpang perempuan menggunakan YOLO V8 di transportasi umum.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian pengembangan (*Research and Development*) yang bertujuan untuk menghasilkan sebuah produk berupa sistem monitoring tempat duduk ramah perempuan yang terintegrasi antara kamera berbasis YOLO V8 dan tampilan website responsif. Sistem ini diharapkan dapat memberikan informasi secara real-time kepada pengguna transportasi umum, khususnya perempuan, mengenai ketersediaan tempat duduk yang aman dan nyaman di dalam bus. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, mulai dari studi literatur, perancangan sistem, pengujian perangkat, hingga evaluasi hasil.



Gambar 1. Diagram Alir

4. Hasil dan Pembahasan

Lokasi uji coba sistem ini adalah pada dua moda transportasi umum di Surabaya, yaitu SuroboyoBus dan Trans Semanggi. Proses pengembangan diawali dengan pemasangan kamera CCTV berbasis GSM di bagian dalam bus, tepatnya di area tempat duduk perempuan. Kamera ini digunakan untuk menangkap gambar secara langsung dan mendeteksi keberadaan penumpang perempuan dengan bantuan algoritma YOLO V8. Hasil deteksi ini kemudian dikirim ke sebuah website yang menampilkan informasi dalam bentuk visual real-time, lengkap dengan simulasi peta perjalanan menggunakan OpenStreetMap (OSM). Dalam pengumpulan data, peneliti menggunakan dua jenis sumber data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari observasi langsung dan hasil pengujian alat serta kuesioner pengguna. Sedangkan data sekunder diperoleh dari referensi pustaka, dokumen operasional transportasi, dan data pendukung dari instansi terkait. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap penggunaan kursi perempuan, pengujian sistem dalam berbagai kondisi waktu dan kepadatan penumpang (pagi, siang, malam; ramai, sedang, sepi). Penelitian ini menghasilkan sebuah prototipe sistem monitoring tempat duduk ramah perempuan yang mengintegrasikan teknologi deteksi objek berbasis YOLO V8 dengan tampilan informasi secara real-time melalui website responsif. Sistem ini dirancang untuk membantu penumpang perempuan dalam memperoleh informasi ketersediaan tempat duduk secara langsung, khususnya pada dua moda transportasi umum di Surabaya, yaitu SuroboyoBus dan Trans Semanggi.

Pengujian sistem dilakukan selama tiga hari pada berbagai kondisi waktu (pagi, siang, malam) dan kepadatan penumpang (ramai, sedang, sepi). Sistem menggunakan kamera CCTV berbasis GSM yang terpasang di dalam bus dan diarahkan ke area tempat duduk perempuan. Kamera ini mendeteksi objek menggunakan algoritma YOLO V8 yang telah dilatih sebelumnya. Hasil deteksi kemudian dikirimkan ke server dan ditampilkan dalam bentuk visual di website. Berdasarkan hasil pengujian, sistem menunjukkan performa yang cukup baik dengan akurasi deteksi objek antara 92% hingga 100% dalam kondisi pencahayaan optimal. Pada pagi dan siang hari, akurasi mencapai 98% hingga 100%, sedangkan pada malam hari terjadi penurunan hingga 90% akibat minimnya pencahayaan di dalam bus. Meskipun demikian, sistem tetap mampu memberikan respon deteksi dalam waktu kurang dari 1 detik, yang menandakan bahwa sistem ini responsif dan dapat diandalkan untuk penggunaan real-time.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sistem Deteksi Kamera YOLO V8 (Penulis, 2025)

Waktu	Jumlah Penumpang	Akurasi Deteksi (%)	Waktu Respon
Pagi	Ramai	98	< 1 detik
Siang	Sedang	100	< 1 detik
Malam	Sepi	90	< 1 detik
Rata-rata	-	96	< 1 detik

Website yang dibangun berfungsi sebagai antarmuka pengguna yang menampilkan informasi hasil deteksi secara visual, termasuk data rute bus, status kursi ramah perempuan, dan posisi kendaraan yang ditampilkan melalui integrasi OpenStreetMap. Hasil pengujian website menunjukkan bahwa sistem memiliki waktu muat rata-rata 1,56 detik dan tetap stabil selama pengujian dilakukan. Website mendukung berbagai perangkat, baik desktop maupun mobile, dengan tampilan yang responsif dan ringan diakses.

Tabel 2 Hasil Evaluasi Website Monitoring (Penulis, 2025)

Parameter	Hasil
Waktu Muat Website	1,2 – 2,0 detik (rata-rata 1,56)
Status Integrasi Kamera	Terhubung Stabil
Responsivitas Tampilan	Lancar & adaptif
Visualisasi Rute (OSM)	Berhasil & akurat

Evaluasi dari sisi pengguna dilakukan melalui survei terhadap 100 responden penumpang perempuan. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata tingkat kepuasan mencapai 87,5%, dengan aspek tertinggi pada kemudahan akses website (89%) dan kecepatan informasi (88%). Sebagian besar responden menyatakan bahwa sistem memberikan rasa aman lebih baik selama perjalanan dan tampilan website cukup jelas untuk digunakan.

Tabel 3 Hasil Survei Tingkat Kepuasan Pengguna (Penulis, 2025)

Aspek Penilaian	Tingkat Kepuasan (%)
Kemudahan Akses Website	89%
Kecepatan Informasi	88%
Rasa Aman di Dalam Bus	86%
Tampilan Visual Website	87%
Rata-rata Total	87,5%

Hasil dari seluruh pengujian membuktikan bahwa sistem yang dikembangkan mampu menjawab kebutuhan akan informasi kursi perempuan secara real-time dan aplikatif. Namun, keterbatasan pencahayaan pada malam hari menjadi tantangan teknis yang perlu ditindaklanjuti, seperti pemasangan lampu tambahan dalam kabin atau peningkatan model YOLO untuk kondisi minim cahaya. Secara keseluruhan, sistem ini menunjukkan kontribusi nyata dalam mendukung pengembangan transportasi publik yang ramah gender. Teknologi computer vision dan pemantauan berbasis web tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga memberikan kenyamanan, keamanan, dan rasa percaya diri bagi penumpang perempuan dalam menggunakan transportasi umum.

Tabel 4 Hasil Simulasi Rute Perjalanan Bus (Penulis, 2025)

Moda Transportasi	Status Simulasi
SuroboyoBus	Sukses
Trans Semanggi	Sukses

Simulasi rute dilakukan untuk memverifikasi keakuratan data posisi armada yang ditampilkan melalui website. Kedua moda transportasi—SuroboyoBus dan Trans Semanggi—berhasil menampilkan rute perjalanan secara akurat menggunakan integrasi OpenStreetMap (OSM), yang menunjukkan bahwa sistem navigasi berbasis peta berjalan sesuai harapan.

Tabel 5 Pengaruh Kondisi Terhadap Deteksi Kamera (Penulis, 2025)

Kondisi	Faktor yang Mempengaruhi	Dampak terhadap Akurasi
Pagi	Cahaya cukup, keramaian tinggi	Tinggi (98%)
Siang	Pencahayaan optimal	Sangat Tinggi (100%)
Malam	Cahaya rendah	Menurun (90%)

Tabel di atas menunjukkan bahwa pencahayaan merupakan faktor utama yang mempengaruhi kinerja deteksi kamera. Saat siang hari, akurasi mencapai maksimum karena dukungan pencahayaan alami. Namun pada malam hari, meskipun jumlah penumpang sedikit, akurasi menurun karena kualitas gambar dari kamera terganggu oleh cahaya minim. Dengan mempertimbangkan hasil pengujian teknis, evaluasi pengguna, serta faktor eksternal seperti kondisi pencahayaan, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring ini telah menunjukkan kinerja yang layak, responsif, dan aplikatif untuk diterapkan pada moda transportasi umum. Penggabungan teknologi deteksi objek dengan penyajian informasi berbasis web tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga memperkuat komitmen terhadap layanan transportasi yang aman, inklusif, dan ramah perempuan. Ke depan, penyempurnaan dari sisi teknis dan integrasi sistem secara lebih luas diharapkan mampu mendorong implementasi nyata dalam skala kota maupun nasional.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem monitoring tempat duduk ramah perempuan yang dilakukan pada moda transportasi umum SuroboyoBus dan Trans Semanggi, dapat disimpulkan bahwa prototipe sistem berbasis YOLO V8 dan website monitoring ini mampu bekerja secara efektif dan real-time. Sistem berhasil mendeteksi penumpang perempuan dengan tingkat akurasi yang tinggi, yaitu berkisar antara 90% hingga 100% pada berbagai kondisi pencahayaan dan tingkat kepadatan penumpang. Waktu respon sistem yang kurang dari 1 detik menunjukkan bahwa proses deteksi dan pengiriman data berjalan cepat dan efisien. Website yang dikembangkan mampu menampilkan informasi hasil deteksi dengan stabil, responsif, dan mudah diakses oleh pengguna. Rata-rata waktu muat website sebesar 1,56 detik menandakan bahwa performa sistem telah optimal. Integrasi peta menggunakan OpenStreetMap juga berhasil menunjukkan status armada dan rute perjalanan secara akurat. Hasil survei pengguna yang menunjukkan kepuasan sebesar 87,5% memperkuat bahwa sistem ini dapat meningkatkan kenyamanan dan rasa aman penumpang perempuan selama berada di dalam bus. Secara keseluruhan, sistem ini memberikan kontribusi nyata dalam mendukung layanan transportasi publik yang lebih inklusif, transparan, dan ramah gender. Meskipun demikian, tantangan teknis seperti keterbatasan pencahayaan pada malam hari masih perlu ditindaklanjuti untuk peningkatan performa di masa depan. Dengan pengembangan lebih lanjut, sistem ini berpotensi untuk diimplementasikan secara luas pada layanan transportasi umum lainnya di berbagai kota.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak Dinas

Perhubungan Kota Surabaya Terutama Divisi Angkutan atas data dan informasi yang diberikan serta dukungan selama proses pengumpulan data. Terakhir, apresiasi diberikan kepada seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyusunan artikel ini.

7. Referensi

- UN Women., "perempuan merasa tidak aman saat menggunakan transportasi umum di kota besar Indonesia."
- Kementerian Perhubungan RI., "Inovasi teknologi dalam transportasi publik adalah kunci untuk meningkatkan layanan dan keselamatan penumpang."
- Jocher, G., Chaurasia, A., Qiu, J., & Stoken, A. (2020). YOLOV8 by Ultralytics. GitHub repository.
- S. A. Hasibuan, R. K. Harahap, and M. F. Manik, "Pengaruh Kenaikan Tarif Angkutan Umum Terhadap Pengguna Jasa Angkutan Umum di Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Medan," *Jimbe*, vol. 1, no. 5, pp. 30–36, 2024, <https://malaqbipublisher.com/index.php/JIMBE>
- Pemerintah kota Surabaya, "Suroboyo Bus: Transportasi umum dengan sistem pembayaran sampah plastik."
- V. V. Alviyah and I. Rodiyah, "Evaluation of the Electricity-Based Public Transport Program (Case Study of the Trans Semanggi Suroboyo Bus) [Evaluasi Program Angkutan Publik Berbasis Listrik (Studi Kasus Bus Trans Semanggi Suroboyo)]," no. 79, pp. 1–12, 2023.
- M. Hamdi, "Transportasi publik , (re) produksi rasa (tak) aman dan siasat perempuan o," pp. 1–14, 2013.
- T. C. Laia and S. Nurlaela, "Evaluasi Kualitas Pelayanan Commuter Line berdasarkan Perspektif Gender," *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v9i2.56286.
- Koalisi Ruang Publik Aman., "Survei KRPA: 46,8 Persen Orang Pernah Dilecehkan di Transportasi Umum, Mayoritas di Bus,," *Kompas.com*.
- Komisi Nasional Anti Kekerasan terhadap Perempuan, "Lembar Fakta dan Poin Kunci Catatan Tahunan Komnas Perempuan Tahun 2019."
- A. D. Fadhlilah and M. Mariah, "Pengaruh Kepercayaan Dan Kualitas Pelayanan Terhadap Minat Menggunakan Angkutan Umum Di Jakarta," *J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 3, no. 01, pp. 36–43, 2024, doi: 10.56127/jukim.v3i01.1135.
- S. Aisyah, N., & Fitriani, "Analisis Bentuk Pelecehan Seksual di Transportasi Umum dan Faktor yang Mempengaruhinya: Studi Kasus di Bus Kota Jakarta,," 2019.

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.idHalaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Karakteristik Limbah *Filler* Abu Serbuk Kayu Jati dan Material Agregat Alam Untuk Campuran Perkerasan Aspal pada Lapisan Permukaan (*Asphalt Concrete - Wearing Course*)

Moch. Andri Setiawan ^a, Ari Widayanti ^b^a Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^b Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesiaemail: ^amochandri.21039@mhs.unesa.ac.id, ^bariwidayanti@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 22 Juli 2025

Revisi 12 September 2025

Diterima 1 Oktober 2025

Online 25 Desember 2025

Kata kunci:

Limbah Abu Serbuk Kayu Jati

Agregat Alam

Karakteristik Agregat

AC-WC

ABSTRAK

Pesatnya pembangunan infrastruktur jalan mendorong inovasi penggunaan material yang tidak hanya unggul secara teknis, tetapi juga ramah lingkungan dan ekonomis. Abu serbuk kayu jati, sebagai limbah hasil pembakaran dari industri pengolahan kayu, berpotensi dimanfaatkan sebagai *filler* dalam campuran aspal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik fisik abu serbuk kayu jati dan agregat alam dalam campuran perkerasan (*Asphalt Concrete – Wearing Course*), melalui pengujian berat jenis dan daya serap berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Hasil uji menunjukkan bahwa abu serbuk kayu jati memiliki berat jenis 2,688 gr/cm³ dan memenuhi standar teknis. Penyerapan air pada agregat alam tercatat sebesar 2,6% (10–15 mm), 3% (5–10 mm), dan 0,5% (0–5 mm), masih dalam batas spesifikasi. Temuan ini mendukung pemanfaatan abu serbuk kayu jati sebagai bahan alternatif dalam konstruksi jalan yang berkelanjutan.

Characteristics of Teak Wood Ash Filler Waste and Natural Aggregate Materials for Asphalt Pavement Mixtures on Surface Layers (*Asphalt Concrete - Wearing Course*)

ARTICLE INFO

Keywords

Teak Wood Ash Waste

Natural Aggregate

Aggregate Characteristics

AC-WC

Setiawan, M. A., & Widayanti, A. (2025). Karakteristik Limbah *Filler* Abu Serbuk Kayu Jati dan Material Agregat Alam Untuk Campuran Perkerasan Aspal pada Lapisan Permukaan (*Asphalt Concrete - Wearing Course*). *Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi*, v3(n3), 232-239.

ABSTRACT

The increasing demand for road infrastructure calls for innovative construction materials that are technically reliable, environmentally friendly, and cost-effective. Teak sawdust, a byproduct of the wood industry, produces ash after combustion that may serve as a potential filler in asphalt mixtures, particularly for (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). This study investigates the physical properties of teak sawdust ash and natural aggregates used in AC-WC by analyzing their specific gravity and water absorption. Tests were conducted based on the 2018 Bina Marga Specifications (Revision 2). Results showed that teak sawdust ash has a specific gravity of 2.688 g/cm³, meeting specification requirements. The absorption values for natural aggregates were 2.6% (10–15 mm), 3% (5–10 mm), and 0.5% (0–5 mm), all within acceptable limits. These findings suggest that teak sawdust ash is a viable alternative filler for asphalt mixtures, supporting more sustainable and efficient road construction.

1. Pendahuluan

Perkembangan infrastruktur jalan yang semakin pesat menuntut adanya inovasi dalam penggunaan material konstruksi yang tidak hanya memiliki performa teknis yang unggul, tetapi juga memperhatikan aspek keberlanjutan lingkungan dan efisiensi biaya. Lapisan Aspal yang banyak digunakan saat ini di Indonesia adalah (*Asphalt Concrete – Wearing Course*), yaitu lapis Permukaan (lapis Aus) yang berfungsi menahan beban pengguna kendaraan secara langsung serta menghadapi pengaruh cuaca (Kementerian PUPR, 2018). Kinerja dari lapisan AC-WC sangat bergantung pada kualitas material penyusunnya, khususnya agregat kasar (10-15 mm), agregat halus (0-5 mm), aspal, dan *filler*.

Filler berperan penting dalam mengisi rongga antar partikel agregat serta memperbaiki kestabilan dan kohesi campuran. Seiring meningkatnya kesadaran terhadap isu keberlanjutan, pemanfaatan limbah industri sebagai bahan alternatif dalam campuran perkerasan menjadi salah satu solusi yang menarik. Serbuk kayu, sebagai limbah dari industri pengolahan kayu, menghasilkan abu setelah proses pembakaran yang berpotensi digunakan sebagai *filler* dalam campuran aspal karena serbuk kayu mempunyai kandungan senyawa kimia silica (SiO_2) yang mana kandungan tersebut bisa mencapai 85% (Cahya dkk, 2018). sama seperti kandungan senyawa yang dimiliki oleh semen. Beberapa studi menunjukkan bahwa abu kayu memiliki karakteristik mineral dan struktur berpori yang dapat meningkatkan daya rekat antara aspal dan agregat (Aziz, 2020).

Kayu jati (*Tectona grandis*), yang banyak ditemukan di Indonesia salah satu nya di perusahaan mebel dan *furniture* yang ada di Tanggulangin Sidoarjo yang tersimpan digudang dengan volume 210 m³ yang dihasilkan dari produksi perusahaan tersebut. Penggunaan abu serbuk kayu jati dalam campuran AC-WC diharapkan tidak hanya meningkatkan kinerja teknis campuran, tetapi juga mengurangi ketergantungan terhadap *filler* konvensional seperti semen atau abu batu, serta mengurangi dampak lingkungan akibat pembuangan limbah kayu (Sari dkk., 2022).



Gambar 1. Limbah Serbuk Kayu di Perusahaan Mebel Tanggulangin Sidoarjo (Hasil Dokumentasi, 2024)

Selain *filler*, agregat alam juga memegang peranan krusial dalam struktur campuran. Kualitas gradasi, kekuatan, dan kebersihan agregat menentukan stabilitas dan durabilitas lapisan AC-WC. Oleh karena itu, pemilihan dan karakterisasi agregat alam yang digunakan menjadi bagian penting dari pengujian.

Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi karakteristik limbah abu serbuk kayu jati dan material agregat alam dalam campuran AC-WC. Harapannya, penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan konstruksi jalan yang berkelanjutan dan efisien.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Lapis Aus

Lapisan yang dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) merupakan lapisan permukaan pada perkerasan lentur dengan tebal minimum sekitar 4 cm. Lapisan ini berfungsi langsung sebagai perantara antara perkerasan jalan dan beban kendaraan, sehingga harus mampu menahan tekanan lalu lintas, memberikan daya cengkeram (*frikksi*) yang memadai, serta melindungi Lapisan di bawahnya berfungsi untuk melindungi dari pengaruh air dan cuaca ekstrem. Kualitas

material serta ketahanan lapisan Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) sangat memengaruhi umur rencana jalan serta kenyamanan pengguna selama berkendara (Kementerian PUPR, 2018).

2.2. Agregat Kasar

Agregat kasar (*Coarse Agregat*) berupa batu pecah atau kerikil memiliki ukuran partikel yang melewati saringan dengan bukaan 19,1 mm (No. 3/4) namun tertahan pada saringan dengan bukaan 4,75 mm (No. 4), seperti batu pecah alami. Kandungan agregat kasar tinggi dapat meningkatkan porositas campuran, yang berdampak pada berkurangnya daya lekat aspal dan potensi terjadinya pengelupasan. Oleh karena itu, agregat kasar harus memenuhi kriteria teknis tertentu, termasuk ukuran nominal maksimum dan distribusi gradasi yang sesuai (Bina Marga, 2018).

Tabel 1. Standar Spesifikasi Agregat Kasar (Bina Marga, 2018)

Pengujian			Metoda pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat			Maks. 12%
	Magnesium sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC modifikasi dan SMA	100 putaran		Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis Campuran beraspal	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 8%
		500 putaran		
	bergradasi lainnya			Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar	SMA			100/90
	Lainnya		SNI 7619:2012	95/90
	SMA		ASTM D4791-10	Maks. 5%
Partikel pipih dan lonjong		Lainnya	Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos ayakan No. 200			SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

2.3. Agregat Halus

Fine Agregat (Agregat halus) merupakan material yang melewati ayakan 4,75 mm (No. 4) dan tidak bisa melewati ayakan 0,075 mm (No. 200). Umumnya berbentuk bersudut tajam, bertekstur kasar, serta harus bersih dari kotoran atau kontaminan lain. Perannya penting dalam meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi plastis. Namun, jika proporsinya berlebihan, justru dapat menurunkan stabilitas keseluruhan campuran. Oleh karena itu, agregat halus perlu dicuci sebelum digunakan agar kualitasnya tetap terjaga. Fine Agregat (Agregat halus) harus memenuhi standar teknis tertentu yang telah ditetapkan dan dijelaskan dalam bentuk tabel spesifikasi agar dapat digunakan sesuai kebutuhan konstruksi. Standar teknis tercantum pada tabel dibawah berikut.

Tabel 2. Standar Teknis Agregat Halus (Bina Marga, 2018)

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Maks. 50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Maks. 45%
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

2.4. Abu Serbuk Kayu Jati Sebagai Limbah

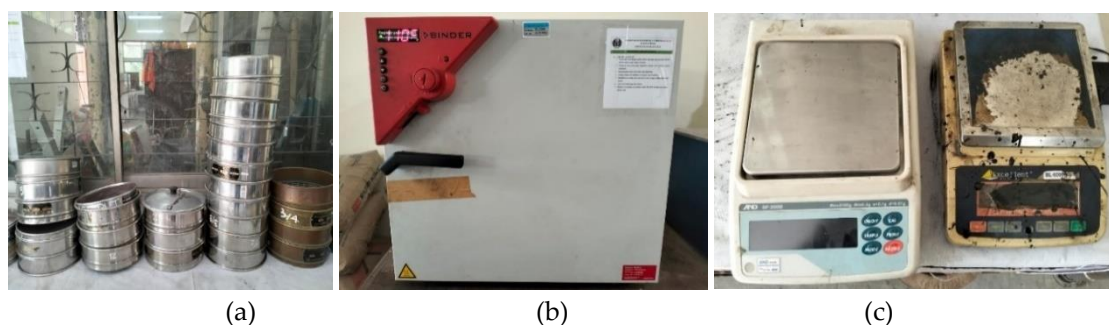
Limbah abu serbuk kayu jati merupakan residu sisa hasil proses pemotongan, penghalusan, atau pembubutan kayu jati, yang berbentuk partikel halus atau serbuk. Limbah ini umumnya dihasilkan oleh industri mebel, pertukangan, atau pabrik pengolahan kayu. Meskipun sering dianggap sebagai bahan buangan, abu serbuk kayu jati memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan kembali, salah satunya sebagai pengisi (*filler*) dalam campuran aspal, limbah ini memiliki kandungan silika yang tinggi serta struktur berpori yang mendukung peningkatan sifat mekanis campuran.

3. Metode Penelitian

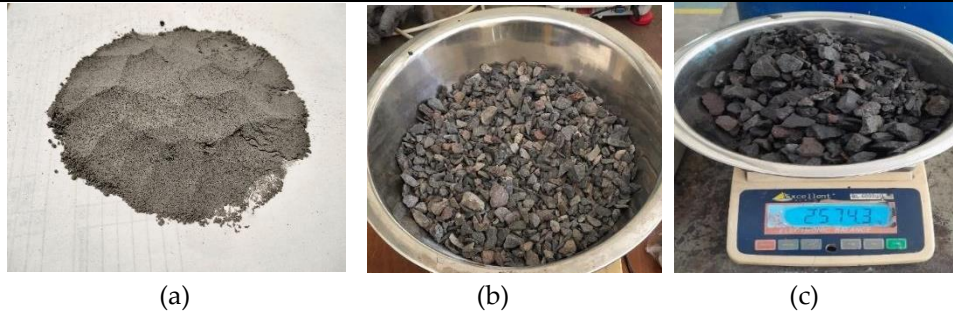
Pada penelitian ini diterapkan metode eksperimen, yang dilaksanakan melalui serangkaian prosedur sistematis di laboratorium. Metode ini bertujuan untuk memperoleh data hasil pengujian yang kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan standar yang tercantum dalam standar teknis yang mengacu pada Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2).

3.1. Alat dan Material

Alat yang dipakai untuk mengumpulkan data meliputi berbagai peralatan yang relevan seperti, saringan atau ayakan untuk mengukur ukuran butir dan kelolosan agregat, oven sebagai alat bantu pengeringan agregat, serta timbangan untuk menentukan berat agregat. Material yang digunakan dalam penelitian mencakup limbah serbuk kayu jati serta berbagai jenis agregat alam, yaitu agregat kasar, medium, dan halus. Berikut merupakan daftar peralatan dan material yang dipakai pada pelaksanaan pengujian.

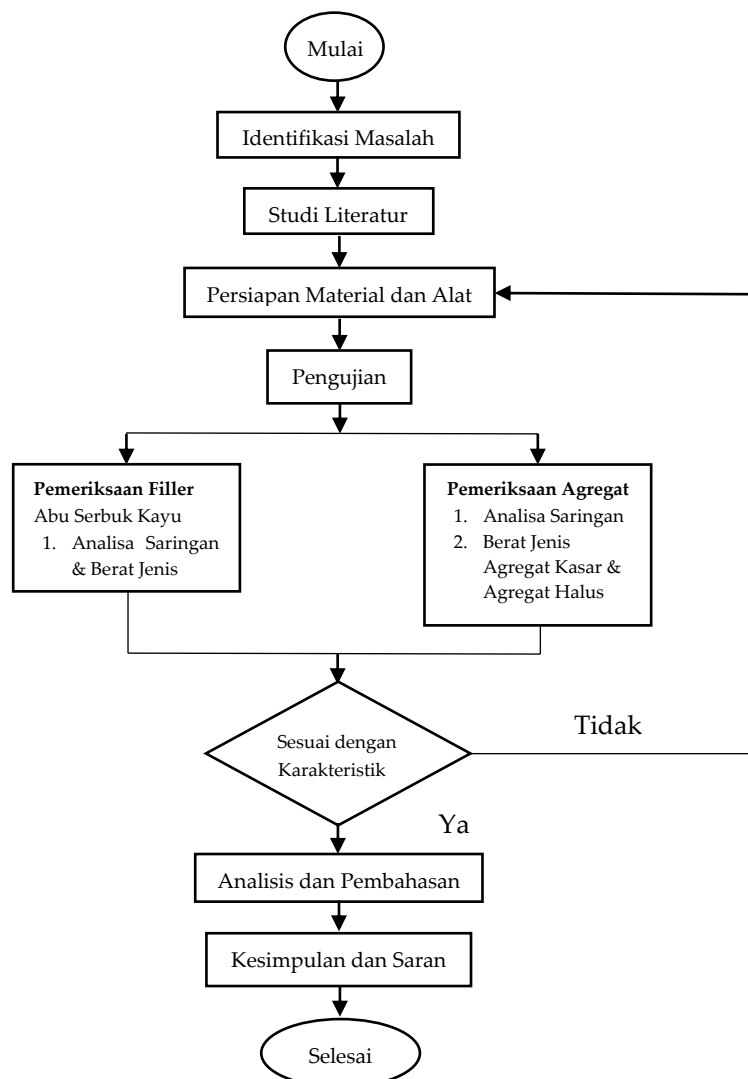


Gambar 2. Alat Penelitian: (a) Satu Set Saringan; (b) Oven; dan (c) Timbangan Digital (Penulis, 2025)



Gambar 3. Material: (a) Limbah abu serbuk kayu jati; (b) Agregat Alam Halus; dan (c) Agregat Alam Kasar (Penulis, 2025)

4. Hasil dan Pembahasan



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian (Flowchart)

Gambar di atas menunjukkan diagram alir penelitian yang terdiri dari beberapa tahapan, mulai dari identifikasi masalah hingga kesimpulan dan saran. Tahapan pengujian meliputi pemeriksaan filler abu serbuk kayu dan pemeriksaan agregat. Hasil pengujian kemudian dianalisis dan dibahas sebelum menghasilkan kesimpulan dan saran.

4.1. Karakteristik Serbuk Kayu Jati

Serbuk kayu jati yang dimanfaatkan sebagai filler dalam penelitian ini berjumlah 4 karung dengan total berat mencapai 200 kg. Dari jumlah tersebut, diperoleh abu serbuk kayu sebanyak 1.500 kg yang berhasil lolos melalui saringan nomor 200. Sisa material yang tidak lolos saringan tersebut masih dapat dimanfaatkan kembali dengan cara dibakar ulang dan disaring hingga memenuhi ukuran lolos saringan nomor 200. Pengujian terhadap abu serbuk kayu jati meliputi penentuan berat jenis serta analisis gradasi menggunakan metode saringan. Hasil dari pengujian filler ini ditampilkan dalam bentuk tabel berikut.

Tabel 3. Pengujian Limbah Abu Serbuk Kayu Jati (Data Penulis, 2025)

Berat benda uji	(gr)	A	250
Berat piknometer	(gr)	W	194,0
Berat piknometer yang berisi minyak tanah	(gr)	B	687,4
Berat piknometer dengan benda uji dan minyak tanah	(gr)	C	863
Berat jenis minyak tanah	(gr/cm ³)	D	0,8
Berat jenis benda uji	(gr/cm ³)	$\frac{D \times A}{(A - C - B)}$	2,688

Sesuai dengan Tabel 3 tersebut diketahui bahwa hasil pengujian limbah Abu Serbuk Kayu Jati mendapatkan nilai hasil berat jenis sebesar 2,688 gr/cm³ dan dinyatakan memenuhi persyaratan dalam acuan Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2.

4.2. Karakteristik Agregat Alam

Batu pecah yang digunakan sebagai agregat alam dalam penelitian ini, memerlukan pengujian untuk menentukan karakteristik masing-masing fraksi agregat alam yang terlibat. Salah satu tahapan pengujian yang dilaksanakan pada penelitian ini adalah uji terhadap berat jenis (bulk) dan daya serap agregat alam. Hasil dari pengujian ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4. Pemeriksaan Karakteristik Fisik Berat Jenis dan Penyerapan Fraksi CA (Data Penulis, 2025)

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min	Maks	
Berat Jenis Bulk(Curah)	SNI 03-1968-1990	2,505	2,5	-	gr
Berat Jenis SSD	SNI 03-1968-1990	2,571	2,5	-	gr
Berat Jenis Semu	SNI 03-1968-1990	2,681	2,5	-	gr
Penyerapan Air	SNI 03-1968-1990	3,2	-	3	%

Berdasarkan hasil pengujian, agregat kasar CA (10–15 mm) memenuhi ketentuan Standar teknis Bina Marga 2018 revisi 2.

Nilai berat jenis agregat sebesar 2,505 gr/cm³ menunjukkan bahwa agregat memiliki kerapatan yang cukup tinggi dengan volume relatif kecil, sehingga tidak memerlukan jumlah aspal yang berlebihan dalam proses pencampuran. Nilai tersebut mendekati batas minimum yang diterapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yaitu $\geq 2,5$ gr/cm³. Sementara itu, nilai penyerapan air sebesar 2,6% menunjukkan bahwa tingkat porositas agregat masih berada dalam kisaran yang dapat diterima. Hasil ini juga sesuai dengan batas maksimum penyerapan air yang disyaratkan oleh Bina Marga, yakni 3%.

Tabel 5. Pemeriksaan Karakteristik Fisik Berat Jenis dan Penyerapan Fraksi MA (Data Penulis, 2025)

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min	Maks	
Berat Jenis Bulk(Curah)	SNI 03-1968-1990	2,516	2,5	-	gr
Berat Jenis SSD	SNI 03-1968-1990	2,596	2,5	-	gr
Berat Jenis Semu	SNI 03-1968-1990	2,734	2,5	-	gr
Penyerapan Air	SNI 03-1968-1990	3	-	3	%

Hasil pengujian agregat fraksi MA (5–10 mm) menunjukkan bahwa berat jenisnya sebesar 2,516 gr/cm³ telah memenuhi ketentuan minimal sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Namun demikian, nilai penyerapan air sebesar 3% berada tepat pada batas maksimum yang diperkenankan, sehingga perlu perhatian khusus terhadap tingkat porositas material untuk memastikan stabilitas campuran tetap terjaga.

Tabel 6. Pemeriksaan Karakteristik Fisik Berat Jenis dan Penyerapan Fraksi FA (Data Penulis, 2025)

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min	Maks	
Berat Jenis Bulk(Curah)	SNI 03-1968-1990	2,534	2,5	-	Gr
Berat Jenis SSD	SNI 03-1968-1990	2,546	2,5	-	Gr
Berat Jenis Semu	SNI 03-1968-1990	2,567	2,5	-	Gr
Penyerapan Air	SNI 03-1968-1990	0,5	-	3	%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat halus (FA 0–5 mm) memiliki berat jenis 2,534 gr/cm³ dan telah memenuhi ketentuan minimum sesuai Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 ($\geq 2,5$ gr/cm³), Penyerapan air sebesar 0,5% masih berada dalam batas maksimum 3%, menunjukkan porositas rendah dan kebutuhan aspal yang relatif sedikit.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, pemeriksaan, dan pembahasan yang dilaksanakan dalam penelitian ini, beberapa kesimpulan yang di raih, yaitu :

- Karakteristik material Filler dari limbah Abu Serbuk Kayu Jati yang telah dilakukan pengujian diketahui bahwa nilai berat jenis filler limbah abu serbuk kayu jati yakni sebesar 2,7%. Dimana nilai tersebut telah memenuhi standar SNI 03-2531-1991 untuk digunakan sebagai campuran pada benda uji aspal AC-WC.
- Karakteristik pengujian material Jenis agregat dan aspal yang digunakan dalam studi ini didapati hasil pengujian penyerapan rata-rata Agregat alam fraksi CA (10-15 mm) sebesar 2,6%, Agregat alam fraksi MA (5-10 mm) sebesar 3%, serta Agregat alam fraksi FA (0-5 mm) sebesar 0,5%, Semuanya memenuhi spesifikasi karena tidak melebihi 3%.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis bersyukur kepada sang pencipta atas rahmat-Nya selama proses penulisan jurnal ini. Terima kasih kepada orang tua atas dukungan dan doanya. Penghargaan juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu, meskipun tidak bisa disebutkan satu per satu.

7. Referensi

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 – Revisi 2. Jakarta.
- Cahya, A. S., Sutanto, M. H., & Prakoso, L. A. (2018). Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu sebagai Bahan Tambah dalam Campuran Beton. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 20(2), 45–52.
- Nugraha, D. C., & Agustapraja, H. R. (2024). Pengaruh Sekam Padi & Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Filler pada Campuran Laston AC-WC. *Jurnal Talenta Sipil*, 7(1), 42. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v7i1.361>
- Aziz, M. (2020). Pemanfaatan Limbah Abu Kayu Sebagai Filler Dalam Campuran Aspal Panas. *Jurnal Teknologi Jalan Raya*, 8(2), 121-129.
- Sari, D., Prasetyo, H., & Nugroho, A. (2022). Karakteristik Abu Serbuk Kayu sebagai Filler Alternatif dalam Campuran Asphalt Concrete. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, Universitas Diponegoro.
- Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6: Perkerasan Aspal (Revisi 2). Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian PUPR, Jakarta.
- Putra, K. H., & Wahdana, J. (2019). Studi Eksperimental Penambahan Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Laston (AC-WC) Terhadap Karakteristik Uji Marshall. *Paduraksa*, 8(2), 147–155.
- Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. *In Institut Teknologi Nasional* (Vol. 53, Issue 9).
- M. Da Gomez, L., & Meutia, W. (2021). Penggunaan Filler Abu Serbuk Kayu Kelapa Pada Aspal Beton Ac-Wc. *Jurnal ARTESIS*, 1(2), 161–166. <https://doi.org/10.35814/artesis.v1i2.3222>
- Basri, D. R., Ramdhani, F., & Wardani, F. A. (2022). Pemanfaatan Abu Serbuk Kayu Dan Semen Portland Sebagai Filler Pada Capuran *Asphalt Concrete -Wearing Course*. *Racic : Rab Construction Research*, 7(2), 152–163. <https://doi.org/10.36341/racic.v7i2.3066>.

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.idHalaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Karakteristik Limbah Cangkang Kerang Bulu dan Material Alam sebagai Campuran Perkerasan pada Lapis Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)

Naufal Gilang Pratama ^a, Ari Widayanti ^b

^a Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

^b Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

email: ^anaufalgilang.21051@mhs.unesa.ac.id, ^bariwidayanti@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 22 Juli 2025

Revisi 21 September 2025

Diterima 10 Oktober 2025

Online 25 Desember 2025

Kata kunci:

Cangkang Kerang Bulu
Aspal Pertamina Pen 60/70
Karakteristik Agregat
Berat Jenis
Penyerapan

ABSTRAK

Pemanfaatan sumber daya alam secara berlebihan, khususnya dalam sektor infrastruktur, telah menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan seperti peningkatan jumlah limbah, keterbatasan material alam, dan kerusakan ekosistem. Upaya penyelesaian masalah tersebut dapat dilakukan dengan menjadikan limbah sebagai bahan alternatif yang berguna dalam pembangunan jalan. Limbah cangkang kerang bulu, yang umumnya diabaikan dan menumpuk di sekitar tambak, memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai substitusi agregat halus dan filler dalam campuran perkerasan jalan. Studi ini memiliki tujuan untuk mengevaluasi potensi pemanfaatan limbah cangkang kerang bulu yang berfungsi sebagai material alternatif agregat halus dan pengisi dalam campuran aspal. Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat cangkang kerang, seperti nilai berat jenis dan kemampuan menyerap air. Berdasarkan hasil yang diperoleh, cangkang kerang memiliki berat jenis lebih dari 2,5 gr/cm³ dan penyerapan air sebesar 2,9%, yang memenuhi spesifikasi teknis untuk agregat halus dan filler, yaitu penyerapan maksimum 3%. Selain itu, agregat alam fraksi 10–15 mm dan 5–10 mm masing-masing memiliki nilai penyerapan 2,9% dan 2,1%, serta berat jenis rata-rata di atas 2,5 gr/cm³. Temuan ini menunjukkan bahwa cangkang kerang bulu dinyatakan memenuhi spesifikasi.

Characteristics of Shellfish Waste and Natural Materials for Pavement Mixtures on Asphalt Concrete - Wearing Course (AC - WC) Layers

ARTICLE INFO

Keywords:

Shells of Feather Clams
Asphalt Pertamina Pen 60/70
Aggregate Characteristics
Specific Gravity
Absorption

Pratama, N. G., & Widayanti, A. (2025). Studi Characteristics of Shellfish Waste and Natural Materials for Pavement Mixtures on Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Layers. MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi, v3 (n3), 240-246.

ABSTRACT

Excessive use of natural resources, particularly in the infrastructure sector, has led to various environmental problems such as increased waste, limited natural materials, and ecosystem damage. Efforts to solve these problems can be done by utilizing waste as an alternative material that is useful in road construction. Shellfish shell waste, which is generally neglected and accumulates around fishponds, has the potential to be used as a substitute for fine aggregate and filler in road pavement mixtures. This study aims to evaluate the potential use of shellfish shell waste as an alternative material for fine aggregate and filler in asphalt mixtures. Tests were conducted to determine the properties of shellfish shells, such as their specific gravity and water absorption capacity. Based on the results obtained, shellfish shells have a specific gravity of more than 2.5 gr/cm³ and water absorption of 2.9%, which meets the technical specifications for fine aggregate and filler, namely a maximum absorption of 3%. In addition, natural aggregate fractions of 10–15 mm and 5–10 mm have absorption values of 2.9% and 2.1%, respectively, and an average specific gravity above 2.5 gr/cm³. These findings indicate that the feather clam shells meet the specifications.

© 2023 MITRANS : Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

1. Pendahuluan

Perkerasan jalan merupakan struktur yang berada di antara tanah dasar dan permukaan yang langsung dilalui oleh roda kendaraan. Fungsi utamanya adalah memberikan pelayanan yang optimal bagi kendaraan yang melintas. Selama masa operasionalnya, perkerasan ini diharapkan tetap dalam kondisi baik tanpa mengalami kerusakan yang signifikan (Sulianti Ika dkk., 2021).

Aspal merupakan bahan yang berwujud pada hingga setengah padat pada suhu ruang dan memiliki karakteristik termoplastik. Saat dipanaskan hingga mencapai suhu tertentu, aspal akan melebur, lalu kembali mengeras ketika didinginkan. Dalam konstruksi lapisan permukaan jalan, aspal digunakan bersama agregat sebagai komponen utama campuran material (Sukirman, 2016). Aspal digunakan dalam konstruksi jalan untuk membentuk lapisan yang mampu menahan beban kendaraan serta tahan terhadap pengaruh lingkungan. Terdapat berbagai jenis aspal yang diklasifikasikan berdasarkan viskositas, komposisi, sifat reologi, dan asal usulnya. Salah satu aspal yang sering digunakan di Indonesia adalah Aspal Pertamina Pen 60/70, karena karakteristiknya dianggap cocok untuk kondisi iklim tropis di wilayah tersebut.

Eksplorasi sumber daya alam yang berlebihan di berbagai sektor, termasuk sektor infrastruktur, telah memicu berbagai permasalahan lingkungan seperti peningkatan volume limbah, keterbatasan bahan alami, dan degradasi ekosistem. Pendekatan yang dapat mengatasi permasalahan ini adalah dengan memanfaatkan limbah sebagai material alternatif dalam bidang konstruksi. Pemanfaatan limbah cangkang kerang bulu sebagai material pengganti dalam campuran perkerasan jalan menjadi salah satu inovasi yang mendukung konsep pembangunan berkelanjutan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Sarifah dkk., 2023), menunjukkan bahwa penggunaan cangkang kerang sebagai agregat tambahan dalam campuran aspal masih memenuhi persyaratan karakteristik Marshall.

Cangkang kerang memiliki kandungan utama berupa kalsium karbonat (CaCO_3) sebesar 98,7%, yang berperan penting dalam proses pengikatan seperti pada material semen. Di samping itu, cangkang kerang juga mengandung sejumlah kecil unsur lain, yaitu magnesium (Mg) sebesar 0,05%, natrium (Na) sebesar 0,9%, dan silikon (Si) sebesar 0,03% (Awang-Hazmi dkk., 2007). Dengan komposisi kimia tersebut, cangkang kerang tidak hanya bernilai tinggi sebagai sumber kalsium alami, tetapi juga berperan dalam mendukung prinsip keberlanjutan melalui pemanfaatan limbah organik menjadi material konstruksi yang ramah lingkungan.



Gambar 1 Penumpukan Limbah Cangkang Kerang Bulu
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

Penggunaan limbah cangkang kerang bulu pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) diharapkan mampu mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan dengan memanfaatkan sumber daya lokal yang ramah lingkungan dan ekonomis. Meski demikian, diperlukan analisis terhadap sifat fisik dan kimia dari limbah tersebut, serta perbandingannya dengan material konvensional, guna memastikan kelayakannya sebagai komponen dalam lapisan perkerasan jalan AC-WC.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah struktur lapisan yang dibangun di atas tanah dasar dengan tujuan mendukung kelancaran lalu lintas dan mencegah kerusakan tanah dasar akibat beban kendaraan. Tujuan dari penambahan lapisan ini adalah untuk mendistribusikan beban kendaraan secara merata ke tanah dasar agar tidak melebihi daya dukungnya (Sukirman, 1999). Perkerasan jalan dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan jenis bahan pengikatnya, yaitu: (1) perkerasan lentur, yang memanfaatkan aspal sebagai bahan pengikat utama dengan struktur berlapis yang bersifat fleksibel; (2) perkerasan kaku, yang terdiri dari beton bertulang dengan kekuatan tinggi dan ketahanan yang baik; dan (3) perkerasan komposit, yakni kombinasi dari perkerasan lentur dan kaku yang menggabungkan kekuatan beton dan kelenturan aspal secara bersamaan.

2.2. Cangkang Kerang Bulu

Kerang adalah jenis moluska bercangkang dua dari famili Cardidae yang menjadi salah satu komoditas unggulan bagi masyarakat di wilayah pesisir. Secara biologis, kerang termasuk moluska tanpa segmen tubuh, dilengkapi dengan kelenjar penghasil cangkang, dan dilindungi oleh mantel yang terbentuk dari jaringan khusus (Vilpa, 2021).

Kandungan utama cangkang kerang meliputi kalsium karbonat (CaCO_3) sebesar 98,7%, yang merupakan komponen penting dalam proses pengikatan pada semen. Selain kalsium karbonat, cangkang kerang juga mengandung unsur minor lainnya, yaitu magnesium (Mg) sebesar 0,05%, natrium (Na) sebesar 0,9%, dan silikon (Si) sebesar 0,03% (Awang-Hazmi dkk., 2007). Dengan komposisi kimia tersebut, cangkang kerang tidak hanya bernilai tinggi sebagai sumber kalsium alami, tetapi juga berperan dalam mendukung prinsip keberlanjutan melalui pemanfaatan limbah organik menjadi material konstruksi yang ramah lingkungan.

2.3. Agregat Kasar

Agregat kasar dalam perencanaan campuran perkerasan merupakan material tertahan ayakan No. 4 (4,75 mm) saat diuji dengan metode pencucian. Material ini harus bersih, kokoh, tahan lama, serta tidak mengandung tanah liat atau zat pengotor lainnya, dan harus memenuhi persyaratan standar yang berlaku sesuai Direktorat Jenderal Bina Marga Spesifikasi Umum 2018. Ketentuan teknis mengenai agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Uji	Metode Pengujian	Ketentuan
Berat jenis curah kering (bulk)	SNI 196;2016	$\geq 2,5 \text{ gr/cm}^3$
Berat jenis curah kering permukaan	SNI 196;2016	$\geq 2,5 \text{ gr/cm}^3$
Berat jenis semu	SNI 196;2016	$\geq 2,5 \text{ gr/cm}^3$
Penyerapan air	SNI 1969;2016	$\leq 3\%$

2.4. Agregat Halus

Agregat halus adalah hasil dari proses pemecahan batuan kemudian disaring, di mana material tersebut lolos dari saringan No. 4 (4,75 mm) namun tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm). Agregat ini harus bersih, memiliki kekuatan yang baik, serta bebas dari kandungan tanah liat atau zat-zat pengotor lainnya. Batu pecah halus yang digunakan harus berasal dari jenis batuan yang memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan (Direktorat Jenderal Bina Marga Spesifikasi Umum 2018). Persyaratan teknis agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Ketentuan Agregat Halus (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Uji	Metode Pengujian	Ketentuan
Berat jenis curah kering (bulk)	SNI 1970;2016	$\geq 2,5 \text{ gr/cm}^3$
Berat jenis curah kering permukaan	SNI 1970;2016	$\geq 2,5 \text{ gr/cm}^3$
Berat jenis semu	SNI 1970;2016	$\geq 2,5 \text{ gr/cm}^3$

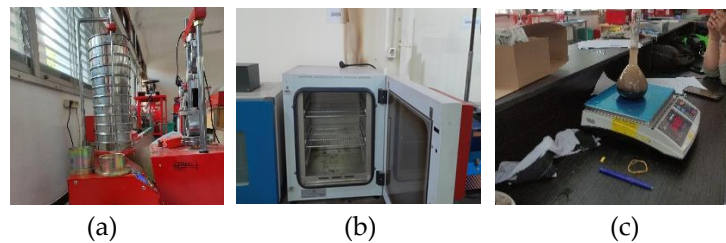
Uji	Metode Pengujian	Ketentuan
Penyerapan air	SNI 1970;2016	$\leq 3\%$

3. Metode Penelitian

Penelitian yang digunakan adalah dengan pendekatan eksperimen, yakni metode dengan melibatkan pengujian langsung guna memperoleh dan menganalisis data. Data yang diperoleh kemudian diolah kemudian dibandingkan dengan standar atau spesifikasi yang telah ditetapkan. Prosedur dan persyaratan dalam penelitian ini mengacu pada ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI) serta Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (revisi 2).

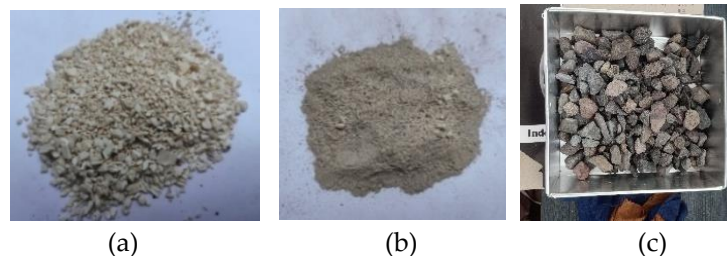
3.1. Alat dan Material

Proses pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan beragam peralatan dan metode yang sesuai dengan kebutuhan pengujian, seperti ayakan untuk menentukan distribusi ukuran dan kelolosan agregat, oven untuk proses pengeringan material, serta timbangan untuk mengukur berat agregat. Adapun bahan yang digunakan meliputi limbah cangkang kerang sebagai substitusi agregat halus dan filler, serta agregat alami yang terdiri dari agregat kasar dan agregat sedang. Rincian lengkap mengenai alat serta bahan yang digunakan dapat dilihat pada penjelasan berikut.



Gambar 2. Alat Penelitian: (a) Satu Set Saringan; (b) Oven; dan (c) Timbangan Digital

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

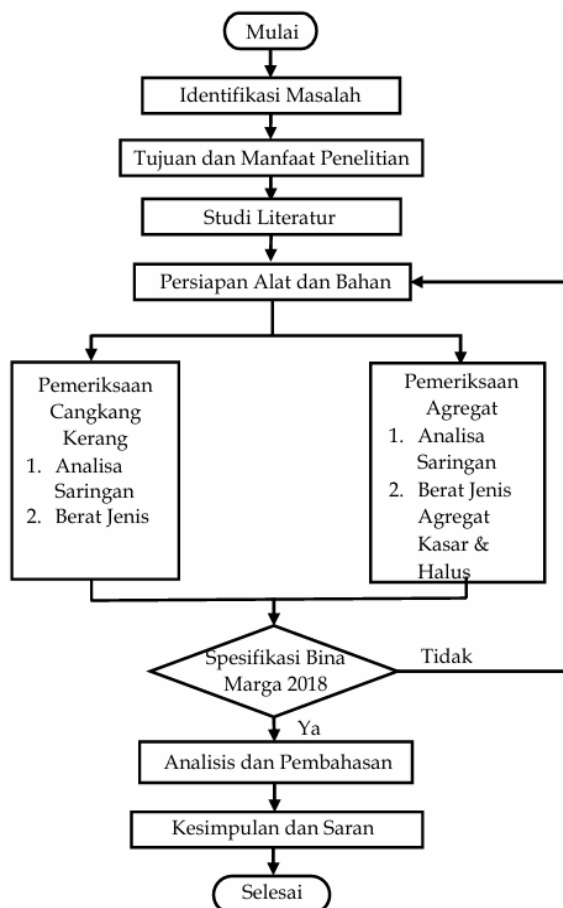


Gambar 3. Material: (a) Cangkang Kerang Bulu sebagai Agregat halus; (b) Cangkang Kerang Bulu sebagai Filler; dan (c) Agregat Kasar

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

3.2. Diagram Alir

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi limbah cangkang kerang bulu sebagai bahan campuran pada lapisan AC-WC. Proses penelitian mencakup tahap persiapan material, karakterisasi, pencampuran, serta pengujian sifat campuran. Untuk memperjelas alur kegiatan, berikut ditampilkan diagram alir penelitian



Gambar 4. Diagram Alir

Sumber: Penulis, 2025

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Karakteristik Cangkang Kerang Bulu

Limbah cangkang kerang bulu yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari wilayah Desa Tambak Cemandi, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo. Pengolahan cangkang menjadi agregat halus dan filler dilakukan melalui beberapa tahap. Proses diawali dengan pencucian untuk menghilangkan kotoran, kemudian dilanjutkan dengan pengeringan secara optimal melalui penjemuran. Setelah kering, cangkang ditumbuk hingga pecah dan disaring menggunakan ayakan dengan ukuran tertentu. Material yang lolos ayakan No. 4 namun tertahan pada ayakan No. 200 dikategorikan sebagai agregat halus, sedangkan partikel yang lolos dari ayakan No. 200 digunakan sebagai filler. Data hasil pengujian berat jenis dan daya serap limbah cangkang kerang bulu ditampilkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 Hasil Pengujian Cangkang Kerang Sebagai Agregat Halus (Penulis, 2025)

Cangkang Kerang Bulu (0-5 mm)		I	II	Hasil
Berat benda uji jenuh kering permukaan	gr	250	250	250
Berat benda uji kering oven	gr	245	241	243
Berat piknometer yang terisi air penuh	gr	694	701	697,5
Berat piknometer terisi benda uji dan air sampai batas pembacaan	gr/cm ³	851,0	849,5	850,3
Berat jenis curah kering	gr/cm ³	2,634	2,374	2,504
Berat jenis curah jenuh kering permukaan	gr/cm ³	2,688	2,463	2,576
Berat jenis semu	gr/cm ³	2,784	2,605	2,605
Penyerapan air	(%)	2%	3,7%	2,9%

Berdasarkan hasil daripada Tabel 3, hasil pengujian menghasilkan cangkang kerang yang digunakan sebagai agregat halus memiliki nilai berat jenis di atas 2,5 gr/cm³ dan daya serap sebesar 2,9%. Nilai ini dinyatakan memenuhi spesifikasi, yaitu tidak melebihi batas maksimum 3%, serta sejalan dengan SNI 1970:2016.

Tabel 4 Hasil Pengujian Cangkang Kerang Sebagai Filler (Penulis, 2025)

Filler Cangkang Kerang Bulu		
Berat benda uji	gr	250
Berat piknometer	gr	165.0
Berat piknometer berisi minyak tanah	gr	587.5
Berat piknometer dengan benda uji dan minyak tanah	gr	759
Berat jenis minyak tanah	gr/cm ³	0.8
Berat jenis benda uji	gr/cm ³	2.548

Sesuai dengan Tabel 4 tersebut diketahui bahwa hasil pengujian cangkang kerang sebagai filler mendapatkan nilai hasil berat jenis lebih dari 2,5 (gr/cm³).

4.2. Karakteristik Agregat Alam

Batu pecah yang digunakan sebagai agregat alam dalam penelitian ini perlu melalui serangkaian pengujian untuk mengetahui karakteristik setiap fraksinya. Salah satu variasi pengujian yang dilaksanakan adalah pengukuran berat jenis dan kemampuan penyerapan air, yang bertujuan untuk menilai kualitas serta kecocokan bahan dengan standar campuran aspal. Hasil dari uji ini dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5 Hasil Pengujian Agregat Kasar (Penulis, 2025)

Coarse Aggregate (10 - 15 mm)		I	II	Hasil
Berat benda uji kering oven	gr	1982	1980	1981
Berat benda uji kering permukaan	gr	2037	2040	2038,5
Berat benda uji dalam air	gr	1224	1270	1247
Berat jenis bulk	gr/cm ³	2,438	2,571	2,502
Berat jenis kering permukaan	gr/cm ³	2,506	2,649	2,577
Berat jenis semu	gr/cm ³	2,615	2,789	2,702
Penyerapan	%	2,77%	3,03 %	2,9%

Tabel 6 Hasil Pengujian Agregat Sedang (Penulis, 2025)

Coarse Aggregate (5-10 mm)		I	II	Hasil
Berat benda uji oven	(gr)	1975	1980	1976
Berat benda uji kering permukaan (ssd)	(gr)	2015	2020,5	2017,8
Berat benda uji dalam air	(gr)	1228	1230	1229
Berat jenis bulk	(gr/cm ³)	2,510	2,501	2,505
Berat jenis kering permukaan	(gr/cm ³)	2,560	2,556	2,558
Berat jenis semu	(gr/cm ³)	2,644	2,647	2,645
Penyerapan air	(%)	2,03%	2,20%	2,1%

Ukuran penyerapan rata-rata agregat alam fraksi 10-15 mm yaitu sebesar 2,9% dan agregat alam fraksi 5-10 mm sebesar 2,1%. Kedua fraksi agregat alam yang diujikan berdasarkan tabel diatas menunjukkan hasil rata-rata berat jenis lebih dari 2,5 (gr/cm³) serta penyerapan agregat yang memenuhi syarat yakni tidak lebih besar dari 3% dan selaras dengan SNI 1969:2016.

5. Kesimpulan

Hasil dari pengujian laboratorium dan analisis data menghasilkan sejumlah kesimpulan sebagai berikut:

1. Limbah cangkang kerang bulu yang dimanfaatkan sebagai agregat halus menunjukkan karakteristik berat jenis di atas 2,5 gr/cm³ dan nilai daya serap sebesar 2,9%, yang berada di bawah ambang batas maksimum yaitu 3%, sehingga memenuhi persyaratan teknis. Sementara itu, material yang digunakan sebagai filler juga memiliki berat jenis lebih dari 2,5 gr/cm³. Oleh karena itu, limbah cangkang kerang bulu dinyatakan layak secara teknis untuk dijadikan bahan substitusi agregat halus dan filler dalam campuran aspal.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat alam dengan fraksi 10–15 mm memiliki daya serap sebesar 2,9%, sedangkan fraksi 5–10 mm sebesar 2,1%. Kedua nilai tersebut berada di bawah batas maksimum yang ditentukan yaitu 3%, sesuai dengan ketentuan spesifikasi teknis. Selain itu, kedua fraksi agregat memiliki berat jenis rata-rata di atas 2,5 gr/cm³. Oleh karena itu, agregat alam tersebut dinyatakan memenuhi kriteria sebagai material yang sesuai untuk digunakan dalam campuran perkerasan aspal.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan kontribusi dalam menyelesaikan penelitian ini. Rasa terima kasih yang mendalam disampaikan secara khusus kepada dosen pembimbing atas segala arahan dan bantuan yang telah diberikan selama proses penelitian, serta kepada seluruh staf laboratorium yang turut membantu dalam proses pengujian material. Penulis juga mengapresiasi dukungan moral dari keluarga dan rekan-rekan yang senantiasa memberikan semangat selama pelaksanaan penelitian ini. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat serta menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya.

7. Referensi

- Awang-Hazmi, A. J., Zuki, A. B. S., Noordin, M. M., Jalila, A., & Norimah, Y. (2007). *Mineral Composition Of The Cockle (Anadara Granosa) Shells Of West Coast Of Peninsular Malaysia And It's Potential As Biomaterial For Use In Bone Repair*. <https://Www.Researchgate.Net/Publication/26590510>
- Direktorat Jenderal Bina Marga Spesifikasi Umum 2018. (2018).
- Sarifah, J., Hasibuan, M. H. M., & Sahfitri, F. (2023). Pengaruh Limbah Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Agregat Tambahan Pada Campuran Aspal Terhadap Karakteristik Marshall. *Jtsip*, 2(1). <https://Jurnal.Uisu.Ac.Id/Index.Php/Jtsip>
- Sni 1969:2016 Metode Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar. (2016). Www.Bsn.Go.Id
- Sni 1970:2016 Metode Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus. (2016).
- Sukirman, S. (1999). Perkerasan Lentur Jalan Raya.
- Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas.
- Sulianti Ika, Ayu Wiloka Indah, & Iftitah Sari Reta. (2021). *The Influence Of Anadara Granosa's Shell Waste As A Substitute Of Fine Aggregate In Mixed Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc)*.
- Vilpa, A. (2021). Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Kerang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Pada Batako.

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.idHalaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Analisis Kesiapan Alat Rubber Tyred Gantry, Sumber Daya Manusia, Dan Truck Round Time (Receiving) Terhadap Produktivitas Bongkar Muat Di PT Terminal Petikemas Surabaya

Qurotu Firnanda Atasya^a, Dadang Supriyatno^b

^a Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

^b Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

email: ^aqurotu.21067@mhs.unesa.ac.id, ^bdadangsupriyatno@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 24 Juli 2025

Revisi 30 September 2025

Diterima 19 Oktober 2025

Online 25 Desember 2025

Kata kunci:

Kesiapan Alat RTG

Sumber Daya Manusia

Truck Round Time (Receiving)

Produktivitas Bongkar Muat

ABSTRAK

PT Terminal Petikemas Surabaya (TPS) merupakan penyedia layanan logistik petikemas ekspor-impor yang memiliki peran strategis dalam konektivitas logistik wilayah barat dan timur Indonesia. Pada tahun 2024, TPS mengalami penurunan produktivitas BCH (Box/Crane/Hour) secara signifikan, dengan capaian terendah sebesar 23,27 BCH pada April, di bawah standar minimum 26 BCH. Kondisi ini mengindikasikan adanya gangguan dalam proses bongkar muat. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kesiapan alat Rubber Tyred Gantry (RTG), sumber daya manusia, dan truck round time (receiving) terhadap produktivitas bongkar muat menggunakan metode regresi linear berganda. Hasil analisis uji regresi linear berganda mengindikasikan bahwa, model Regresi 2 ($Y \rightarrow X_1, X_3$) merupakan model paling layak dan handal, dengan nilai R^2 sebesar 0,821. Artinya, 82,1% variasi produktivitas dapat dijelaskan oleh kesiapan alat dan truck round time. Model ini juga memiliki MAE terendah (1,1486) dan standar deviasi sebesar 1,022, menunjukkan tingkat akurasi prediksi yang tinggi. Selain itu, hasil analisis uji regresi linear berganda secara keseluruhan menghasilkan persamaan $Y = 1,121 + 0,161X_1 + 0,103X_2 + 0,141X_3$, yang menunjukkan bahwa ketiga variabel yang digunakan berkontribusi secara signifikan pada produktivitas bongkar muat. Dari ketiga variabel, kesiapan alat RTG menjadi faktor paling dominan, dengan nilai signifikansi 0,000 pada Model Regresi 2 dan 0,024 pada model keseluruhan. Hal ini menunjukkan pentingnya efektivitas alat dalam menunjang kelancaran operasional TPS.

Analysis Of Rubber Tyred Gantry Equipment Readiness, Human Resources, And Truck Round Time (Receiving) On Loading And Unloading Productivity At Pt Terminal Petikemas Surabaya

ARTICLE INFO

Keywords:

RTG Equipment Readiness,

Human Resources,

Truck Round Time

(Receiving),

Loading and Unloading

Productivity

ABSTRACT

PT Terminal Petikemas Surabaya (TPS) is a provider of export-import container logistics services that plays a strategic role in the logistics connectivity of western and eastern Indonesia. In 2024, TPS experienced a significant decline in BCH (Box/Crane/Hour) productivity, with the lowest achievement of 23.27 BCH in April, below the minimum standard of 26 BCH. This condition indicates a disruption in the

Atasya, Q. F., & Supriyatno, D. (2025). Analisis Kesiapan Alat Rubber Tyred Gantry, Sumber Daya Manusia, Dan Truck Round Time (Receiving) Terhadap Produktivitas Bongkar Muat Di PT Terminal Petikemas Surabaya. MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi, v3 (n3), 247-258.

loading and unloading process. This study aims to analyze the effect of Rubber Tyred Gantry (RTG) equipment readiness, human resources, and truck round time (receiving) on loading and unloading productivity using the multiple linear regression method. The results of the multiple linear regression test analysis indicate that the Regression model 2 ($Y \rightarrow X_1, X_3$) is the most suitable and reliable model, with an R^2 value of 0.821. This means that 82.1% of the productivity variation can be explained by equipment readiness and truck round time. This model also has the lowest MAE (1.1486) and a standard deviation of 1.022, indicating a high level of prediction accuracy. In addition, the results of the multiple linear regression test analysis as a whole produced the equation $Y = 1.121 + 0.161X_1 + 0.103X_2 + 0.141X_3$, which shows that the three variables used contribute significantly to loading and unloading productivity. Of the three variables, the readiness of the RTG tool is the most dominant factor, with a significance value of 0.000 in Regression Model 2 and 0.024 in the overall model. This shows the importance of tool effectiveness in supporting the smooth operation of the TPS.

© 2023 MITRANS : Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

1. Pendahuluan

PT Terminal Petikemas Surabaya atau TPS dikenal sebagai salah satu terminal utama dan strategis yang beroperasi di Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya. Perusahaan ini menyediakan layanan logistik petikemas ekspor dan impor, baik domestik maupun internasional. TPS berperan strategis sebagai simpul logistik nasional, khususnya untuk wilayah Indonesia bagian timur, serta menjadi penghubung utama antara wilayah barat dan timur Indonesia (Fauzi dkk., 2024).

Fasilitas utama TPS meliputi lapangan penumpukan internasional seluas 33 Ha dengan kapasitas 33.737 TEUs dan lapangan penyimpanan petikemas domestik seluas 4,7 Ha yang berkapasitas 3.689 TEUs. Dermaga internasional memiliki luas 50.000 m², sementara dermaga domestik seluas 18.000 m². Data tahun 2022 menunjukkan arus petikemas (*throughput*) sebesar 924.325 box atau 1.366.189 TEUs, terdiri dari 1.293.495 TEUs internasional dan 72.694 TEUs domestik. Angka tersebut menunjukkan kontribusi TPS yang signifikan dalam mendukung sistem logistik nasional.

Kesiapan Alat Rubber Tyred Gantry (RTG), memegang peran penting dalam mendukung kelancaran kegiatan bongkar muat petikemas. RTG digunakan dalam pemindahan petikemas dari truk ke lapangan penumpukan maupun sebaliknya (Fidhini dkk., 2024). TPS memiliki 30 unit RTG, namun yang aktif digunakan hanya sekitar 21 hingga 23 unit karena beberapa alat sedang dalam perawatan. Tingkat kesiapan dan ketersediaan alat RTG berdampak langsung terhadap efisiensi operasional terminal.

Sumber daya manusia (SDM) menjadi elemen penting dalam proses operasional terminal. Operator RTG tidak hanya mengoperasikan alat, tetapi juga bertanggung jawab terhadap koordinasi arus kendaraan dan petikemas agar sesuai dengan pola pergerakan di lapangan. Keterampilan dan pengambilan keputusan operator RTG sangat menentukan efektivitas ruang penumpukan serta kecepatan pelayanan bongkar muat. Oleh karena itu, kesiapan alat dan peran SDM menjadi fondasi utama dalam menunjang kelancaran proses operasional. Namun, efektivitas proses tersebut juga sangat dipengaruhi oleh kelancaran arus kendaraan di area terminal yang tercermin dari durasi waktu layanan truk.

Truck Round Time (TRT) merupakan indikator waktu pelayanan terhadap truk dalam proses *receiving* di terminal. TRT dihitung sejak truk memasuki gerbang pelabuhan (*gate in*), proses pemindahan petikemas oleh RTG, hingga truk keluar dari pelabuhan (*gate out*) (Nurohman dkk., 2022). Berdasarkan Keputusan Kepala Kantor Otoritas Pelabuhan Utama Tanjung Perak Nomor KP-OP.TPr 14 Tahun 2023, standar waktu TRT di TPS adalah 30 menit. Pada Desember 2023, rata-rata TRT mencapai 33 menit. Selisih waktu ini menunjukkan perlunya evaluasi terhadap sistem pelayanan *receiving* yang berjalan. Deviasi waktu pelayanan tersebut menunjukkan bahwa efisiensi layanan

receiving belum sepenuhnya optimal. Hal ini berdampak pada indikator produktivitas muat yang diukur dalam perolehan *Box/Crane/Hour* (BCH).

Box/Crane/Hour (BCH) adalah jumlah petikemas yang dapat dibongkar atau dimuat oleh satu unit *crane* dalam satu jam. Standar BCH yang ditetapkan dalam KP-OP.TPr 14 Tahun 2023 adalah sebesar 26 box/jam. Rata-rata BCH pada Desember 2023 tercatat sebesar 24,89 box/jam, berada di bawah standar minimum. Penurunan ini mencerminkan adanya potensi kendala dalam proses operasional yang perlu dianalisis secara menyeluruh.

Penelitian ini difokuskan pada analisis terhadap pengaruh kesiapan alat RTG, sumber daya manusia, dan *truck round time* (*receiving*) terhadap produktivitas bongkar muat yang ada di PT Terminal Petikemas Surabaya. Sehingga, peneliti mengangkat judul “Analisis Kesiapan Alat Rubber Tyred Gantry, Sumber Daya Manusia, dan *Truck Round Time* (*Receiving*) terhadap Produktivitas Bongkar Muat di PT Terminal Petikemas Surabaya”.

2. State of the Art

Tinjauan pustaka mencakup berbagai temuan dari penelitian sebelumnya yang dijadikan sebagai dasar dalam merancang penelitian ini oleh penulis. Dalam studi ini, terdapat lima penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi.

2.1 (Dedy Rusmiyanto dan Wempy Trinandya Dessixson, 2022)

Penelitian yang berjudul “Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Bongkar Muat Peti Kemas Di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang” ini menerapkan metode regresi linear berganda. Hasilnya adalah faktor operasional menjadi penentu utama dalam mendukung kelancaran aktivitas bongkar muat. Secara keseluruhan, variabel peralatan, SDM, operasional, dan kondisi alam berkontribusi sebesar 64,4%, sementara 35,6% disebabkan oleh faktor eksternal di luar penelitian ini.

2.2 (Yuvensius Vega, Sumarzen Marzuki, Mudayat, & Meyti Hanna Ester Kalangi, 2024)

Penelitian ini berjudul “Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Bongkar Muat Peti Kemas Di Pelindo Terminal Petikemas Semarang” dengan pendekatan regresi linear berganda. Hasil analisis, faktor alam berpengaruh secara dominan pada produktivitas bongkar muat petikemas dengan koefisien regresi 0,360. Nilai Adjusted R² sebesar 0,175 mengindikasikan bahwa variabel kesiapan alat, kapasitas lapangan, SDM, TI operasional, dan kondisi alam secara bersama-sama memengaruhi produktivitas sebesar 17,5%, sementara 82,5% disebabkan oleh faktor eksternal di luar penelitian ini.

2.3 (Alfian Zein Fauzi dan Sumarzen Marzuki, 2023)

Penelitian yang berjudul “Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Bongkar/ Muat Di Terminal Petikemas Surabaya” ini menggunakan pendekatan regresi linear berganda. Temuan penelitian ini mengungkapkan bahwa produktivitas bongkar muat dipengaruhi oleh variabel sumber daya manusia, peralatan bongkar muat, serta sistem operasi terminal.

2.4 (R. Aby Iskandar, 2023)

Penelitian ini berjudul “Analisis Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Bongkar Muat Peti Kemas Pada Unit Usaha Terminal Peti Kemas Belawan Pt (Persero) Pelabuhan Indonesia I”. Metode regresi linear berganda diterapkan untuk analisis data. Studi ini mengungkapkan bahwa menurunnya kinerja bongkar muat petikemas di Terminal Peti Kemas Belawan disebabkan oleh frekuensi kegagalan yang tinggi dalam pelaksanaannya. Adapun penyebab utama dari kegagalan tersebut meliputi aspek prosedural dalam pelaksanaan bongkar muat, faktor sumber daya manusia, kondisi peralatan yang digunakan, serta pengaruh lingkungan sekitar.

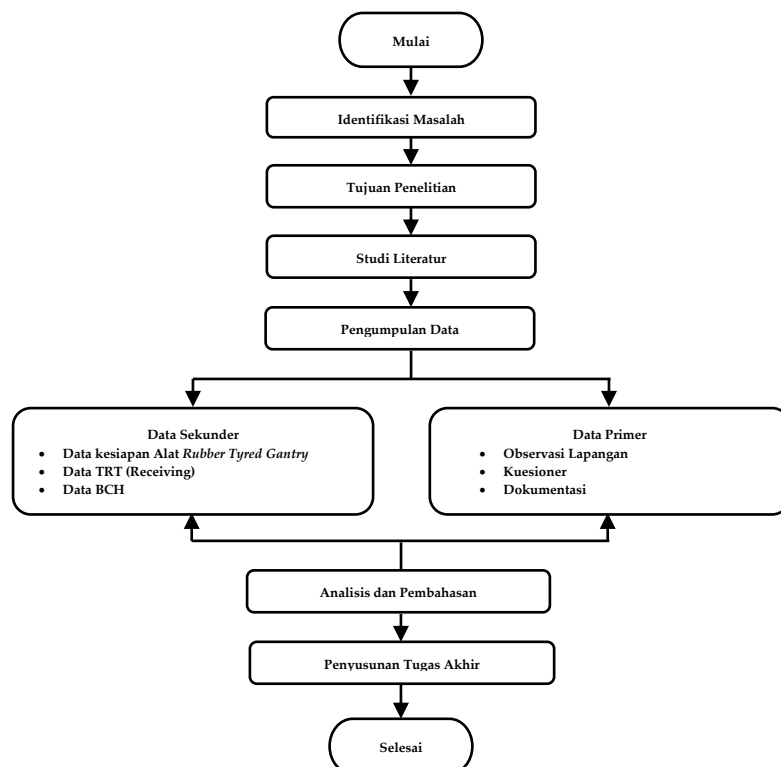
2.5 (Amanda Dian Prasiska, 2025)

Penelitian ini berjudul “Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Bongkar Muat Peti Kemas Di Pelabuhan Malundung Kota Tarakan”. Metode yang digunakan berupa regresi linear berganda. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa peralatan bongkar muat berpengaruh signifikan terhadap produktivitas kegiatan bongkar muat, yang dipengaruhi oleh tingkat efisiensi, ketersediaan alat, serta penerapan teknologi dan inovasi dalam peralatan tersebut.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif deskriptif, yang difokuskan untuk memberikan gambaran keterkaitan antar variabel secara terstruktur dan faktual. Pendekatan ini dipilih karena mampu menganalisis sejauh mana kesiapan alat *Rubber Tyred Gantry* (RTG), sumber daya manusia, dan *truck round time* (*receiving*) berpengaruh pada produktivitas bongkar muat (Y) di terminal petikemas. Penelitian tidak hanya bertujuan untuk memberikan gambaran umum mengenai kondisi aktual di lapangan, tetapi juga untuk mengidentifikasi variabel-variabel kunci yang berperan dalam mendukung efisiensi operasional terminal.

Metode analisis regresi linear berganda dimanfaatkan untuk mengevaluasi hubungan kuantitatif antara variabel bebas dan variabel terikat. Variabel terikat yang digunakan adalah produktivitas bongkar muat (*Box/Crane/Hour - BCH*)(Y), sementara variabel bebas meliputi kesiapan alat RTG (X1), sumber daya manusia (X2), dan *truck round time* (*receiving*) (X3). Penelitian ini memanfaatkan data primer yang diperoleh secara langsung dari pihak perusahaan, meliputi informasi terkait kesiapan peralatan RTG, *truck round time*, serta produktivitas bongkar muat yang diukur dengan satuan BCH. Sementara itu, data mengenai aspek sumber daya manusia diperoleh melalui penyebaran kuesioner. Secara keseluruhan, terdapat 53 sampel yang dianalisis, baik dari hasil observasi maupun kuesioner, yang mencakup periode Agustus 2020 hingga Desember 2024. Seluruh data dikumpulkan berdasarkan kegiatan operasional selama kurun waktu tersebut. Penelitian ini diharapkan dapat menyajikan pemahaman secara komprehensif dan menjadi acuan dalam mengevaluasi serta meningkatkan performa terminal bongkar muat di masa yang akan datang. Daigram alur penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

PT Terminal Petikemas Surabaya atau TPS merupakan perusahaan penyedia layanan logistik petikemas ekspor-impor yang berdiri sejak tahun 1992 dan menjadi perseroan hasil kerja sama antara Pelindo III dengan P&O Dover Holding pada tahun 1999. TPS memiliki peran strategis dalam konektivitas logistik antara wilayah barat dan timur Indonesia, dengan layanan utama seperti *receiving*, *delivery*, *loading*, dan *discharging* yang didukung oleh peralatan bongkar muat seperti Alat *Rubber Tyred Gantry* (RTG), *container crane*, *reach stacker*, dan lainnya. Dalam pelaksanaan operasional, TPS memiliki indikator yang digunakan untuk menilai kelancaran dan efisiensi kegiatan terminal.

Salah satu indikator penting yang mencerminkan kelancaran operasional adalah kesiapan alat RTG. Data menunjukkan bahwa kesiapan alat RTG selama Agustus 2020 hingga Desember 2024 mengalami fluktuasi. Kinerja terbaik terjadi pada tahun 2021 ketika rata-rata kesiapan melebihi 95%, namun terjadi penurunan pada tahun 2024, terutama pada bulan Agustus dengan angka terendah 77,25%. Kondisi ini mengindikasikan perlunya evaluasi sistem pemeliharaan dan perbaikan kapasitas dukungan teknis.

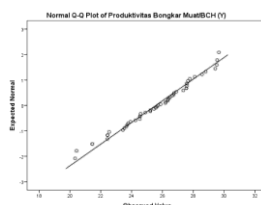
Kesiapan alat yang baik harus diimbangi dengan kualitas sumber daya manusia (SDM) yang andal. Berdasarkan hasil survei, seluruh operator RTG yang berjumlah 102 di TPS merupakan laki-laki, dengan mayoritas berusia 41–50 tahun (64%) dan telah bekerja lebih dari lima tahun (92%). Sebagian besar mengaku memiliki kemampuan yang baik dalam mengoperasikan RTG, serta telah mengikuti pelatihan teknis sebanyak 3–5 kali (51%). Hal ini mencerminkan tingkat pengalaman yang tinggi, meskipun peningkatan frekuensi dan efektivitas pelatihan masih dibutuhkan untuk menjawab tantangan operasional ke depan.

Sejalan dengan kesiapan alat dan SDM, efisiensi pelayanan truk yang diukur melalui indikator *Truck Round Time* (TRT) *Receiving* juga menjadi faktor penting dalam mengukur kinerja terminal. Selama periode Agustus 2020 hingga Desember 2024, nilai TRT menunjukkan tren fluktuatif, dengan performa terbaik pada tahun 2023 saat sebagian besar bulan menunjukkan nilai di bawah standar maksimal 30 menit, sementara pada tahun 2024 terjadi lonjakan waktu pelayanan, khususnya pada bulan Juli yang mencapai 34,89 menit. Ketidakefisienan ini dipengaruhi oleh berbagai hambatan teknis maupun non-teknis di lapangan. Kondisi tersebut pada akhirnya berdampak terhadap produktivitas bongkar muat, yang salah satunya diukur dengan perolehan *Box/Crane/Hour* (BCH). Pada Agustus 2020 hingga Desember 2023 nilai BCH tergolong stabil dan tinggi, dengan puncaknya pada Desember 2023 sebesar 28,32 BCH. Namun, pada tahun 2024 mengalami penurunan dengan rata-rata perolehan di bawah standar 26 BCH dan nilai terendah terjadi pada bulan April sebesar 23,27 BCH. Penurunan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kesiapan alat yang belum optimal, ketidakmerataan keterampilan operator, serta lamanya waktu perputaran truk, yang berpotensi menurunkan efisiensi terminal sehingga, perlu dilakukan analisis statistik menggunakan regresi linear berganda untuk mengetahui sejauh mana masing-masing faktor memengaruhi produktivitas bongkar muat.

4.1 Uji Dependensi Variabel

4.1.1 Uji Dependensi Variabel respon

Uji dependensi variabel respon dilakukan untuk mengetahui data pada variabel dependen, yaitu produktivitas bongkar muat/BCH, berdisbersifat independen atau tidak. Hasil uji dependensi variabel respon disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Q-Q Plot Produktivitas Bongkar Muat
(Sumber : Hasil analisis statistik SPSS, 2025)

Berdasarkan Gambar 1. Diatas menunjukkan bahwa, Sebagian besar data terdistribusi mengikuti pola garis diagonal yang mencerminkan distribusi normal, dengan deviasi kecil yang hanya tampak pada bagian ujung (ekstrem). Sehingga, dapat ditarik kesimpulan bahwa variabel Produktivitas Bongkar Muat/BCH (Y) merupakan variabel dependen, karena nilai atau perubahannya dipengaruhi oleh variabel independen dalam penelitian.

4.1.2 Uji Multikolinearitas Variabel Prediktor

Uji multikolinearitas variabel prediktor diterapkan dengan tujuan memastikan bahwa variabel independen dalam model regresi linear berganda tidak memiliki keterkaitan linear yang kuat. Indikator yang digunakan dalam pengujian ini adalah nilai *Tolerance* dan *Variance Inflation Factor* (VIF). Hasil uji VIF variabel prediktor disajikan pada Tabel 1. dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Uji VIF Variabel Prediktor (Sumber : Hasil analisis statistik SPSS, 2025)

Model	Coefficients ^a	
	Collinearity Statistics	
	Tolerance	VIF
Kesiapan Alat RTG (X1)	.555	1.802
Sumber Daya Manusia (X2)	.552	1.812
Truck Round Time (X3)	.689	1.451

Berdasarkan Tabel 1. diatas, didapatkan nilai tolerance sebesar 0,555 untuk variabel Kesiapan Alat RTG (X1), 0,552 untuk variabel Sumber Daya Manusia (X2), dan 0,689 untuk variabel *Truck Round Time* (X3). Seluruh nilai *tolerance* berada jauh di atas ambang batas minimum 0,10, hasil tersebut mengindikasikan tidak terdapat hubungan linear yang kuat antar variabel bebas. Selain itu nilai VIF ketiga variabel menunjukkan hasil yang relatif rendah, yaitu sebesar 1,802 (X1), 1,812 (X2), dan 1,451 (X3) yang masih dibawah amaba batas sebesar 10. Berdasarkan hasil uji *Tolerance* dan VIF tersebut, tidak ditemukan indikasi terjadinya multikolinearitas dalam model. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa, variabel-variabel prediktor bersifat independen secara statistik dan layak digunakan secara simultan dalam analisis regresi linear berganda.

4.2 Uji Regresi Linear Berganda

Uji regresi linear berganda dimanfaatkan dalam menganalisis pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, baik secara simultan maupun parsial, dengan bantuan perangkat lunak SPSS. Pada penelitian ini, variabel independen terdiri dari kesiapan alat RTG (X1), sumber daya manusia (X2), dan *truck round time (receiving)* (X3). Sementara itu, variabel dependen yang dianalisis adalah produktivitas bongkar muat (Y). Untuk memperoleh hasil yang optimal, analisis dilakukan dengan beberapa kombinasi model regresi, baik secara keseluruhan maupun per kelompok variabel.

1. Model Regresi 1 (Y → X1, X2)

Model regresi pertama digunakan untuk menganalisis pengaruh kesiapan alat RTG (X1) dan sumber daya manusia (X2) terhadap produktivitas bongkar muat (Y). Hasil uji R Square model regresi 1 ditampilkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Uji R Square Model Regresi 1(Sumber : Hasil analisis statistik SPSS, 2025)

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.693 ^a	.480	.459	1.72564

a. Predictors: (Constant), X2, X1

b. Dependent Variable: Y

Mengacu pada Tabel 2 diatas, nilai *R Square* sebesar 0.480 menunjukkan bahwa sebesar 48% variasi dalam produktivitas bongkar muat dapat diterangkan oleh kesiapan alat dan sumber daya manusia, sementara sisanya sebesar 52% disebabkan faktor eksternal di luar model. Hasil ini diperkuat melalui Uji F yang ditampilkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Uji F Model Regresi 1 (Sumber : Hasil analisis statistik SPSS, 2025)

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	137.553	2	68.776	23.096	.000 ^b
Residual	148.891	50	2.978		
Total	286.444	52			

Mengacu pada tabel 3, menghasilkan nilai F sebesar 23,096 dan tingkat signifikansi 0,000, yang berada dibawah 0,05. Hasil tersebut mengindikasi bahwa variabel X1 dan X2 memiliki kontribusi signifikan terhadap variabel Y. Sehingga, model regresi dinyatakan layak untuk digunakan dalam memprediksi tingkat produktivitas menggunakan variabel kesiapan alat dan sumber daya manusia. Untuk menguji kontribusi setiap variabel secara individual terhadap variabel dependen, dilakukan uji t yang hasilnya disajikan dalam Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Uji T Model Regresi 1 (Sumber : Hasil analisis statistik SPSS, 2025)

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	.429	5.214		.082	.935
X1	.205	.070	.387	2.941	.005
X2	.133	.046	.380	2.882	.006

Mengacu pada Tabel 4 di atas, didapatkan signifikansi variabel X1 (kesiapan alat RTG) sebesar $0.005 < 0.05$. Analisis tersebut membuktikan bahwa kesiapan alat RTG memiliki pengaruh signifikan pada produktivitas bongkar muat. Sementara itu, nilai signifikansi variabel X2 (sumber daya manusia) adalah $0.006 < 0.05$, yang berarti bahwa variabel sumber daya manusia turut memberikan kontribusi signifikan terhadap kegiatan bongkar muat. Hasil pengolahan data di atas menghasilkan persamaan regresi berikut.

$$Y = 0,429 + 0,205X1 + 0,133X2$$

Persamaan ini mengindikasikan setiap peningkatan satu satuan pada variabel kesiapan alat RTG (X1), berdampak pada peningkatan produktivitas bongkar muat (Y) sebesar 0,205 satuan. Demikian pula, kenaikan satu satuan pada variabel sumber daya manusia (X2) akan meningkatkan produktivitas sebesar 0,133 satuan. Temuan ini menunjukkan bahwa kedua variabel tersebut memberikan dampak positif terhadap peningkatan produktivitas bongkar muat.

2. Model Regresi 2 (Y → X1, X3)

Model regresi kedua digunakan untuk menganalisis pengaruh kesiapan alat RTG (X1) dan *truck round time* (X3) terhadap produktivitas bongkar muat (Y). Nilai *R Square* yang menggambarkan tingkat kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan variasi pada variabel terikat. Hasilnya disajikan pada Tabel 5. berikut ini.

Tabel 5. Hasil Uji R Square Model Regresi 2 (Sumber : Hasil analisis statistik SPSS, 2025)

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.906 ^a	.821	.803	1.022

a. Predictors: (Constant), X3, X1

b. Dependent Variable: Y

Mengacu pada Tabel 5 diatas, nilai koefisien determinasi sebesar 0,821, mengindikasi bahwa 82,1% variasi pada produktivitas bongkar muat (Y) dipengaruhi oleh kesiapan alat RTG (X1) dan *truck round time* (X3). Sementara itu, 17,9% sisanya dipengaruhi oleh variabel eksternal yang tidak terdapat

pada model ini. Tingginya nilai R Square tersebut mencerminkan bahwa model memiliki kemampuan prediktif yang sangat baik. Untuk mengetahui kelayakan model secara simultan, dilakukan uji F yang hasilnya disajikan dalam Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Uji F Model Regresi 2 (Sumber : Hasil analisis statistik SPSS, 2025)

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	235.146	2	117.573	112.72	.000 ^b
Residual	51.298	50	1.026		
Total	286.444	52			

Mengacu pada Tabel 6, nilai F sebesar 112,720 dan signifikansi 0,000 mengindikasikan bahwa model regresi signifikan secara simultan. Hal ini menunjukkan bahwa variabel kesiapan alat RTG (X1) dan *truck round time* (X3) secara kolektif mempengaruhi secara signifikan terhadap produktivitas bongkar muat (Y). Sehingga, model ini dinilai layak untuk digunakan dalam proses prediksi. Selanjutnya, untuk menilai pengaruh individual dari setiap variabel bebas terhadap produktivitas, dianalisis melalui uji t yang hasilnya tercantum pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil Uji Linear Berganda Model Regresi 2 (Sumber : Hasil analisis statistik SPSS, 2025)

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	0.915	4.898		.187	.852
X1	.267	.058	.472	4.621	.000
X3	.196	.053	.378	3.698	.001

a. Dependent Variable: Y

Berdasarkan hasil uji parsial yang tercantum dalam Tabel 7, variabel X1 (kesiapan alat RTG) memiliki nilai signifikansi sebesar 0,000. Hasil tersebut mengindikasikan kesiapan alat RTG (X1) memberikan pengaruh signifikan terhadap produktivitas bongkar muat. Begitu pula dengan variabel X3 (*truck round time*), yang mencatat nilai signifikansi sebesar 0,001, sehingga dalam statistik juga berpengaruh signifikan pada variabel dependen. Berdasarkan hasil analisis tersebut, didapatkan sebuah persamaan.

$$Y = 0,915 + 0,267X1 + 0,196X3$$

Persamaan di atas mengindikasikan bahwa peningkatan satu satuan pada kesiapan alat RTG (X1) akan menyebabkan peningkatan produktivitas bongkar muat sebesar 0,267 satuan. Sementara itu, peningkatan satu satuan pada *truck round time* (X3) akan meningkatkan produktivitas sebesar 0,196 satuan. Dengan demikian, kedua variabel independen dalam model ini memberikan dampak yang signifikan dan positif pada produktivitas bongkar muat di terminal.

3. Model Regresi 3 (Y → X2, X3)

Model regresi ketiga diterapkan untuk mengevaluasi sejauh mana variabel sumber daya manusia (X2) dan *truck round time* (X3) berkontribusi terhadap perubahan produktivitas bongkar muat (Y). Nilai koefisien determinasi (*R Square*) yang menggambarkan tingkat pengaruh variabel bebas dalam menerangkan perubahan pada variabel terikat yang disajikan dalam Tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8. Hasil Uji R Square Model Regresi 3 (Sumber : Hasil analisis statistik SPSS, 2025)

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.693 ^a	.480	.459	1.72609

a. Predictors: (Constant), X3, X2

b. Dependent Variable: Y

R Square sebesar 0,480 mengikasikan bahwa variabel sumber daya manusia (X2) dan *truck round time* (X3) mampu menjelaskan sebesar 48% dari total variasi yang terjadi pada produktivitas bongkar muat. Adapun sisanya, sebesar 52%, disebabkan oleh faktor lain yang tidak tercantum dalam model regresi ini. Sehingga, kemampuan model dalam menjelaskan variabel dependen termasuk dalam kategori sedang. Untuk melihat apakah model ini signifikan secara keseluruhan, dilakukan uji F yang ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji F Model Regresi Model 3 (Sumber : Hasil analisis statistik SPSS, 2025)

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	137.476	2	68.738	23.071	.000 ^b
Residual	148.969	50	2.979		
Total	286.444	52			

a. Dependent Variable: Y

b. Predictors: (Constant), X3, X2

Hasil analisis pada Tabel 9 memperlihatkan nilai F hitung sebesar 23,071 dengan tingkat signifikansi sebesar 0,000 lebih rendah dari batas 0,05. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa model regresi secara simultan signifikan. Dengan kata lain, kombinasi antara variabel X2 (sumber daya manusia) dan X3 (*truck round time*) berpengaruh secara bersama-sama terhadap tingkat produktivitas bongkar muat. Untuk menilai pengaruh setiap variabel secara individu, dibutuhkan analisis uji t yang dirangkum dalam Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Hasil Uji T Model Regresi 3 (Sumber : Hasil analisis statistik SPSS, 2025)

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	11.919	2.040		5.843	.000
X2	.157	.041	.449	3.798	.000
X3	.179	.061	.347	2.935	.005

a. Dependent Variable: Y

Hasil uji t yang tercantum pada Tabel 10 mengindikasikan bahwa variabel X2, memiliki nilai signifikansi sebesar 0,000 yang lebih kecil dari 0,05, yang mengindikasikan adanya kontribusi signifikan secara individual terhadap produktivitas bongkar muat. Variabel X3 (*truck round time*) juga memiliki nilai signifikansi sebesar 0,005 (< 0,05), yang menandakan bahwa variabel ini juga berkontribusi secara signifikan terhadap produktivitas. Dari hasil analisis di atas, menghasilkan model regresi linear berganda sebagai berikut.

$$Y = 11,919 + 0,157X_2 + 0,179X_3$$

Persamaan ini mengilustrasikan bahwa peningkatan satu satuan variabel X2 akan berdampak pada peningkatan produktivitas bongkar muat sebesar 0,157 satuan. Sementara itu, kenaikan satu satuan variabel X3 diperkirakan dapat meningkatkan produktivitas sebesar 0,179 satuan, dengan asumsi bahwa faktor lain tetap konstan. Walaupun kontribusi dari masing-masing variabel berbeda, keduanya tetap memiliki pengaruh positif terhadap produktivitas di terminal.

4. Model Regresi 4 (Y → X1, X2, X3)

Model regresi keempat digunakan untuk menganalisis pengaruh kesiapan alat (X1), sumber daya manusia (X2), dan *truck round time* (X3) terhadap produktivitas bongkar muat (Y). Hasil uji R Square disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Uji R Square Model Regresi 4 (Sumber : Hasil analisis statistik SPSS, 2025)

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.729 ^a	.531	.503	1.65495

a. Predictors: (Constant), X3, X1, X2

b. Dependent Variable: Y

Tabel 11 menunjukkan nilai R Square sebesar 0,531, yang mengindikasikan bahwa 53,1% variasi dalam produktivitas bongkar muat dapat diterangkan oleh ketiga variabel independen, yaitu X1, X2, dan X3. Sementara itu, sisanya sebesar 46,9% disebabkan variabel eksternal yang tidak dicantumkan pada model ini. Guna mengidentifikasi signifikansi model regresi secara simultan, dilakukan uji F. Hasilnya disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Uji F Model Regresi 4 (Sumber : Hasil analisis statistik SPSS, 2025)

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	152.240	3	50.747	18.528	.000 ^b
Residual	134.204	49	2.739		
Total	286.444	52			

a. Dependent Variable: Y

b. Predictors: (Constant), X3, X1, X2

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 12, dihasilkan nilai F sebesar 18,528 dengan tingkat signifikansi 0,000. Nilai ini lebih rendah dari 0,05, yang mengindikasikan model regresi yang dipakai signifikan secara statistik. Dengan kata lain, ketiga variabel independen (X1, X2, dan X3) secara simultan memiliki kontribusi yang nyata terhadap produktivitas bongkar muat. Untuk mengetahui kontribusi setiap variabel secara individu, dibutuhkan pengujian melalui uji t yang hasilnya disajikan pada Tabel 13 berikut.

Tabel 13. Hasil Uji T Model Regresi 4 (Sumber : Hasil analisis statistik SPSS, 2025)

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	1.121	5.045		.222	.825
X1	.161	.070	.305	2.322	.024
X2	.103	.046	.294	2.232	.030
X3	.141	.061	.273	2.316	.025

a. Dependent Variable: Y

Berdasarkan hasil pengujian dalam Tabel 13, diketahui ketiga variabel independen, yang terdiri dari kesiapan alat (X1), sumber daya manusia (X2), dan *truck round time* (X3), terdapat kontribusi yang signifikan terhadap produktivitas bongkar muat (Y), yang terlihat dari nilai signifikansi seluruh variabel lebih kecil dari 0,05. Variabel kesiapan alat (X1) memiliki nilai signifikansi sebesar 0,024, yang mengindikasikan bahwa variabel ini memiliki kontribusi secara signifikan terhadap produktivitas. Selanjutnya, variabel sumber daya manusia (X2) dengan signifikansi 0,039 juga terbukti berpengaruh secara signifikan terhadap Y. Hal serupa juga ditunjukkan oleh variabel *truck round time* (X3) yang memiliki nilai signifikansi sebesar 0,032. Artinya variabel X3 memberikan kontribusi penting terhadap peningkatan produktivitas. Berdasarkan hasil uji t, dihasilkan model persamaan regresi seperti ditunjukkan berikut.

$$Y = 1,121 + 0,161X1 + 0,103X2 + 0,141X3$$

Persamaan ini mengindikasi setiap peningkatan satu satuan kesiapan alat (X1) akan meningkatkan produktivitas bongkar muat sebesar 0,161 satuan. Sementara, peningkatan satu satuan

pada variabel sumber daya manusia (X_2) akan meningkatkan produktivitas sebesar 0,103 satuan, sedangkan peningkatan satu satuan pada truck round time (X_3) akan berkontribusi pada peningkatan produktivitas sebesar 0,141 satuan. Ketiga variabel ini terbukti memiliki dampak secara positif dan signifikan terhadap produktivitas. Semakin baik kesiapan alat, kualitas sumber daya manusia, dan efisiensi *truck round time*, maka produktivitas bongkar muat di terminal akan semakin meningkat. Sehingga dapat disimpulkan, ketiga faktor tersebut perlu diperhatikan dalam upaya peningkatan operasional pada Terminal Petikemas.

5. Uji Mean Absolute Error (MAE)

Mean Absolute Error (MAE) digunakan untuk mengetahui nilai rata-rata kesalahan absolut antara data aktual dan hasil prediksi dari model regresi. Semakin rendah nilai MAE, maka semakin akurat model tersebut dalam melakukan prediksi. Nilai MAE setiap model, disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Uji MAE (Sumber : Hasil analisis statistik SPSS, 2025)

Descriptive Statistics					
Model	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
ABS_RES1 Y (X_1 , X_2)	53	.06	4.92	1.3236	1.03807
ABS_RES2 Y (X_1 , X_3)	53	.07	5.24	1.1486	1.02200
ABS_RES3 Y (X_2 , X_3)	53	.01	6.11	1.3086	1.05807
ABS_RES4 Y (X_1 , X_2 , X_3)	53	.01	5.17	1.1896	1.06702
Valid N (listwise)	53				

Berdasarkan hasil uji Mean Absolute Error (MAE) diatas, model regresi dengan kombinasi variabel X_1 (kesiapan alat) dan X_3 (truck round time) menunjukkan performa terbaik dibandingkan model-model lainnya. Hal ini ditunjukkan oleh nilai MAE terendah, yaitu sebesar 1.1486. Artinya, secara rata-rata kesalahan absolut prediksi pada model ini lebih kecil, sehingga model ini dinilai lebih akurat dan handal dalam memprediksi tingkat produktivitas bongkar muat. Selain itu, standar deviasi sebesar 1.02200 pada model ini juga tergolong rendah, yang mengindikasikan bahwa penyimpangan kesalahan prediksi cenderung konsisten di seluruh data yang dianalisis. Sebaliknya, model dengan kombinasi variabel X_1 dan X_2 (ABS_RES1) serta model X_2 dan X_3 (ABS_RES3) memiliki nilai MAE yang lebih tinggi, masing-masing sebesar 1.3236 dan 1.3086, menunjukkan bahwa tingkat kesalahan prediksi pada kedua model tersebut lebih besar. Sementara itu, model dengan tiga variabel sekaligus (X_1 , X_2 , X_3) atau ABS_RES4 memiliki nilai MAE sebesar 1.1896, sedikit lebih baik dari dua model sebelumnya, tetapi masih belum bisa mengungguli performa dari model ABS_RES2. Oleh karena itu, model regresi dengan kombinasi X_1 dan X_3 dapat dipertimbangkan sebagai model paling layak digunakan dalam memprediksi produktivitas bongkar muat.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis menggunakan beberapa model regresi, Model Regresi 2 ($Y \rightarrow X_1, X_3$) terbukti sebagai model paling layak dan andal, dengan nilai koefisien determinasi tertinggi ($R^2 = 0,821$). Artinya, 82,1% variasi produktivitas bongkar muat dapat dijelaskan oleh kombinasi kesiapan alat (X_1) dan truck round time (X_3). Model ini juga menunjukkan nilai rata-rata absolut residual paling rendah, yaitu sebesar 1,1486 dan standar deviasi sebesar 1,022. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa prediksi model sangat mendekati data aktual. Selain itu, hasil analisis pada regresi linier berganda secara keseluruhan menghasilkan sebuah persamaan. $Y = 1,121 + 0,161X_1 + 0,103X_2 + 0,141X_3$, yang menunjukkan bahwa ketiga variabel bebas (independen), yaitu kesiapan alat RTG (X_1), sumber daya manusia (X_2), dan truck round time (X_3), berpengaruh signifikan pada produktivitas bongkar muat (Y) di PT Terminal Petikemas Surabaya.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan jurnal penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan secara khusus kepada Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan motivasi selama proses penelitian berlangsung. Penulis juga berterima kasih kepada pihak instansi terkait yang telah memberikan izin serta data yang dibutuhkan untuk mendukung kelancaran penelitian ini.

Selain itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang senantiasa memberikan semangat dan doa. Segala bentuk bantuan yang diberikan sangat berarti bagi penulis dan menjadi bagian penting dalam penyelesaian jurnal ini.

7. Referensi

- Kepala Kantor Otoritas Pelabuhan Utama Tanjung Perak. (2023). *Keputusan Kepala Kantor Otoritas Pelabuhan Utama Tanjung Perak Nomor KP-OP.TPr 14 Tahun 2023 tentang Standar Kinerja Pelayanan Operasional Pelabuhan Tanjung Perak*.
- Direktur Jenderal Perhubungan Laut. (2016). *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Laut No. Hk.103/2/18/Djpl-16 tentang Standar Kinerja Pelayanan Operasional Pelabuhan pada Pelabuhan yang Dikelola Secara Komersial*.
- Rusmiyanto, D., & Dessixson, W. T. (2022). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Bongkar Muat Peti Kemas Di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Universal Technic*, 1(1), 67-86.
- Marzuki, S., Mudayat, M., & Kalangi, M. H. E. (2024). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Bongkar Muat Peti Kemas Di Pelindo Terminal Petikemas Semarang. *Jutranis*, 1(02), 1-21.
- Dewanto, D. T., & Rumita, R. (2022). Analisis faktor yang mempengaruhi produktivitas bongkar muat kapal batubara (studi kasus PT pelindo III tanjung intan cilacap). *Industrial Engineering Online Journal*, 12(1).
- Iskandar, R. A. (2023). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Bongkar Muat Peti Kemas Pada Unit Usaha Terminal Peti Kemas Belawan Pt (Persero) Pelabuhan Indonesia I. *Jurnal Penelitian Samudra*, 1(2), 66-69.
- Prasiska, A. D. (2025). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Bongkar Muat Peti Kemas Di Pelabuhan Malundung Kota Tarakan.
- Alfian Zein Fauzi, A. Z. F., & Sumarzen Marzuki, S. M. (2023). *Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Bongkar/Muat Di Terminal Petikemas Surabaya* (Doctoral dissertation, STIA Manajemen dan Kepelabuhan Barunawati Surabaya).
- Fidhini, F. F., Prenata, G. D., & Swarga, L. A. (2024). Rancang Bangun Sistem Kendali Hoist Rubber Tyred Gantry Crane Berbasis Programmable Logic Controller Dan Fuzzy. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3).
- Nurohman, E. A., Khoiruman, M. A., & Satriyo, G. (2022). Optimalisasi Truck Round Time (Trt) Pada Kegiatan Import/Delivery Di Pt. Terminal Petikemas Surabaya. *Jurnal Kemaritiman dan Transportasi*, 4(1), 7-16.

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.idHalaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Karakteristik Agregat Sisa Pembongkaran Bangunan Dalam Produksi *Paving Block*

Bagus Setyo Nugroho ^a, Ari Widayanti ^b

^a Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

^b Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

email: ^abagussetyo.21017@mhs.unesa.ac.id, ^bariwidayanti@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 24 Juli 2025

Revisi 1 Oktober 2025

Diterima 19 Oktober 2025

Online 25 Desember 2025

Kata kunci:

Agregat Daur Ulang

Limbah Konstruksi

Agregat Halus

Karakteristik Fisik

Keberlanjutan

ABSTRAK

Limbah konstruksi dari aktivitas pembongkaran bangunan merupakan tantangan lingkungan signifikan yang membutuhkan solusi pengelolaan berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah pemanfaatan agregat sisa pembongkaran bangunan sebagai substitusi agregat halus dalam material konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis karakteristik fisik agregat halus yang berasal dari sisa pembongkaran bangunan. Agregat sisa pembongkaran bangunan dikumpulkan, kemudian diproses melalui tahap pembersihan, penghancuran, dan pengayakan untuk mendapatkan fraksi agregat halus. Pengujian karakteristik meliputi analisis gradasi butiran (lolos ayakan No. 8 – 100), Modulus Kehalusan sebesar 3,16, daya serap air 1,825% (memenuhi maks. 3% ASTM C136-2012), berat jenis curah kering 1,646 gr/cm³ (memenuhi maks. 3 gr/cm³ SNI 1970-2016), berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) 1,705 gr/cm³ (memenuhi maks. 3 gr/cm³ SNI 1970-2016), berat jenis semu 2,555 gr/cm³ (memenuhi maks. 3 gr/cm³ SNI 1970-2016), dan kadar lumpur 2,27% (memenuhi maks. 5% SNI 1970-2008). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa agregat halus dari sisa pembongkaran bangunan memiliki karakteristik yang memenuhi standar teknis yang berlaku untuk sebagian besar parameter, sehingga berpotensi besar untuk digunakan sebagai agregat halus dalam aplikasi konstruksi. Hal ini mendukung upaya daur ulang material konstruksi untuk mencapai praktik pembangunan yang lebih ramah lingkungan

Characteristics of Building Demolition Remaining Aggregates in Paving Block Production

ARTICLE INFO

Keywords:

Recycled Aggregate

Construction Waste

Fine Aggregate

Physical Characteristics

Sustainability

Nugroho, B. S., & Widayanti, A. (2025). Karakteristik Aggrgat Sisa Pembongkaran Bangunan Dalam Produksi *Paving Block*. MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi, v3 (n3), 259-266.

ABSTRACT

Construction waste from building demolition activities poses a significant environmental challenge that requires sustainable management solutions. One promising approach is the utilization of demolition waste aggregates as a substitute for fine aggregates in construction materials. This study aims to identify and analyze the physical characteristics of fine aggregates derived from building demolition waste. The demolition waste was collected and processed through cleaning, crushing, and sieving stages to obtain fine aggregate fractions. The characterization tests included grain size distribution analysis (passing sieve No. 8–100), a fineness modulus of 3.16, water absorption of 1.825% (within the maximum limit of 3% according to ASTM C136-2012), dry bulk density of 1.646 g/cm³ (within the maximum of 3 g/cm³ per SNI 1970-2016), saturated surface-dry (SSD) specific gravity of 1.705 g/cm³ (within the maximum of 3 g/cm³ per SNI 1970-2016), apparent specific gravity of 2.555 g/cm³ (within the maximum of 3 g/cm³ per SNI 1970-2016), and a mud content of 2.27% (within the maximum of 5% per SNI 1970-2008). The results indicate that the fine aggregates from demolition waste meet the applicable technical standards for most parameters, suggesting a strong potential for their use as fine aggregates in construction

applications. This supports the recycling of construction materials to promote more environmentally friendly building practices.

© 2023 MITRANS : Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

1. Pendahuluan

Industri konstruksi menjadi salah satu penyumbang terbesar limbah padat di dunia. Di Indonesia, berdasarkan data Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) tahun 2021, volume limbah konstruksi mencapai 374 juta ton per tahun. Limbah buangan adalah musuh utama di lingkungan manusia, dimana limbah merupakan bahan buangan yang akan berpengaruh atau berdampak buruk untuk kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan. (Suharwanto & Suhana, 2022).

Peningkatan aktivitas konstruksi dan renovasi bangunan di perkotaan telah menyebabkan peningkatan volume limbah konstruksi, khususnya agregat sisa pembongkaran bangunan. Limbah ini seringkali tidak dimanfaatkan secara optimal dan hanya dibuang begitu saja, sehingga menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan seperti penumpukan sampah, pencemaran tanah, dan penurunan kualitas udara. Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya keberlanjutan lingkungan, diperlukan upaya inovatif untuk mengurangi dampak negatif dari limbah konstruksi tersebut (Irvan Susanto, 2020).

Kebutuhan akan penggunaan beton semakin lama semakin meningkat, hal ini sejalan dengan meningkatnya jumlah populasi penduduk, dengan demikian kebutuhan akan bahan baku semen dan material campuran lainnya seperti agregat kasar, agregat halus, serta bahan tambahan lainnya akan meningkat pula. (Budiman Budiman dkk., 2020). Sebagai bahan pembuatan beton, pemilihan akan bahan-bahan yang digunakan sangat penting terutama untuk memperoleh mutu beton dengan sifat-sifat khusus yang diinginkan untuk tujuan tertentu dengan cara yang paling ekonomis. Penggunaan bahan tersebut dimaksudkan untuk memperbaiki dan menambah sifat beton sesuai dengan sifat yang diinginkan. Bahan tambahan tersebut ditambahkan kedalam campuran beton atau mortar, dan dengan adanya bahan tambahan ini diharapkan beton yang dihasilkan bisa lebih baik. (Budiman Budiman dkk., 2020). Konstruksi Berkelanjutan adalah sebuah pendekatan dalam melaksanakan rangkaian kegiatan yang diperlukan untuk menciptakan suatu fasilitas fisik yang memenuhi tujuan ekonomi, sosial, dan lingkungan pada saat ini dan pada masa yang akan datang. (Peraturan Menteri PUPR, 2021).

Paving block adalah salah satu jenis bahan bangunan yang terbuat dari bahan penyusun berupa campuran semen portland, air dan agregat (kasar/halus) dengan atau tanpa bahan tambah. Paving block difungsikan sebagai salah satu alternatif pelapis atau penutupan permukaan tanah dengan maksud agar permukaannya rata dan stabil. Berdasarkan bentuknya paving block dibedakan menjadi dua yaitu segi empat dan segi banyak, dengan dimensi dan warna yang berbeda-beda. Seiring dengan banyaknya permintaan akan ketersediaan paving block, perlu dilaksanakannya uji coba sebagai inovasi dalam pembuatan paving block untuk meningkatkan mutu dan kualitas serta memanfaatkan limbah yang ada di sekitar kita. (Ardjane Irmawati, 2022).



Gambar 1. ASPB (Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2024)

Beberapa sumber agregat sisa pembongkaran bangunan yaitu Bangunan yang sudah tidak terpakai sering kali dibongkar untuk diganti dengan bangunan baru dan Kegiatan renovasi juga menghasilkan limbah konstruksi dalam jumlah yang signifikan. Banyak tempat pengambilan sampel agregat sisa pembongkaran bangunan. Dalam penelitian ini pengambilan agregat sisa pembongkaran bangunan di Desa Padang bandung, Kecamatan Dukun, Kabupaten Gresik. Tempat ini di pilih karena lokasi yang dekat dengan rumah peneliti. Dikarenakan penelitian ini membutuhkan sampel yang cukup banyak agar mendapat hasil yang baik seperti apa yang di inginkan peneliti (Ardjane Irmawati, 2022).

2. State of the Art

Penelitian berjudul *Pemanfaatan Limbah Pembongkaran Bangunan sebagai Agregat Kasar dan Halus pada Beton Non-Struktural* menyoroti potensi pemanfaatan kembali material hasil bongkaran bangunan sebagai substitusi agregat pada beton. Proses pengolahan meliputi penghancuran hingga pemisahan partikel yang tidak sesuai standar. Hasil studi menunjukkan bahwa agregat daur ulang dapat digunakan untuk beton non-struktural, dengan syarat melalui pengolahan yang tepat.

2.1. Fajar (2021)

Penelitian dengan judul *Pemanfaatan Limbah Pembongkaran Bangunan sebagai Agregat Kasar dan Halus pada Beton Non-Struktural* membahas potensi agregat hasil pembongkaran bangunan untuk digunakan kembali dalam pembuatan beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa agregat daur ulang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian agregat alam dengan tetap memenuhi standar kualitas beton non-struktural. Proses yang dilakukan meliputi penghancuran, penyaringan, hingga pemisahan partikel yang tidak sesuai.

2.2. Irmawati (2022)

Penelitian yang berjudul *Karakteristik Fisik dan Mekanik Agregat Limbah Bangunan pada Campuran Paving Block* meneliti sifat fisik dan kuat tekan dari dua jenis agregat sisa, yaitu mortar bekas dan kumbung pasang. Hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa mortar memiliki kekuatan jauh lebih tinggi (20 MPa) dibandingkan kumbung pasang (4,53 MPa), sehingga mortar lebih layak digunakan sebagai bahan utama pada pembuatan paving block.

2.3. Suharwanto dan Suhana (2022)

Penelitian dengan judul *Dampak Limbah Konstruksi terhadap Lingkungan Perkotaan* mengkaji volume dan dampak limbah konstruksi yang tidak tertangani dengan baik. Studi ini menunjukkan bahwa limbah pembongkaran menyumbang sebagian besar dari total limbah konstruksi dan dapat mencemari tanah serta mengganggu estetika kota. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah sebagai bahan bangunan alternatif dipandang sebagai solusi yang mendukung pembangunan berkelanjutan.

2.4. Susanto (2020)

Penelitian berjudul *Peluang Daur Ulang Agregat pada Material Bangunan* menyoroti bahwa penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam dunia konstruksi semakin penting untuk mengurangi eksploitasi sumber daya alam. ASPB dipandang sebagai material potensial untuk digunakan kembali, khususnya dalam beton non-struktural, dengan catatan memenuhi syarat teknis seperti gradasi, kadar lumpur, dan daya serap air.

2.5. Cahyani, Pramono, dan Kurniati (2024)

Penelitian ini berjudul *Analisis Efisiensi Ekonomi Penggunaan Agregat Daur Ulang dalam Industri Paving Block* dan menunjukkan bahwa penggunaan ASPB mampu menurunkan biaya produksi hingga 20% dan mengurangi kebutuhan bahan baku alam. Selain manfaat ekonomi, penerapan ini juga memberikan dampak positif terhadap lingkungan dengan mengurangi timbunan limbah konstruksi dan penggunaan lahan TPA.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan studi eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium untuk mengevaluasi sifat fisik dari agregat halus yang berasal dari limbah pembongkaran bangunan, yakni mortar bekas dan kumbang pasang. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menentukan kelayakan kedua jenis material tersebut sebagai pengganti agregat halus dalam pembuatan paving block. Proses penelitian melibatkan pengolahan bahan mentah, serangkaian uji laboratorium, serta analisis hasil berdasarkan standar nasional dan internasional.

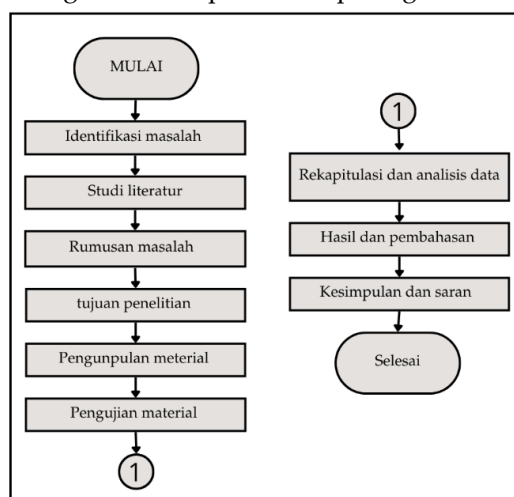
Bahan yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari lokasi pembongkaran di Desa Padang Bandung, Gresik. Limbah bangunan yang terdiri dari pecahan mortar dan kumbang pasang terlebih dahulu diolah dengan cara memisahkan kotoran, menghancurkan dengan alat manual (palu), menyaring menggunakan ayakan ukuran No. 8, kemudian dibersihkan dan dikeringkan dengan oven hingga mencapai kondisi yang layak untuk diuji.

Setelah melalui tahapan persiapan, material hasil daur ulang diuji di laboratorium untuk mengetahui karakteristik fisiknya. Pengujian yang dilakukan mencakup analisis distribusi ukuran butir menggunakan metode saringan (mengacu pada ASTM C136-2012), penghitungan modulus kehalusan (FM), pengujian daya serap air, serta berat jenis dalam kondisi kering, SSD, dan semu yang mengacu pada SNI 1970:2016. Selain itu, kadar lumpur dalam agregat juga diuji berdasarkan SNI 1970:2008.

Setelah itu, paving block dibuat dengan mencampurkan agregat hasil daur ulang ke dalam adukan sesuai proporsi tertentu. Untuk menilai performa strukturalnya, paving block yang dihasilkan kemudian diuji kuat tekannya menggunakan alat tekan standar. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar daya tahan paving block yang dibuat dari agregat mortar dan kumbang pasang.

Data dari semua hasil pengujian kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan persyaratan mutu berdasarkan standar teknis yang berlaku. Hasil analisis tersebut digunakan untuk menilai apakah ASPB, khususnya dari jenis mortar dan kumbang pasang, layak digunakan sebagai alternatif bahan baku agregat halus dalam pembuatan paving block yang ramah lingkungan.

Untuk memperjelas alur pelaksanaan penelitian ini, digunakan diagram alir (*flowchart*) yang menggambarkan tahapan secara sistematis dari awal hingga akhir proses penelitian. Diagram ini berfungsi sebagai pedoman visual untuk menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengumpulan dan analisis data. Diagram alir dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir

Gambar alir metode penelitian menggambarkan tahapan pelaksanaan penelitian, dimulai dari identifikasi masalah, studi literatur, dan perumusan masalah. Setelah tujuan penelitian ditentukan, dilakukan pengumpulan dan pengujian material. Selanjutnya, data hasil pengujian direkapitulasi dan dianalisis, kemudian dibahas untuk menghasilkan simpulan dan saran sebagai penutup penelitian.

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kelayakan agregat sisa pembongkaran bangunan (ASPB) sebagai bahan substitusi agregat halus pada paving block. Pengujian dilakukan untuk mengetahui

karakteristik fisik ASPB agar dapat dibandingkan dengan standar yang berlaku. Tahapan pengujian meliputi analisis ukuran butiran, modulus kehalusan, daya serap air, berat jenis, kadar lumpur, dan uji kuat tekan.

Hasil analisis saringan menunjukkan distribusi butiran agregat halus dari ASPB sudah sesuai standar, dengan sebagian besar lolos ayakan No. 8 hingga No. 200. Nilai modulus kehalusan rata-rata sebesar 3,16 menunjukkan bahwa agregat tersebut masih dapat digunakan dalam campuran beton non-struktural, meskipun perlu penyesuaian dalam proporsi bahan.

Pengujian daya serap air menghasilkan nilai rata-rata sebesar 1,825%, berada dalam batas maksimal 3% sesuai ASTM C136-2012. Nilai berat jenis kering, SSD, dan semu masing-masing adalah 1,645 gr/cm³, 1,705 gr/cm³, dan 2,555 gr/cm³, yang semuanya berada di bawah batas maksimal 3 gr/cm³ sesuai SNI 1970-2016. Kadar lumpur agregat sebesar 2,27% juga masih memenuhi ambang batas maksimal 5% berdasarkan SNI 1970:2008.

Pada uji kuat tekan, material mortar menunjukkan kekuatan sebesar 20 MPa, jauh lebih tinggi dibandingkan kumbung pasang yang hanya mencapai 4,53 MPa. Ini menunjukkan bahwa mortar lebih layak digunakan sebagai bahan penyusun paving block dibandingkan kumbung pasang.

Secara keseluruhan, ASPB dapat digunakan sebagai bahan alternatif dalam campuran paving block hingga tingkat substitusi tertentu. Penggunaan material ini tidak hanya memenuhi spesifikasi teknis, tetapi juga mendukung prinsip daur ulang dan konstruksi berkelanjutan.

Pengujian fisik terhadap agregat halus dari sisa pembongkaran bangunan diawali dengan tahap penghancuran dan pengayakan material hingga lolos ayakan No. 8. Proses ini dilakukan untuk memastikan bahwa ukuran butiran material sesuai dengan kriteria agregat halus yang dapat digunakan dalam campuran paving block. Jika ukuran butiran terlalu besar, maka perlu dihancurkan terlebih dahulu dan disaring agar memenuhi persyaratan teknis sebagai agregat halus.

Selanjutnya dilakukan analisis saringan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel agregat. Meskipun merupakan pengujian dasar, analisis saringan memiliki peran penting dalam dunia konstruksi karena hasilnya berkaitan langsung dengan kekuatan, ketahanan, dan kemudahan dalam proses pencampuran bahan bangunan. Distribusi butiran yang tidak sesuai dapat memengaruhi kinerja paving block secara keseluruhan. Dalam penelitian ini, analisis dilakukan terhadap agregat yang lolos dari ayakan No. 8 hingga ayakan No. 200, dengan mengacu pada standar ASTM C136-2012. Hasil analisis memberikan gambaran bahwa agregat dari sisa pembongkaran bangunan memiliki distribusi ukuran yang masih memenuhi standar sebagai agregat halus untuk aplikasi paving block.

Tabel 1. Rata-Rata Hasil Pengetesan Analisis Saringan (Sumber: Hasil penelitian, 2025)

Saringan	Rata-rata Tertahan (gram)	Berat Rata-rata Berat Lolos (gram)
No. 8	27,5	472,5
No. 16	57,5	415
No. 30	115	300
No. 50	142,5	157,5
No. 100	102,5	55
No. 200	35	20
Nampan Bawah	20	-

Pengujian modulus kehalusan sangat penting dalam memastikan bahwa agregat halus yang digunakan dalam campuran beton memiliki distribusi ukuran butiran yang sesuai, agar beton yang dihasilkan kuat, mudah dikerjakan (workable), dan tahan lama. Ini merupakan bagian dari kontrol mutu material konstruksi. berikut data pengujian modulus kehalusan berdasarkan SNI 1970-2016.

Tabel 2. Rata Rata Hasil Pengujian Modulus Kehalusan (Sumber: Hasil penelitian, 2025)

Sampel	Modulus kehalusan	Rata-rata
Sampel 1	3,15	3,16
Sampel 2	3,17	

Mendapat nilai modulus kehalusan sebesar 3,16, agregat halus ini masih dapat digunakan untuk campuran beton, namun perlu perhatian dalam desain mix beton, khususnya pada penyesuaian

jumlah air dan semen. Bila memungkinkan, agregat ini dapat dicampur dengan pasir yang lebih halus agar mencapai nilai FM (*Fineness Modulus*) yang lebih ideal dan seimbang.

Pengujian selanjutnya akan dilakukan uji penyerapan agregat halus untuk mengetahui kemampuan agregat halus dalam menyerap air. Ini penting untuk menentukan kebutuhan air dalam campuran beton atau mortar agar tidak terjadi kekurangan atau kelebihan air.

Tabel 3. Hasil Rata Rata Pengujian Daya Resap (Sumber: Hasil penelitian, 2025)

Sampel	Penyerapan (%)	Rata-rata
Sampel 1	1,21%	1,825%
Sampel 2	2,44%	

Pengujian daya serap air dari dua sampel paving. Sampel 1 memiliki nilai penyerapan sebesar 1,21%, sedangkan Sampel 2 sebesar 2,44%. Berdasarkan kedua nilai tersebut, diperoleh rata-rata penyerapan air sebesar 1,825%. Agregat halus dengan hasil pengujian penyerapan sebesar 1,825% termasuk layak dan cukup baik digunakan untuk campuran beton atau mortar, karena memiliki kemampuan menyerap air yang relatif rendah. Batas maksimal resapan 3% berdasarkan (ASTM C136-2012). Hasil berat jenis yang baik untuk menghasilkan beton berkualitas

Agregat halus yang digunakan perlu melalui uji berat jenis untuk mengetahui berat jenis agregat halus dibandingkan dengan air. Berat jenis digunakan untuk menghitung proporsi campuran beton. Didapat hasil laboratorium menggunakan acuan ((SNI 1970:2016) sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Berat Jenis (Sumber: Hasil peneliti, 2025)

Jenis Berat Jenis	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Kering	1,63	1,66	1,645
SSD	1,683	1,727	1,705
Semu	2,59	2,52	2,555

Nilai berat jenis yang diperoleh Berat jenis curah kering 1.645gr/cm³, Berat jenis curah jenuh kering permukaan 1,705(gr/cm³), Berat jenis semu 2,555gr/cm³. menunjukkan bahwa agregat memiliki kepadatan yang baik dan sesuai untuk digunakan dalam campuran beton. Batas maksimal berat jenis 3 gr/cm³ berdasarkan (SNI 1970:2016). Hasil berat jenis yang baik untuk menghasilkan beton berkualitas.

Berikutnya pengujian kadar lumpur juga perlu dilakukan untuk mengetahui persentase partikel halus seperti debu, lempung, dan lumpur dalam agregat halus. Kadar lumpur yang tinggi dapat mengganggu ikatan antara semen dan agregat, serta menurunkan kekuatan beton. Dari hasil uji lab didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Pengetesan Kadar Lumpur (Sumber: Hasil peneliti, 2025)

Rumus	Sampel 1	Sampel 2
$\frac{\text{Tinggi endapan lumpur}}{\text{tinggi total agregat dan lumpur}} \times 100$	2,27 %	2,27
Rata-rata	2,27 %	

Hasil rata-rata pengujian menunjukkan bahwa kadar lumpur dalam agregat sebesar 2,27%. Nilai ini diperoleh dari perbandingan antara tinggi endapan lumpur (0,1 mm) terhadap tinggi total campuran agregat dan lumpur (4,4 cm), kemudian dikalikan 100 untuk mendapatkan persentase

Secara umum, batas kadar lumpur yang diizinkan untuk agregat halus dalam konstruksi beton biasanya maksimal 5% sesuai (SNI 1970:2008). Dengan kadar 2,27%, maka agregat yang diuji masih berada dalam batas aman dan layak digunakan, karena kadar lumpur tersebut tidak melebihi ambang batas yang ditetapkan. Namun demikian, pengendalian mutu tetap perlu dilakukan untuk menjaga kestabilan kualitas material secara keseluruhan.

Pada tahap berikutnya akan dilakukan pengujian kuat tekan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan material dalam menahan beban tekan sebelum mengalami kerusakan. Dalam konteks penelitian ini, pengujian dilakukan terhadap dua jenis agregat sisa pembongkaran bangunan, yaitu kumbung pasang dan mortar, yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan paving block. Berikut hasil rata rata pengujian kuat tekan kumbung pasang dan mortar.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan ASPB (Sumber: Hasil peneliti, 2025)

No	Keterangan	Berat	Luas penampang (cm ²)	Beban maks (kN)	Kuat tekan (MPa)
1	Mortar	285	25	49	20
2	Kumbang pasang	157	25	10,5	4,53

Dari hasil diatas pengujian menunjukkan bahwa material mortar memiliki rata-rata kuat tekan sebesar 20 MPa, sedangkan kumbang pasang hanya sebesar 4,53 MPa. Ini berarti mortar memiliki kekuatan tekan yang jauh lebih tinggi dan lebih layak digunakan untuk aplikasi konstruksi yang membutuhkan kekuatan struktural yang baik, seperti paving block. Sementara itu, kumbang pasang memiliki kekuatan tekan yang rendah dan penggunaannya sebaiknya dibatasi untuk keperluan non-struktural atau perlu dikombinasikan dengan bahan lain untuk meningkatkan kekuatannya. Pengujian ini berdasarkan SNI 03-0691-1996.

Pada pengujian diatas pemanfaatan agregat sisa pembongkaran bangunan sebagai substitusi agregat halus diterapkan pada pembuatan *paving block* , Menggunakan Komposisi yang tepat menghasilkan paving block dengan karakteristik fisik dan mekanik yang sesuai standar. Penelitian ini membuktikan bahwa ASPB dapat menjadi alternatif bahan baku ramah lingkungan dalam mendukung pembangunan berkelanjutan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai karakteristik agregat halus dari sisa pembongkaran bangunan, memenuhi standar teknis untuk sebagian besar karakteristik fisik. Pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa setelah proses pengolahan, agregat halus ini memiliki gradasi butiran yang sesuai (lolos ayakan No. 8 – 100) dengan Modulus Kehalusan FM (Fineness Modulus) 3,16 . Lebih lanjut, nilai daya serap air (1,825%), berat jenis curah kering (1,645 gr/cm³), berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) (1,705 gr/cm³), berat jenis semu (2,555 gr/cm³), dan kadar lumpur (2,27%) semuanya berada dalam batas toleransi atau memenuhi persyaratan maksimum yang ditetapkan oleh standar SNI yang relevan (ASTM C136-2012, SNI 1970-2016 & SNI 1970:2008)

Agregat halus sisa pembongkaran bangunan memiliki potensi besar sebagai material alternatif yang berkelanjutan. Dengan karakteristik fisik yang sesuai standar, agregat halus daur ulang ini secara teknis layak untuk dimanfaatkan sebagai substitusi agregat alami. Pemanfaatan ini tidak hanya mengurangi volume limbah konstruksi dan menghemat sumber daya alam, tetapi juga mendukung tercapainya praktik pembangunan yang lebih ramah lingkungan dan sirkular dalam industri konstruksi.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak laboratorium Teknik Sipil UNESA yang telah memfasilitasi proses pengujian. Penghargaan juga disampaikan kepada orang tua peneliti Drs. Mas'ad, S.Pd. Dan Mushafahah S.pd serta teman teman Transportasi 21 yang telah mendukung penelitian ini.

7. Referensi

- Angin, P. E. (2022). Analisis Kuat Tekan Paving Blok Dengan Variasi Komposisi Sampah Plastik Dan Batu Koral.
- Ardjane Irmawati. (2022). Pemanfaatan Limbah Beton Untuk Pembuatan Paving Block. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- ASTM C136:2012 Metode Uji untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (ASTM C 136-06, IDT)
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). Tata Cara Pemasangan Blok Beton Terkunci untuk Permukaan Jalan (pp. 3–4).
- Badan Standarisasi Nasional. (1996). SNI 03-0691-1996. Badan Standarisasi Nasional, 1–5.

- Budiman Budiman, James WTP, & Mozez Sendana. (2020). Penggunaan Limbah Mortar Sebagai Pengganti Agregat Halus dan Additive Bestmittel. *Jurnal Informasi, Sains Dan Teknologi*, 3(2), 35–60. <https://doi.org/10.55606/isaintek.v3i2.33>
- Fajar. (2021). Aplikasi Perkerasan Jalan Raya Berkelanjutan Dengan Pemanfaatan Daur Ulang Agregat Beton: Tinjauan Literatur. Seminar Keinsinyuran.
- Irvan Susanto. (2020). Pemanfaatan Limbah Beton Pada Paving block Dengan Metode Tekanan. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Marwan, M., Supriani, F., & Afrizal, Y. (2019). Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Abu Terbang (Fly Ash) Dan Abu Cangkang Lokan Terhadap Kuat Tekan Paving Block. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.33369/ijts.9.1.1-8>
- Nasional, B. S. (2008). SNI 1969:2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Badan Standar Nasional Indonesia, 20.
- Peraturan Menteri PUPR, N. 9. (2021). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 9 tentang Pedoman Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan. Kemetrian R, 2021, 1–212.
- SNI 1970-2016 Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.
- Suharwanto, S., & Suhana, N. (2022). Performa Bata Beton (Paving Block) Yang Dibuat Dari Beton Daur Ulang Dan Serat Kantong Plastik: Studi Eksperimental. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*, 8(1), 30–37. <https://doi.org/10.31943/jri.v8i1.164>
- Syahrul, (2022). Kinerja Beton Mengandung Agregat Kasar Daur Ulang Limbah Bongkahan Beton. *Teknik Sipil*, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda Adolph, R. (2016).
- Yazid, M., Rizki Ramadhan Husaini, & Gefry. (2023). Penggunaan Limbah Plastik Polypropylene sebagai Substitusi Semen pada Paving Block. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sipil*, 2(1), 34–38. <https://doi.org/10.56208/jtrs.v2.i1-hal34-38>

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.idHalaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Karakteristik Limbah Plastik HDPE dan Material Agregat Alam Untuk Campuran Perkerasan Lapis Antara Asphalt Concrete – Wearing Course(AC-WC)

Nabila Sekar Ayu ^a, Ari Widayanti ^b

^a Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

^b Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

email: ^anabilasekar.21023@mhs.unesa.ac.id, ^bariwidayanti@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 24 Juli 2025

Revisi 2 Oktober 2025

Diterima 19 Oktober 2025

Online 25 Desember 2025

Kata kunci:

HDPE

Agregat

Karakteristik Agregat

AC-WC

ABSTRAK

Permasalahan limbah plastik, khususnya jenis High-Density Polyethylene (HDPE), semakin meningkat dan berdampak signifikan terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah plastik HDPE sebagai substitusi agregat halus dalam campuran aspal beton lapis aus (AC-WC). Pengujian dilakukan terhadap karakteristik fisik limbah plastik dan agregat alam, dengan mengacu pada spesifikasi teknis Bina Marga 2018 dan SNI terkait. Hasil pengujian menunjukkan bahwa HDPE memiliki berat jenis 0,959 g/cm³ dan daya serap 0,00%, memenuhi batas spesifikasi dan menunjukkan porositas sangat rendah. Agregat alam yang digunakan juga memenuhi syarat berat jenis minimum $\geq 2,5$ g/cm³ dan nilai penyerapan maksimum $< 3\%$. Dengan demikian, baik limbah HDPE maupun agregat alam yang diuji dinyatakan layak digunakan dalam campuran aspal AC-WC karena memiliki karakteristik fisik yang mendukung stabilitas dan durabilitas perkerasan.

Characteristics of HDPE Plastic Waste and Natural Aggregates for Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Mixtures

ARTICLE INFO

Keywords:

HDPE

Natural Aggregate

Aggregate Characteristics

AC-WC

ABSTRACT

The increasing issue of plastic waste, particularly High-Density Polyethylene (HDPE), poses a significant threat to the environment. This study aims to utilize HDPE plastic waste as a substitute for fine aggregate in asphalt concrete wearing course (AC-WC) mixtures. Laboratory tests were conducted to evaluate the physical characteristics of both HDPE and natural aggregates, based on the 2018 Bina Marga specifications and relevant Indonesian National Standards (SNI). The results indicate that HDPE has a specific gravity of 0.959 g/cm³ and a water absorption value of 0.00%, fulfilling specification limits and demonstrating extremely low porosity. The natural aggregates also met the minimum specific gravity requirement of ≥ 2.5 g/cm³ and a maximum water absorption of $< 3\%$. Therefore, both HDPE waste and the tested aggregates are deemed suitable for AC-WC mixtures, offering good potential in terms of stability and durability in pavement applications.

Ayu, N. S., & Widayanti, A.. (2025). Karakteristik Limbah Plastik HDPE dan Material Agregat Alam Untuk Campuran Perkerasan Lapis Antara Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) . MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi, v3 (n3), 267-276.

1. Pendahuluan

Jalan raya memiliki peran penting untuk mendorong distribusi barang dan jasa serta mobilitas penduduk, jalan merupakan infrastruktur dasar dan utama dalam menggerakkan roda perekonomian nasional dan lokal. Ketersediaan rute adalah syarat utama agar dapat masuk ke suatu wilayah. Untuk mencapai tujuan ini, diperlukan persiapan konstruksi yang kuat, tahan lama, dan mempunyai ketahanan tinggi terhadap deformasi plastis (Wantoro et al., 2013). Salah satu jenis lapisan permukaan yang umum digunakan, termasuk di Indonesia adalah lapisan aspal beton (Laston) (Kunci et al., 2022).

Lapisan aspal beton (Laston), adalah elemen krusial dalam pembangunan jalan yang berfungsi sebagai lapisan permukaan. Selain memberikan kekuatan struktural, lapisan ini juga memiliki kemampuan kedap air yang melindungi bagian di bawahnya dari kerusakan yang disebabkan oleh air. Salah satu fungsinya adalah menahan beban dari roda kendaraan, sehingga jalan tetap aman dan awet. Oleh sebab itu, diperlukan adanya campuran aspal beton lapisan AC-WC yang memiliki sifat elastis serta kedap air untuk mengatasi permasalahan kerusakan jalan tersebut.

Sampah plastik merupakan permasalahan utama dalam beberapa dekade terakhir, penggunaan plastik sebagai kebutuhan rumah tangga seperti bungkus suatu produk terus meningkat. Pemakaian produk plastik yang semakin hari semakin tinggi dan tidak diimbangi penanganan maka menjadi ancaman bagi lingkungan (Gian, 2021). Terdapat 275 juta ton limbah plastik dihasilkan di 192 negara pesisir pada tahun 2010, dengan jumlah 4,8 - 12,7 juta ton memasuki lautan. Indonesia menduduki peringkat kedua sebagai negara dengan sampah plastik tak terkelola terbanyak di dunia, yaitu 3,22 juta ton sampah plastik (Jambeck et al., 2015). Oleh karena itu perlu adanya penanganan dan pengolahan limbah plastik khususnya jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) seperti sampah botol detergen, botol sabun, dan botol susu.



Gambar 1 Limbah Plastik HDPE

Sumber: Dokumetasi Pribadi

Plastik jenis HDPE ini memiliki karakteristik kedap air dan tahan terhadap suhu panas yang tinggi sehingga dapat dilakukan upaya daur ulang salah satunya menjadi agregat halus pada perkerasan jalan aspal beton AC-WC. Limbah plastik HDPE dapat menjadi substitusi agregat halus dalam campuran aspal beton, dan meningkatkan stabilitas dari campuran aspal beton. Oleh karena itu, pada Penelitian ini sampah plastik jenis HDPE yang digunakan berupa botol shampo berwarna putih keruh berasal dari TPS Jambangan Kota Surabaya. Penambahan limbah plastik HDPE sebagai substitusi agregat halus pada campuran perkerasan aspal diharapkan dapat mengurangi limbah sampah plastik secara signifikan.

Dalam penerapannya, limbah plastik HDPE tetap perlu dikombinasikan dengan material utama pembentuk campuran aspal, yaitu agregat batuan alam. Agregat merupakan komponen utama dalam campuran aspal yang berfungsi sebagai kerangka struktural dan penentu daya dukung perkerasan. Agregat alam, baik agregat kasar maupun halus, diperoleh dari proses alami seperti pelapukan dan erosi batuan (Sukirman, 2016), serta telah terbukti mampu menyediakan kestabilan volume dan struktur campuran. Dengan menggabungkan limbah plastik HDPE dan agregat batuan alam, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik mekanis campuran aspal serta menilai potensi limbah plastik sebagai material alternatif dalam mendukung efisiensi penggunaan sumber daya dan pengurangan dampak lingkungan dari sektor konstruksi jalan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Jenis Campuran Aspal

Campuran aspal merupakan kombinasi antara agregat (kasar, halus, dan filler) dengan bahan pengikat aspal. Menurut Bina Marga Tahun 2018, Berdasarkan letaknya dalam struktur perkerasan, campuran aspal terbagi menjadi tiga jenis utama, yaitu AC-Base (lapis pondasi), AC-BC (lapis antara), dan AC-WC (lapis aus). AC-WC harus memiliki tekstur permukaan yang halus, tahan aus, dan kedap air. Lapis perkerasan ini terletak di antara lapisan *subbase* dan lapisan permukaan yang dikenal sebagai lapisan pondasi bawah atau lapisan peralihan. Dikenal dengan istilah *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC), lapisan ini memiliki ukuran agregat maksimum sebesar 25,4 mm dan memerlukan ketebalan nominal minimum sebesar 5 cm (Sukirman, 2016).

2.2 Aspal

Aspal adalah material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak atau cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan perkerasan. jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (Sukirman, 2010).

Menurut (Sukirman, 2012), aspal digunakan sebagai material dalam perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- a. Bahan Pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dengan agregat dan antara sesama aspal.
- b. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dalam pori-pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri.

2.3 Agregat Kasar

(Pusjatan, 2019) menyatakan agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan No. 8 (2,36 mm) dan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm). Sedangkan menurut SNI 1969:2008, agregat kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butir antara No. 4 (4,75 mm) sampai 40 mm (1,5 inch). Ukuran maksimum agregat untuk AC-WC adalah 19 mm. Perlu dilakukan pegujian agregat untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik agregat sebelum digunakan sebagai bahan campuran beraspal panas. sesuai dengan syarat Spesifikasi Umum Binamarga yang ditunjukkan pada Tabel berikut:

Tabel 1 Spesifikasi Agregat Kasar (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks.12
	Magnesiaum Sulfat		Maks.18%
Abrasi dengan mesin Los Angles	Campuran AC modifikasi dan SMA	SNI 2417:2008	Maks.6%
	100 putaran		
	500 putaran		Maks.30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya		Maks.8%
	100 putaran		
	500 putaran		Maks.40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min 95%
Butir pecah pada agregat kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90
	Lainnya		95/90
Partikel pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10	Maks.5%
	Lainnya	Perbandingan 1:5	Maks.10%
Material lolos ayakan No.200		SNI ASTM C117:2012	Maks.1%

2.4 Agregat Halus

Berdasarkan SNI 03-6819-2002, agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.8 (2,36 mm). agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Agregat halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu. Agar dapat memenuhi ketentuan mutu, batu pecah halus harus diproduksi dari batu yang bersih. Perlu dilakukan pengujian agregat untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik agregat halus sebelum digunakan sebagai bahan campuran beraspal panas, sesuai dengan syarat Spesifikasi Umum Binamarga yang ditunjukkan pada Tabel berikut:

Tabel 2 Spesifikasi Agregat Halus (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min.45%
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks.1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks.10%

2.5 Filler Semen

Filler Agregat sangat halus (*filler*) adalah agregat yang lebih kecil dari 75 mikron atau lolos saringan No.200 dengan persentase berat yang lolos minimal 75%. Fungsi *filler* adalah sebagai pengisi pada pembuatan campuran aspal. Pada umumnya *filler* yang paling sering digunakan pada perkerasan aspal adalah abu batu atau semen, tetapi pada penelitian ini *filler* yang digunakan adalah semen. Dalam penelitian ini *filler geopolimer* akan mengganti seluruh persentase *filler* yang di dapat pada perencanaan *mix design*. Persyaratan spesifikasi *filler* menurut Bina Marga ditunjukkan dalam Tabel berikut:

Tabel 3 Spesifikasi Filler Sesuai (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

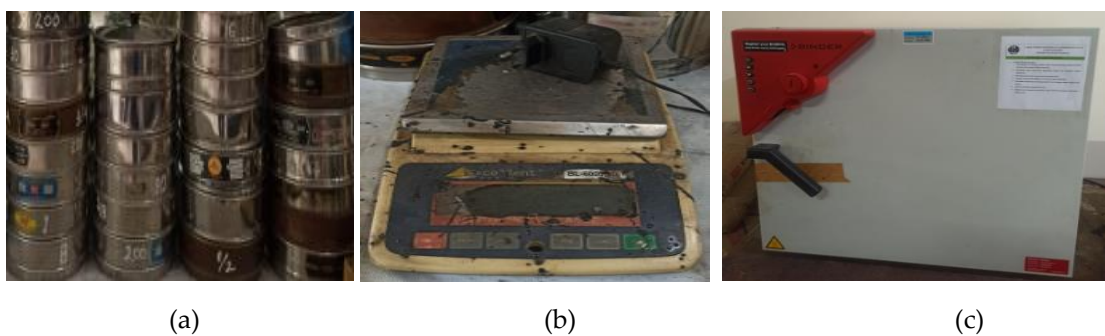
Sifat-sifat	Metode Pengujian	Persyaratan
Berat butiran yang lolos ayakan 75 mikron	SNI ASTM C136: 2012	$\geq 75 \%$

3. Metode Penelitian

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini bersifat eksperimental, dengan rangkaian tahapan sistematis yang dilakukan di laboratorium guna memperoleh data karakteristik campuran. Hasil yang diperoleh kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan parameter kinerja yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 sebagai acuan evaluasi kualitas campuran.

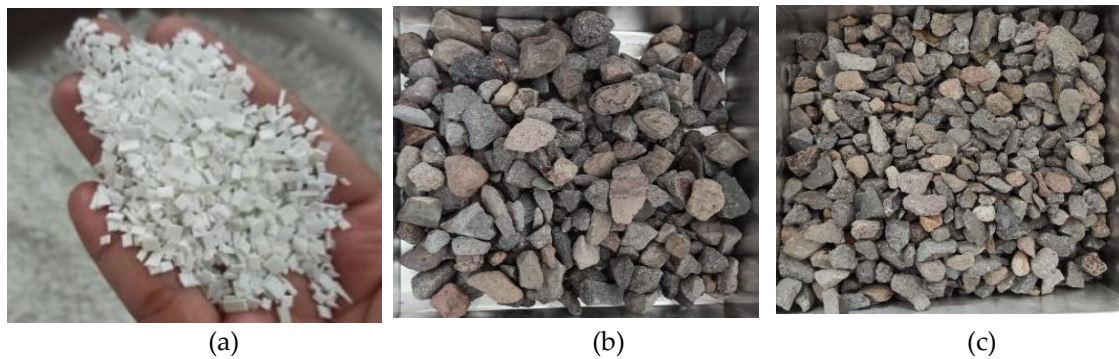
3.1. Alat dan Material

Dalam penelitian ini, data dikumpulkan menggunakan berbagai peralatan yang sesuai standar. Pengukuran ukuran dan kelolosan butiran agregat dilakukan dengan saringan, pengeringan agregat dilakukan menggunakan oven, dan penimbangan berat agregat dilakukan dengan timbangan digital. Material yang digunakan terdiri atas agregat kasar, medium, halus, serta cacahan limbah plastik HDPE. Alat dan material tersebut akan dijelaskan lebih lanjut pada bagian berikut:



Gambar 2. Alat Penelitian: (a) Satu Set Saringan; (b) Oven; dan (c) Timbangan Digital

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025



Gambar 3. Material: (a) Limbah Plastik HDPE; (b) Agregat Alam Kasar; dan (c) Agregat Alam Halus

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Karakteristik Limbah Plastik HDPE

Penelitian ini menggunakan limbah plastik jenis HDPE yang bersumber dari Tempat Pengolahan Sampah (TPS) 3R Jambangan, Surabaya. Limbah tersebut dikumpulkan kemudian dicacah menjadi potongan kecil agar sesuai untuk digunakan dalam campuran perkerasan. Pengujian terhadap limbah plastik HDPE yang akan dimanfaatkan dalam campuran aspal lapis aus (AC-WC) dilakukan berdasarkan spesifikasi teknis dari Bina Marga tahun 2018. Hasil pengujian yang mencakup parameter berat jenis dan daya serap disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4. Pengujian Cacahan Plastik HDPE (Penulis, 2025)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1.	Berat jenis curah kering (bulk)	0,959 gr/cm ³	0,941- 0,965	Memenuhi
2.	Berat jenis curah jenuh kering permukaan	0,959 gr/cm ³	0,941- 0,965	Memenuhi
3.	Berat jenis semu	0,959 gr/cm ³	0,941- 0,965	Memenuhi
4.	Penyerapan	0,00%	<0,01%	Memenuhi

Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 3 tersebut diketahui bahwa hasil pengujian nilai penyerapan air sebesar 0,00 %, jauh di bawah batas <0,01 %, mengindikasikan hampir tidak ada air yang diserap oleh pori material, mencerminkan sifat pori sangat terbatas, rendahnya porositas, dan keawetan tinggi dalam kondisi kelembapan tinggi.

Hasil ini sejalan dengan studi oleh (Gawande et al., 2012) yang menyatakan bahwa limbah plastik jenis HDPE memiliki karakteristik fisik yang stabil dan tahan terhadap kelembaban, serta dapat meningkatkan kinerja campuran aspal dalam hal daya tahan dan ketahanan terhadap deformasi permanen.

4.2. Karakteristik Agregat Alam

Dalam penelitian ini, agregat alam berupa batu pecah diuji untuk mengetahui karakteristik masing-masing fraksinya. Salah satu pengujian yang telah dilakukan mencakup penentuan berat jenis dan daya serap agregat. Hasil dari pengujian tersebut disajikan pada tabel berikut:

Tabel 5. Hasil Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (Penulis, 2025)

Agregat Kasar Fraksi (10 – 15 mm)						
Jenis Pengujian	Satuan	Benda Uji		Rata-rata	spesifikasi	
		I	II		Min.	Maks.
Berat benda uji kering oven	(gr)	1977,5	1980,0	1978,75		
Berat benda uji kering permukaan (SSD)	(gr)	2021,5	2028	2024,75		
Berat benda uji dalam air	(gr)	1271,5	1279,0	1275,3		
Berat jenis bulk	(gr/cm ³)	2,637	2,644	2,640	2,5	
Berat jenis kering permukaan	(gr/cm ³)	2,695	2,708	2,701	2,5	
Berat jenis semu	(gr/cm ³)	2,801	2,825	2,813	2,5	
Penyerapan	(%)	2,23%	2,42%	2,3%		3%

Tabel 6. Hasil Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Medium (Penulis, 2025)

Agregat Medium Fraksi (5 - 10 mm)						
Jenis Pengujian	Satuan	Benda Uji		Rata-rata	spesifikasi	
		I	II		Min.	Maks.
Berat benda uji kering oven	(gr)	1978	1975	1976,5		
Berat benda uji kering permukaan (SSD)	(gr)	2026	2025,5	2025,8		
Berat benda uji dalam air	(gr)	1269,5	1270,0	1269,8		
Berat jenis bulk	(gr/cm ³)	2,615	2,614	2,614	2,5	
Berat jenis kering permukaan	(gr/cm ³)	2,678	2,681	2,680	2,5	
Berat jenis semu	(gr/cm ³)	2,792	2,801	2,797	2,5	
Penyerapan	(%)	2,43%	2,56%	2,5%		3%

Tabel 7. Hasil Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Medium (Penulis, 2025)

Agregat Halus Fraksi (0 - 5 mm)						
Jenis Pengujian	Satuan	Benda Uji		Rata-rata	spesifikasi	
		I	II		Min.	Maks.
Berat benda uji kering oven	(gr)	250	250	250		
Berat benda uji kering permukaan (SSD)	(gr)	248,5	249	248,8		
Berat benda uji dalam air	(gr)	689,5	689,5	689,6		
Berat jenis bulk	(gr/cm ³)	2,701	2,721	2,711	2,5	
Berat jenis kering	(gr/cm ³)	2,717	2,732	2,725	2,5	

Agregat Halus Fraksi (0 - 5 mm)						
Jenis Pengujian	Satuan	Benda Uji		Rata-rata	spesifikasi	
		I	II		Min.	Maks.
permukaan						
Berat jenis semu	(gr/cm³)	2,746	2,751	2,749	2,5	
Penyerapan	(%)	0,6%	0,4%	0,5%		3%

Pengujian terhadap agregat fraksi kasar (10–15 mm), medium (5–10 mm), dan halus (0–5 mm) menunjukkan bahwa seluruh fraksi memiliki nilai berat jenis bulk, SSD, dan semu di atas batas minimum standar teknis yaitu 2,5 gr/cm³. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa agregat memiliki kepadatan dan kualitas mineral yang baik yang penting untuk menghasilkan campuran aspal yang kokoh dan tahan lama.

Selain itu, nilai penyerapan air pada ketiga fraksi juga memenuhi batas maksimum yang disyaratkan, yakni di bawah 3%. Penyerapan tertinggi terdapat pada agregat medium sebesar 2,5%, sedangkan terendah pada agregat halus sebesar 0,5%. Nilai ini menunjukkan bahwa agregat tersebut memiliki porositas rendah hingga sedang, yang berarti mampu mengikat aspal dengan baik tanpa menyerap berlebihan, sehingga mengurangi risiko stripping atau pelepasan aspal dari agregat.

Hasil ini sejalan dengan temuan (Roberts dkk., 1996) dalam buku *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction*, yang menyatakan bahwa agregat yang memiliki berat jenis $\geq 2,5$ gr/cm³ dan penyerapan air $\leq 3\%$ dianggap memenuhi kualitas struktural dan daya tahan yang baik untuk campuran aspal panas. Nilai-nilai tersebut menjadi indikator penting dalam menjamin kelekatan agregat terhadap aspal dan mengontrol kadar aspal optimum dalam campuran.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilaksanakan dalam penelitian ini, beberapa kesimpulan dapat diambil, yaitu :

- Limbah plastik HDPE yang digunakan memiliki berat jenis sebesar 0,959 g/cm³ dan nilai penyerapan air 0,00%, yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 ($<0,01\%$). Hal ini menunjukkan bahwa HDPE memiliki porositas sangat rendah dan ketahanan tinggi terhadap kelembapan, sehingga layak digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran AC-WC.
- Dalam penelitian ini menunjukkan hasil pengujian penyerapan rata-rata untuk agregat alam fraksi 10-15 mm sebesar 2,3%, agregat alam fraksi 5-10 mm sebesar 2,5%, dan agregat alam fraksi 0-5 mm sebesar 0,5%. Seluruh fraksi agregat alam (kasar, medium, dan halus) memenuhi spesifikasi teknis SNI 1969:2008 dengan nilai berat jenis di atas 2,5 g/cm³ dan penyerapan air di bawah 3%. Ciri ini menunjukkan bahwa agregat yang digunakan memiliki kepadatan dan kualitas yang baik, serta cocok untuk mendukung kinerja campuran beraspal.

6. Ucapan Terima Kasih

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulisan jurnal ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada staff laboratorium yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak TPS 3R Jambangan Surabaya yang telah memberikan bantuan fasilitas dan data yang diperlukan selama proses penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga tercinta atas doa, dukungan moral, dan semangat yang senantiasa diberikan. Tidak lupa

pula, kepada rekan-rekan dan sahabat seperjuangan yang telah memberikan bantuan, motivasi, serta kerja sama yang baik selama proses penyusunan jurnal ini

7. Referensi

- Diretorate General of Highways. (2020). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Ministry of Public Works and Housing, Oktober, 1036.
- Gawande, A., Zamare, G., Renge, V. C., Tayde, S., & Bharsakale, G. (2012). *An overview on waste plastic utilization in asphalting of roads*. Journal of Engineering Research and Studies, 3(2), 1–5.
- Iftia, R. Magister, P., Sipil, T., Pascasarjana, P., & Riau, U. T. (2019). ANALISIS PERBANDINGAN KARAKTERISTIK MARSHALL TERHADAP PENAMBAHAN PLASTIK JENIS HDPE PADA CAMPURAN ASPAL DENGAN VARIASI UKURAN PEMOTONGAN PLASTIK
- Ika, O., Tias, K., & Suryadi, A. (2020). PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK HDPE SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN LASTON AC-WC. 1(September), 98–103.
- Jambeck, J. R., Roland, G., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. Science, 347(6223), 764–768.
- Kunci, K., Beton, A., & Laut, P. (2022). PENGARUH PENGGUNAAN PLASTIK JENIS HDPE (High Density Polyethylene) DENGAN PASIR LAUT TERHADAP DAYA TAHAN LAPIS PERKERASAN ASPAL BETON. 10(1).
- Mudjanarko, S. W., & Limantara, D. (n.d.). *STUDI PENGGUNAAN VARIASI CAMPURAN MATERIAL PLASTIK JENIS HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) PADA CAMPURAN BERASPAL UNTUK LAPIS AUS AC- WC (ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE)*. 8, 222–233.
- Nofriandi, I., Alamsyah, W., & Lydia, E. N. (2023). Studi Penambahan Variasi Campuran Plastik Jenis Hdpe Pada Campuran Aspal Penetrasi 60/70 Untuk Lapis Aus Ac-Wc. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(2), 116–123. <https://doi.org/10.24815/jts.v12i2.31207>
- Roberts, F. L., Kandhal, P. S., Brown, E. R., Lee, D. Y., & Kennedy, T. W. (1996). *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction*. National Asphalt Pavement Association Research and Education Foundation.
- Saodang, H. (2005). Perancangan Perkerasan Jalan Raya. In *Nova Bandung*.
- Sukirman, S. 1999. Perkerasan Lentur Jalan raya. Nova, Bandung
- Tajudin, A. N., & Suparma, L. B. (2017). Analisis Indeks Stabilitas Sisa Pada Campuran Asphalt Concrete Dengan Penggunaan Limbah Plastik Sebagai Agregat Pengganti. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan*, 1(1), 272–280. <https://doi.org/10.24912/jmstkik.v1i1.439>
- Tenrianjeng, A. T. (2012). Rekayasa Jalan Raya-2. In *Universitas Gunadharma* (p. 5).

Universitas, T. (2021). *Jurnal Teknik Sipil Unaya Jurnal Teknik Sipil Unaya*. 7(1), 23–29.

Wantoro, W., Kusumaningrum, D., Setiadi, B. H., Kushardjoko, W., Sipil, J. T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2013). Pengaruh Penambahan Plastik Bekas Tipe Low Density Polyethylene (Ldpe) Terhadap Kinerja Campuran Beraspal. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 2(4), 1–16. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/3954>

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.idHalaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Analisis Kebutuhan Sarana Dan Prasarana Untuk Keselamatan Pada Perlintasan Sebidang Kereta Api

Muhammad Wafiq Ihtirom ^a, Dadang Supriyatno ^b

^a Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

^b Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

email: ^amuhammadwafiq.21062@mhs.unesa.ac.id, ^bdadangsupriyatno@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 1 Agustus 2025

Revisi 22 Oktober 2025

Diterima 1 November 2025

Online 25 Desember 2025

Kata kunci:

Perlntasan Sebidang

Keselamatan

Geometrik Jalan

Anggaran

ABSTRAK

Perlntasan sebidang kereta api merupakan titik kritis kecelakaan, terutama di wilayah perkotaan seperti Kota Surabaya. Penelitian ini bertujuan menganalisis kebutuhan sarana dan prasarana keselamatan pada JPL 14 di Jalan Bung Tomo. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif melalui survei lapangan, inventarisasi kondisi eksisting, dan analisis teknis berdasarkan regulasi nasional. Hasil penelitian menunjukkan kondisi geometrik jalan tidak memenuhi standar dengan kemiringan melebihi batas yang ditentukan. Beberapa sarana keselamatan seperti rambu, marka, dan APILL belum tersedia atau dalam kondisi rusak, sementara palang pintu dan sistem persinyalan masih berfungsi baik berkat perawatan rutin oleh PT KAI. Berdasarkan temuan tersebut, disusun rekomendasi layout perlntasan dan rencana anggaran rehabilitasi senilai Rp.142.225.969. Penelitian ini diharapkan menjadi acuan bagi instansi terkait dalam perbaikan keselamatan perlntasan sebidang.

Analysis Of Infrastructure And Facility Needs For Safety At Level Crossings Of Railway Lines

ARTICLE INFO

Keywords:

Level Crossing

Safety

Road Geometry

Budget

Ihtirom, M. W., & Supriyatno, D. (2025). Analisis Kebutuhan Sarana Prasarana Keselamatan Pada Perlntasan Sebidang Kereta Api. MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. V3 (n3), 277-284.

ABSTRACT

Railway level crossings are critical points in urban transportation systems with high accident risks, particularly in cities like Surabaya. This study aims to analyze the safety infrastructure and facility needs at JPL 14, located on Bung Tomo Street. A descriptive quantitative method was applied through field surveys, inventory of existing conditions, and technical analysis based on national regulations. The findings indicate that the road geometry does not meet technical standards, with slope gradients exceeding the allowable limit. Several safety facilities such as signs, markings, and APILL are either missing or in poor condition. However, the crossing gate and signaling system are in good condition due to regular maintenance by PT KAI. Based on these findings, a layout recommendation and rehabilitation budget plan totaling IDR 142.225.969 were developed. This study is expected to serve as a reference for stakeholders in improving safety at level crossings.

© 2025 MITRANS : Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

1. Pendahuluan

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi yang memiliki karakteristik pengangkutan massal yang efektif di Indonesia, hal tersebut membuat kereta api menjadi salah satu moda transportasi yang banyak digunakan hal tersebut ditunjukan dengan jumlah penumpang mencapai 371.538 orang selama tahun 2023 (BPS, 2023). Dengan tingginya penggunaan moda transportasi kereta

api akan selaras dengan banyaknya perjalanan kereta api hal tersebut juga berhubungan dengan aspek keselamatan, khususnya pada perlintasan sebidang yang menjadi titik rawan kecelakaan.

Berdasarkan PM Perhub No. 94 Tahun 2018 Tentang Peningkatan Keselamatan Perlintasan Sebidang Antara Jalur Kereta Api Dengan Jalan, perlintasan sebidang adalah perpotongan antara jalan dengan jalur kereta api. Pada perlintasan sebidang keberadaan fasilitas keselamatan yang memadai sangat penting karena berpengaruh langsung terhadap keselamatan pengendara yang melintas. peralatan keselamatan pada perlintasan sebidang mencakup berbagai komponen yang berfungsi untuk memperingati dan melindungi pengguna jalan dari potensi bahaya akibat melintasnya kereta api. Peralatan keselamatan meliputi portal pengaman untuk membatasi akses kendaraan, isyarat lampu peringatan atau larangan yang memberikan tanda visual, isyarat suara sebagai peringatan auditori, isyarat tulisan berjalan (*variable message sign*) untuk menyampaikan informasi secara dinamis, alat pendeteksi kedatangan kereta api, serta sistem pengendali utama yang mengatur kerja seluruh peralatan secara terpadu. Selain itu, ketersediaan catu daya yang andal menjadi komponen penting untuk memastikan seluruh peralatan berfungsi dengan optimal tanpa gangguan. Keberadaan dan kelengkapan peralatan ini sangat berperan dalam meningkatkan keselamatan dan mengurangi risiko kecelakaan di perlintasan sebidang. Keberadaan peralatan keselamatan harus dipenuhi oleh seluruh perlintasan sebidang dan harus diawasi kelayakannya untuk memberikan keamanan terhadap pengendara yang melintas (PM No. 94 Tahun 2018).

Indikator keselamatan tidak terlepas dari angka kecelakaan yang terjadi pada perlintasan sebidang. Pada tahun 2024 terdapat kasus kecelakaan hingga 535 kasus kecelakaan kereta api di Indonesia (Syafaruddin, 2024). Sedangkan di wilayah DAOP VIII Surabaya terjadi 57 kasus kecelakaan (Sudrajat, 2024) dari data kecelakaan tersebut menunjukkan bahwa perlintasan sebidang menjadi area berbahaya yang berisiko tinggi. Kecelakaan kereta api di perlintasan sebidang dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain kelalaian dari pengguna jalan, kelalaian petugas penjaga pintu perlintasan, kurangnya prasarana, kerusakan fasilitas, ketidak sesuaian fasilitas dengan peraturan, serta masalah teknis seperti kerusakan pada peralatan pintu perlintasan. Permasalahan keselamatan di perlintasan sebidang ini semakin menjadi fokus utama di Indonesia, jika tidak segera melakukan penyesuaian angka kecelakaan di perlintasan sebidang tidak dapat menurun dan cenderung semakin meningkat.

Berdasarkan PM Perhub No. 94 Tahun 2018 Tentang Peningkatan Keselamatan Perlintasan Sebidang Antara Jalur Kereta Api Dengan Jalan, perlintasan sebidang adalah perpotongan antara jalan dengan jalur kereta api, wilayah DAOP VIII Surabaya terdapat 682 JPL. Pada Kota Surabaya sendiri terdapat 93 JPL, sedangkan untuk wilayah Surabaya selatan terdapat 22 JPL resmi maupun tak resmi. Pada penelitian ini berfokus pada JPL yang terdapat di jalan Kota/Perkotaan yang meliputi JPL 14 Jalan Bung Tomo dan JPL 18 Jalan Jagir. JPL 14 dipilih karena memiliki permasalahan lebih kompleks yang meliputi kondisi geometrik jalan, kebutuhan, kondisi sarana dan prasarana yang ada pada perlintasan sebidang.

Menurut data lalu lintas harian rata-rata Dinas Perhubungan Kota Surabaya tahun 2024 pada JPL 14 yang terletak di Jalan Bung Tomo merupakan ruas jalan yang memiliki 2 arah 4 lajur dengan derajat kejenuhan mencapai 0,64 dengan *level of service* pada level C, hal tersebut dapat terjadi karena kondisi perlintasan sebidang yang memiliki geometrik lebih tinggi dari jalan raya yang dilewati oleh pengendara. Tentunya hal tersebut yang mendasari penelitian untuk meningkatkan keselamatan pada JPL 14 dengan melakukan analisis kondisi geometrik jalan, kebutuhan, kondisi sarana dan prasarana yang ada pada perlintasan sebidang. Melalui survei langsung pada titik yang telah ditentukan data yang diperlukan akan dikumpulkan untuk mengetahui bagaimana kebutuhan dan kondisi prasarana yang ada. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan rekomendasi bagi PT Kereta Api Indonesia untuk peningkatan keselamatan pada perlintasan sebidang yang khususnya pada JPL 14.

2. State of the Art

2.1. Darmawan et al., (2021)

Dalam penelitiannya yang berjudul Kajian Perlintasan sebidang kereta api No 112A Km 93+100 Desa Dadirejo Kecamatan Tirto Kabupaten Pekalongan. Menjelaskan bahwa perlintasan sebidang merupakan titik kritis terjadinya kecelakaan lalu lintas karena minimnya fasilitas keselamatan seperti rambu, marka, dan sistem sinyal otomatis. Penelitian ini menekankan bahwa keterbatasan prasarana menjadi penyebab utama rendahnya keselamatan pada perlintasan kereta api.

2.2. Utomo (2021)

Dalam penelitiannya yang berjudul Analisa Kebutuhan Ruang Pandangan Bebas Pada Perlintasan Sebidang Tanpa Palang Pintu Di Desa Gelam, Kabupaten Sidoarjo. Ditemukan bahwa banyak daerah perlintasan sebidang belum dilengkapi fasilitas keselamatan yang memadai, seperti palang pintu kereta, rambu larangan dan rambu peringatan. Frekuensi kecelakaan di perlintasan yang diteliti menunjukkan angka yang signifikan, dengan penyebab utama adalah kelalaian pengguna jalan. Rekomendasi untuk meningkatkan sarana keselamatan, termasuk pemasangan palang pintu dan peningkatan visibilitas rambu peringatan.

2.3. Suryanto et al., (2023)

Dalam penelitiannya yang berjudul Identifikasi Resiko Kecelakaan Perlintasan Sebidang Di Jalan Sorowajan Baru, Kota Yogyakarta. Kinerja perlintasan sebidang JPL 348 tidak memenuhi semua standar teknis yang ditetapkan, dengan beberapa aspek yang perlu diperbaiki. Rekomendasi untuk meningkatkan keselamatan perlintasan dengan memperbaiki sarana dan prasarana yang ada, serta melengkapi rambu dan marka jalan.

2.4. Kelo et al., (2020)

Dalam penelitiannya yang berjudul Evaluasi Perlintasan Sebidang Jalan Rel Dengan Jalan Raya Di Kota Semarang (Studi Kasus Perlintasan Sebidang Di Jalan Sadewa, Jembawan Raya Dan Stasiun Jragung). Berdasarkan Hasil evaluasi menunjukkan bahwa perlintasan sebidang di Jalan Sadewa, Stasiun Jragung, dan Jembawan Raya tidak memenuhi standar teknis yang dipersyaratkan untuk perlintasan sebidang, yaitu dengan volume lalu lintas kurang dari 35.000 smpk. Selain itu, kapasitas ruas jalan di Jalan Sadewa dan sekitar Stasiun Jragung telah melampaui batas ideal (nilai Derajat Kejenuhan $> 0,75$), yang mengindikasikan perlunya penanganan lebih lanjut. Oleh karena itu, disarankan agar perlintasan tersebut ditingkatkan menjadi perlintasan tidak sebidang, seperti pembangunan flyover atau underpass. Meskipun saat ini panjang antrian dan tundaan masih berada dalam ambang batas yang diperbolehkan, tingginya volume kendaraan menunjukkan bahwa pelebaran jalan juga perlu dipertimbangkan sebagai bagian dari solusi.

2.5. Handoko, Imron, N. A., dan Leliana, A. (2024).

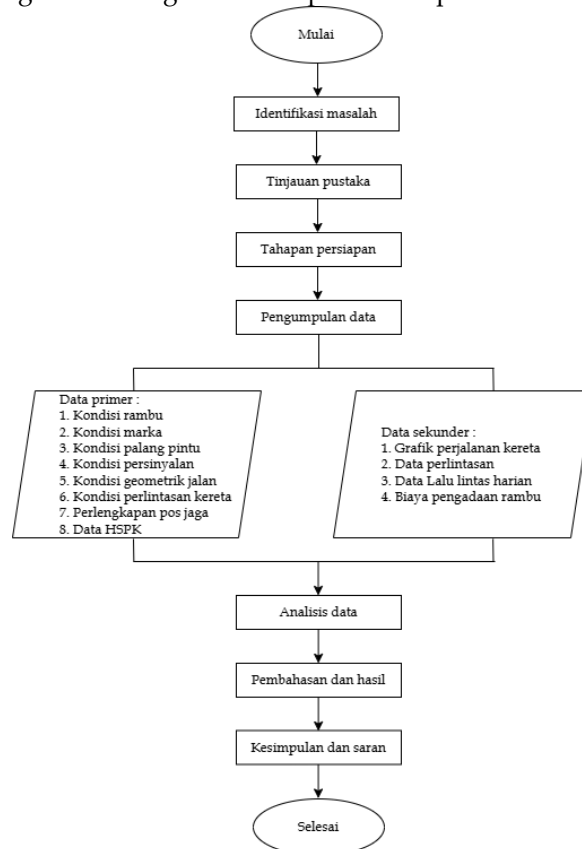
Dalam penelitiannya yang berjudul Studi Keamanan Dan Keselamatan Pengguna Jalan Raya Pada Perlintasan Sebidang Resmi Tidak Dijaga: Studi Kasus: Desa Klegen Serut. Ditemukan bahwa perlintasan sebidang di Desa Klegen Serut tidak dilengkapi dengan palang pintu dan sistem peringatan yang memadai, meningkatkan risiko kecelakaan. Volume lalu lintas pada jam sibuk mencapai 78,5 smp/jam, sedangkan kapasitas jalan adalah 1313 smp/jam, menunjukkan derajat kejenuhan yang rendah (0,05).

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mengevaluasi kondisi sarana dan prasarana keselamatan pada perlintasan sebidang kereta api JPL 14 di Jalan Bung Tomo, Kota Surabaya. Pendekatan ini dipilih untuk menggambarkan secara sistematis kondisi eksisting di lapangan serta mengidentifikasi potensi risiko kecelakaan berdasarkan ketidaksesuaian terhadap standar teknis keselamatan nasional. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan dengan melakukan observasi langsung terhadap elemen-elemen keselamatan, seperti geometri jalan, ketersediaan palang pintu, rambu lalu lintas, sinyal peringatan, marka jalan, dan pos jaga. Observasi ini dilengkapi dengan

dokumentasi visual berupa foto dan catatan lapangan. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari instansi terkait seperti PT Kereta Api Indonesia dan Dinas Perhubungan Kota Surabaya yang mencakup informasi mengenai jumlah kecelakaan, frekuensi kereta, volume lalu lintas kendaraan, serta peraturan-peraturan teknis yang relevan.

Analisis dilakukan dengan membandingkan data kondisi eksisting terhadap ketentuan yang tercantum dalam Peraturan Dirjen Perhubungan Darat No. SK.770 Tahun 2005, Peraturan Dirjen Perhubungan Darat No.SK.407 Tahun 2018 dan Peraturan PM No. 94 Tahun 2018 tentang Peningkatan Keselamatan di Perlintasan Sebidang. Evaluasi difokuskan pada kesesuaian aspek teknis fasilitas keselamatan, meliputi keberadaan dan kelengkapan rambu, fungsi palang pintu dan sistem isyarat, jarak pandang bebas bagi pengguna jalan dan kereta yang melintas, serta tingkat kepadatan lalu lintas. Proses analisis dilakukan secara sistematis melalui tahapan identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, inventarisasi kondisi eksisting, analisis kesesuaian terhadap regulasi, serta penyusunan rekomendasi teknis yang disesuaikan dengan kondisi aktual di lapangan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi faktor pertimbangan teknis bagi instansi terkait dalam upaya peningkatan keselamatan perlintasan sebidang, khususnya di lokasi studi JPL 14. Dalam penelitian memiliki alur penelitian untuk memperjelas langkah-langkah dari awal sampai akhir yang divisualisasikan dengan bagan alir. Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir

Diagram alir pada Gambar 1 menggambarkan tahapan penelitian yang diawali dengan persiapan dan identifikasi masalah terkait keselamatan perlintasan sebidang kereta api, khususnya pada JPL 14 di Jalan Bung Tomo, Kota Surabaya. Tahap ini dilanjutkan dengan pengumpulan data, yang terdiri dari data primer melalui survei lapangan berupa observasi kondisi geometrik jalan, keberadaan rambu, palang pintu, marka, dan pos jaga, serta data sekunder dari instansi terkait seperti PT Kereta Api Indonesia dan Dinas Perhubungan Kota Surabaya yang mencakup data frekuensi perjalanan kereta api dan volume lalu lintas harian. Selanjutnya dilakukan inventarisasi dan pengolahan data, yaitu dengan membandingkan kondisi eksisting di lapangan terhadap standar teknis yang ditetapkan dalam regulasi seperti Peraturan Dirjen Perhubungan Darat No. SK.770 Tahun 2005, Peraturan Dirjen Perhubungan Darat No.SK.407 Tahun 2018 dan PM No. 94 Tahun 2018. Setelah itu, dilakukan analisis

dan evaluasi teknis untuk menilai tingkat kesesuaian fasilitas keselamatan serta identifikasi kebutuhan peningkatan sarana dan prasarana pada lokasi penelitian. Tahapan akhir dari diagram alir ini adalah penyusunan kesimpulan dan rekomendasi, yang berupa usulan teknis dan layout peningkatan fasilitas keselamatan yang mendukung pengurangan risiko kecelakaan di perlintasan sebidang JPL 14.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Inventarisasi Sarana Prasarana Keselamatan

Perlindungan sebidang kereta api merupakan titik kritis dalam sistem transportasi darat yang memiliki potensi risiko kecelakaan tinggi, terutama ketika sarana dan prasarana keselamatan tidak memadai. Studi ini difokuskan pada perlintasan sebidang JPL 14 di Jalan Bung Tomo, Surabaya, yang terletak pada wilayah operasional DAOP VIII PT Kereta Api Indonesia. Penelitian dilakukan dengan menginventarisasi dan mengevaluasi kondisi eksisting sarana dan prasarana keselamatan, seperti rambu lalu lintas, marka jalan, palang pintu, pos jaga, sinyal peringatan, dan ruang pandang bebas. Metode analisis yang digunakan mengacu pada standar teknis di Indonesia, yakni Peraturan Dirjen Perhubungan Darat No. SK.770 Tahun 2005, Peraturan Dirjen Perhubungan Darat No.SK.407 Tahun 2018 dan PM No. 94 Tahun 2018. Analisis inventarisasi di lapangan dijabarkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Inventarisasi Sarana dan Prasarana (Sumber: Hasil Penelitian, 2025)

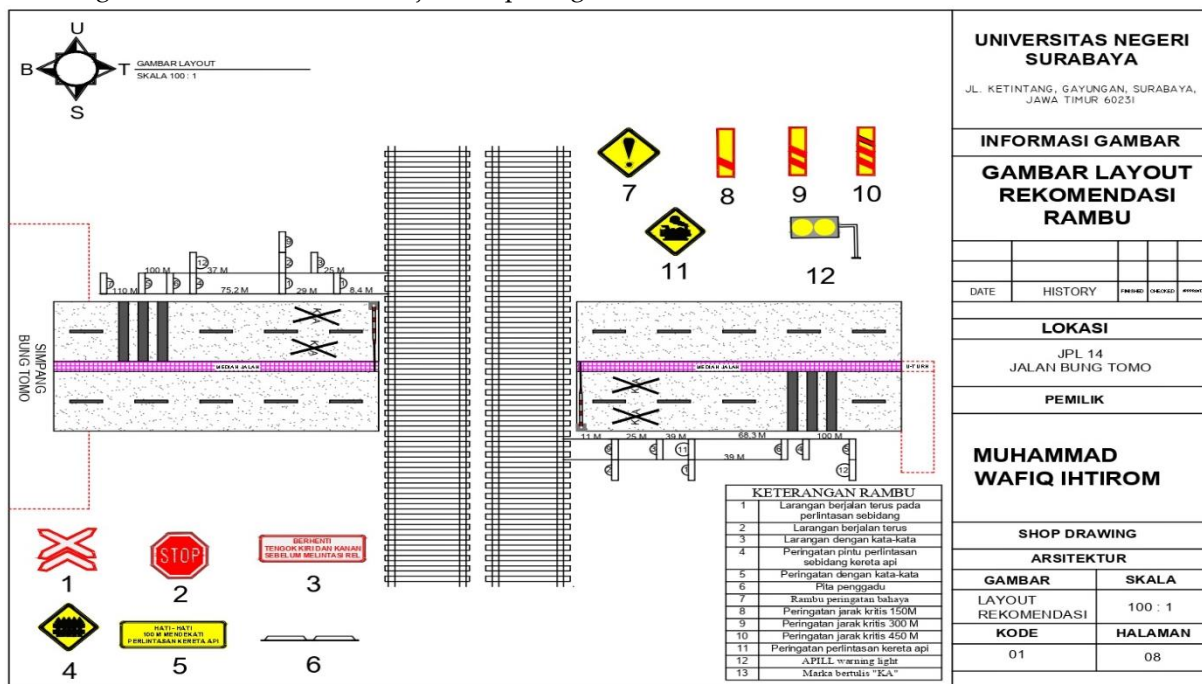
No	Sarana dan Prasarana	Ketersediaan		Kondisi
		Timur	Barat	
1.	Peringatan pintu perlintasan sebidang kereta api	Tersedia	Tersedia	Baik
2.	Peringatan perlintasan sebidang kereta api tanpa pintu	Tersedia	Tidak Tersedia	Baik
3.	Peringatan jarak kritis 450,300, 150 meter	Tidak Tersedia	Tidak Tersedia	-
4.	Peringatan dengan kata-kata	Tidak Tersedia	Tidak Tersedia	-
5.	Larangan berjalan terus	Tersedia	Tersedia	Baik
6.	Larangan berjalan terus pada perlintasan sebidang	(Belum sesuai)	Tersedia	Kurang baik
7.	Larangan memutar balik	Tersedia	Tersedia	Baik
8.	Larangan dengankata-kata	Tidak Tersedia	Tidak Tersedia	-
9.	Marka perlintasan sebidang	Tidak Tersedia	Tidak Tersedia	-
10.	Marka lambang bertulis "KA"	Tidak Tersedia	Tidak Tersedia	-
11.	Pita penggaduh	Tersedia	Tersedia	Kurang baik (Pudar)
12.	APILL warning light	Tidak Tersedia	Tidak Tersedia	-
13.	Palang pintu perlintasan	Tersedia	Tersedia	Baik

Berdasarkan hasil inventarisasi pada Tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa sebagian rambu dan marka keselamatan di perlintasan JPL 14 masih belum terpenuhi secara lengkap dan sesuai standar.

Meskipun beberapa rambu peringatan seperti larangan berjalan terus dan larangan memutar balik telah tersedia dalam kondisi baik, namun terdapat sejumlah kekurangan yang cukup signifikan. Rambu-rambu penting seperti peringatan jarak kritis (450 m, 300 m, dan 150 m), peringatan dengan kata-kata, serta larangan dengan kata-kata belum tersedia di kedua arah perlintasan. Selain itu, marka jalan yang berfungsi sebagai panduan visual bagi pengguna jalan seperti marka perlintasan sebidang dan lambang “KA” juga tidak ditemukan di lapangan. Kondisi pita pengaduh yang tersedia juga dinilai kurang baik karena tingkat keausannya yang tinggi, sehingga efektivitasnya dalam memperingatkan pengguna jalan menjadi menurun. Sedangkan untuk Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) berupa *warning light* yang seharusnya memberikan sinyal visual tambahan juga tidak tersedia, padahal komponen ini sangat penting untuk mendukung keselamatan pengguna jalan, terutama pada malam hari atau saat cuaca buruk. Belum terpenuhinya aspek keselamatan tersebut menunjukkan perlunya penambahan dan perbaikan sarana, agar perlintasan JPL 14 dapat memenuhi standar keselamatan minimum dan meminimalkan risiko kecelakaan di lokasi tersebut.

4.2. Rekomendasi Layout Gambar

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan sarana prasarana keselamatan yang menunjukkan ketersediaan dan kondisi, diperlukan upaya penyusunan rekomendasi pada JPL 14 Jalan Bung Tomo, Kota Surabaya. Rekomendasi ini digunakan sebagai upaya peningkatan keselamatan pada area perlintasan sebidang. Hasil rekomendasi ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Gambar Rekomendasi (Sumber: Hasil Penelitian, 2025)

4.3. Anggaran Biaya Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis kondisi eksisting perlintasan dan evaluasi kebutuhan peningkatan keselamatan di JPL 14, maka diperlukan sejumlah penambahan sarana dan prasarana jalan guna mendukung standar keselamatan minimum sesuai peraturan yang berlaku. Penentuan jenis dan volume pekerjaan dilakukan berdasarkan hasil inventarisasi di lapangan dan mengacu pada regulasi teknis yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. Anggaran biaya untuk pekerjaan penambahan sarana dan prasarana jalan ini disusun dengan mengacu pada harga satuan resmi dari Dinas Perhubungan Kota Surabaya. Rincian pekerjaan dan anggaran yang dibutuhkan untuk pelaksanaan tersebut disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Rencana Anggaran Biaya (Sumber: Hasil Penelitian, 2025)

No	Pekerjaan Penambahan Sarana Prasarana	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah
1.	Marka Jalan Thermoplastic AASHTO 98	m2	57,60	165.095,00	9.509.472,00
2.	Marka Pita Penggaduh Thermoplastic AASHTO 78	m3	2,88	659.929,00	1.900.595,52
2.	Daun Rambu Sedang	Buah	10,00	1.288.290,00	12.882.900,00
3.	Daun Rambu Besar	Buah	2,00	2.576.580,00	5.153.160,00
4.	Tiang Rambu (75cm)	Buah	14,00	544.500,00	7.623.000,00
5.	Pemasangan Warning Light Type 2 Solar Cell	Buah	2,00	52.578.421,00	105.156.842,00
Jumlah Harga Pekerjaan Penambahan Sarpras Jalan					142.225.969,52

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa total anggaran yang diperlukan untuk pelaksanaan pekerjaan penambahan sarana dan prasarana jalan pada perlintasan sebidang JPL 14 adalah sebesar Rp.142.225.969,52. Biaya tersebut mencakup pengadaan dan pemasangan marka jalan *thermoplastic*, pita penggaduh, rambu lalu lintas berbagai ukuran, tiang rambu, serta sistem *warning light* tipe solar cell. Setiap item dalam pekerjaan tersebut dipilih berdasarkan urgensi keselamatan dan hasil temuan langsung di lapangan. Dengan terlaksananya pekerjaan ini, diharapkan tingkat keselamatan pengguna jalan di sekitar perlintasan JPL 14 dapat meningkat secara signifikan dan potensi kecelakaan lalu lintas dapat ditekan. Rencana anggaran ini juga dapat dijadikan dasar pertimbangan bagi instansi terkait dalam proses penganggaran dan pelaksanaan di lapangan.

5. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan sarana dan prasarana keselamatan pada perlintasan sebidang kereta api JPL 14 di Jalan Bung Tomo, Kota Surabaya. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar elemen keselamatan di lokasi tersebut belum terpenuhi secara optimal dan tidak sesuai dengan pedoman teknis yang berlaku, seperti yang tercantum dalam Peraturan Dirjen Perhubungan Darat No. SK.770 Tahun 2005, Peraturan Dirjen Perhubungan Darat No.SK.407 Tahun 2018, serta PM No. 94 Tahun 2018. Dari hasil analisis terdapat beberapa sarana yang tidak tersedia atau dalam kondisi kurang baik, seperti rambu jarak kritis, marka jalan, APILL, serta pita penggaduh yang telah aus. Sementara itu, sarana lainnya seperti palang pintu dan sinyal peringatan masih berfungsi dengan baik berkat perawatan rutin oleh PT Kereta Api Indonesia. Sebagai bentuk tindak lanjut, telah disusun rekomendasi teknis berupa layout perlintasan dan rencana anggaran perbaikan dengan total biaya sebesar Rp142.225.969,52, yang mencakup pemasangan rambu, marka jalan, APILL, dan elemen keselamatan lainnya. Peningkatan ini diharapkan mampu meningkatkan visibilitas, memperkuat peringatan dini bagi pengguna jalan, serta menurunkan angka kecelakaan yang kerap terjadi di perlintasan sebidang. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi faktor pertimbangan bagi instansi terkait, khususnya PT Kereta Api Indonesia dan Dinas Perhubungan Kota Surabaya, dalam merencanakan program peningkatan keselamatan pada perlintasan sebidang, terutama di kawasan perkotaan dengan volume lalu lintas tinggi seperti JPL 14.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dadang Supriyatno selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan masukan, saran, serta arahan yang sangat berharga dalam proses penyusunan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada PT Kereta Api Indonesia dan Dinas Perhubungan Kota Surabaya atas bantuan dan kerja sama dalam memberikan data, informasi, serta akses lapangan yang diperlukan untuk kelancaran proses

penelitian. Segala bantuan dan kontribusi yang diberikan sangat berarti dalam menyelesaikan karya ilmiah ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menjadi kontribusi nyata dalam upaya peningkatan keselamatan perlintasan sebidang di Indonesia.

7. Referensi

- Darmawan, A., Oktarina, D., & Soesilo, J. K. (2021). Kajian Perlintasan sebidang kereta api No 112A Km 93+100 Desa Dadirejo Kecamatan Tirto Kabupaten Pekalongan. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal)*, 5(1), 57–63.
- Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata Dinas Perhubungan Kota Surabaya Tahun 2024.
- Handoko, Imron, N. A., & Leliana, A. (2024). Studi Keamanan Dan Keselamatan Pengguna Jalan Raya Pada Perlintasan Sebidang Resmi Tidak Dijaga: Studi Kasus: Desa Klegen Serut *Journal of Civil Engineering ...*, 8(2).
- Imron, N. A., & Handoko, H. (2021). Upaya Meningkatkan Keselamatan Pengguna Jalan di Perlintasan Sebidang Melalui Pendekatan Partisipasi Masyarakat. *Madiun Spoor: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 25–31.
- Kelo, G. M. D., Jehudu, G. F. N., & Ruktiningsih, R. (2020). Evaluasi Perlintasan Sebidang Jalan Rel dengan Jalan Raya di Kota Semarang (Studi Kasus Perlintasan Sebidang di Jalan Sadewa, Jembawan Raya dan Stasiun Jrahah). *G-Smart*, 4(2), 69–81.
- Mutiara, A. A. (2019). *Studi Risiko Kecelakaan Menggunakan Metode HIRARC (Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control) pada perlintasan Sebidang Kereta Api DAOP VIII Surabaya (Stasiun Pasarturi-Surabaya sampai Stasiun Babat-Lamongan)*.
- Oktaria, D. S., Desei, F. L., & Darmawan, A. (2021). Kajian Lalu-Lintas Di Perlintasan Sebidang Resmi Tidak Di Jaga Jalan Raya Beji Dan Jalan Yonkav Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(2), 296.
- Peraturan Direktur Jenderal Bina Konstruksi NO.68/SE/Dk/2024 Tentang Tata Cara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 94 Tahun 2018 Tentang Peningkatan Keselamatan Perlintasan Sebidang Antara Jalur Kereta Api Dengan Jalan. Kementerian Perhubungan, Jakarta.
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat No.SK.407/AJ.401/DRJD/2018 Tentang Petunjuk Teknis Pengendalian Lalu Lintas Jalan di Lokasi Potensial Kecelakaan Persimpangan Sebidang dengan Kereta Api. Kementerian Perhubungan, Jakarta.
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor SK.770/KA.401/DRJN/2005 Tentang Pedoman Teknis Perlintasan Sebidang Antara Jalan Dengan Perlintasan Kereta Api. Kementerian Perhubungan, Jakarta.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 13 tahun 2014 Tentang Rambu Lalu Lintas. Kementerian Perhubungan, Jakarta.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2011 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. Kementerian Perhubungan, Jakarta.
- Sudrajat, R. (2024, 16 Agustus). Hingga pertengahan 2024 terjadi 57 kecelakaan di perlintasan sebidang di wilayah DAOP 8 Surabaya. Radar Surabaya. Diakses dari Radarsurabaya.jawapos.com
- Suryanto, S., Suharyanto, I., & Umam, A. U. (2023). Identifikasi Resiko Kecelakaan Perlintasan Sebidang Di Jalan Sorowajan Baru, Kota Yogyakarta. *CivETech*, 5(1), 47–64.
- Syafaruddin, M. (2024, 2 Oktober). KAI catat 535 kejadian tabrakan kereta api pada Januari–Agustus 2024. Suara Surabaya. Diakses dari SuaraSurabaya.net
- Utomo, N. (2021). Analisa Kebutuhan Ruang Pandangan Bebas Pada Perlintasan Sebidang Tanpa Palang Pintu Di Desa Gelam, Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Forum Mekanika*, 10(1), 10–21.

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.id

Halaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Evaluasi Prosedur Perawatan Wesel Inggris pada Stasiun Surabaya Pasar Turi Wilayah Kerja W. 31B dan W.31C

Maydita Adelia Pramesti ^a, Dadang Supriyatno ^b

^a Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Gresik, Indonesia

^b Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

email: ^amayditaadelia.21059@mhs.unesa.ac.id, ^bdadangsupriyatno@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 5 Agustus 2025

Revisi 21 Oktober 2025

Diterima 3 November 2025

Online 25 Desember 2025

Kata kunci

wesel Inggris

Perawatan

Standar Teknis

Keandalan

SDM

ABSTRAK

Evaluasi prosedur perawatan wesel Inggris di Stasiun Surabaya Pasar Turi, khususnya pada wilayah kerja W. 31B dan W. 31C. Wesel Inggris merupakan komponen krusial dalam sistem perkeretaapian yang memungkinkan perpindahan jalur kereta api secara efisien, namun memerlukan prosedur perawatan khusus karena karakteristik teknisnya yang kompleks dan risiko keausan yang tinggi. Tingginya volume lalu lintas kereta api pada wesel 31B dan 31C, kondisi fisik komponen yang mengalami keausan, sistem drainase yang kurang optimal, serta keterbatasan jadwal dan sumber daya manusia (SDM) menjadi tantangan utama dalam perawatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesesuaian prosedur perawatan wesel Inggris dengan standar teknis dan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang berlaku, mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keandalan fungsi wesel 31B dan 31C, serta mengevaluasi tingkat kesiapan sumber daya (SDM, alat, dan suku cadang) dalam mendukung kelancaran perawatan. Metode penelitian yang digunakan adalah evaluatif dengan pendekatan deskriptif kuantitatif, bertujuan untuk menilai efektivitas, efisiensi, dan dampak dari prosedur perawatan yang diterapkan berdasarkan data numerik dan analisis statistik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prosedur perawatan dilaksanakan sesuai standar, termasuk pemeriksaan visual, pengukuran dimensi teknis, pengecekan kekencangan baut, dan penggantian komponen yang aus. Teknik pengelasan pada lidah wesel terbukti efektif dalam mengembalikan fungsionalitas. Kesiapan SDM, alat, dan suku cadang secara umum sudah memadai, namun masih terdapat kebutuhan akan pelatihan berkelanjutan untuk peningkatan kapabilitas dan ketersediaan suku cadang khusus yang terbatas. Faktor-faktor seperti frekuensi lalu lintas, kondisi fisik komponen, lingkungan, serta ketersediaan SDM dan jadwal berpengaruh signifikan terhadap keandalan fungsi wesel.

Evaluation of the Operational Procedure for the Maintenance of English Turnouts at Surabaya Pasar Turi Station in the Working Areas of W.31B and W.31C

ARTICLE INFO

Keywords

English Turnout

Maintenance

Technical Standard

Reliability

Human Resources

ABSTRACT

Evaluates the maintenance procedures for English turnouts at Surabaya Pasar Turi Station, specifically in the W. 31B and W. 31C work areas. English turnouts are crucial components in the railway system that allow efficient track switching, but they require specific maintenance procedures due to their complex technical characteristics and high wear and tear risks. High railway traffic volume on turnouts 31B and 31C, the physical

Pramesti, M. A., & Supriyatno, D. (2025). Evaluasi Prosedur Perawatan Wesel Inggris Pada Stasiun Surabaya Pasar Turi Wilayah Kerja W. 31B dan W. 31C, v3(n1), 1 – 8. MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. V3 (n3), 285-296.

condition of worn components, suboptimal drainage systems, and limitations in schedule and human resources (HR) are the main challenges in their maintenance. This study aims to analyze the conformity of English turnout maintenance procedures with applicable technical standards and Standard Operating Procedures (SOPs), identify factors affecting the functional reliability of turnouts 31B and 31C, and evaluate the readiness level of resources (HR, equipment, and spare parts) in supporting smooth maintenance. The research method used is evaluative with a quantitative descriptive approach, aiming to assess the effectiveness, efficiency, and impact of the implemented maintenance procedures based on numerical data and statistical analysis. The research results show that maintenance procedures are carried out according to standards, including visual inspection, technical dimension measurement, bolt tightness checks, and replacement of worn components. Welding techniques on the turnout tongue proved effective in restoring functionality. The readiness of human resources, equipment, and spare parts is generally adequate, but there is still a need for continuous training to improve capabilities and limited availability of specialized spare parts. Factors such as traffic frequency, physical condition of components, environment, and availability of human resources and schedule significantly influence the functional reliability of the turnouts.

© 2023 MITRANS : Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

1. Pendahuluan

PT Kereta Api Indonesia (Persero) merupakan badan usaha milik negara yang menyelenggarakan layanan angkutan kereta api di Indonesia. Sebagai operator utama perkeretaapian nasional, perusahaan ini memiliki peran strategis dalam menyediakan moda transportasi massal yang efisien, hemat energi, ramah lingkungan, serta memiliki tingkat keselamatan yang relatif tinggi dibandingkan moda transportasi darat lainnya. Kereta api juga menjadi tulang punggung konektivitas antarwilayah sekaligus penghubung antarmoda transportasi, khususnya di kawasan urban dan koridor logistik nasional.

Dalam konteks penyelenggaraan transportasi yang aman dan andal, aspek keselamatan dan kesehatan kerja menjadi bagian yang tidak terpisahkan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3), setiap aktivitas kerja wajib menerapkan upaya pencegahan kecelakaan dan penyakit akibat kerja melalui manajemen risiko yang sistematis. Implementasi keselamatan dalam operasional kereta api diatur lebih lanjut melalui sejumlah regulasi teknis, seperti Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api dan PM 44 Tahun 2018 tentang Persyaratan Teknis Peralatan Persinyalan Perkeretaapian. Regulasi tersebut mencakup standarisasi pada elemen prasarana seperti rel, bantalan, balas, perangkat interlocking, dan wesel guna memastikan keandalan dan efisiensi operasi kereta api.

Salah satu aspek penting dalam sistem perkeretaapian adalah keberadaan wesel, yaitu struktur rel bercabang yang memungkinkan perpindahan arah laju kereta dari satu jalur ke jalur lainnya. Wesel terdiri atas rel yang diruncingkan pada bagian tertentu (lidah wesel) yang dapat digerakkan untuk mengatur arah laju roda kereta. Terdapat beberapa jenis wesel yang digunakan di Indonesia, di antaranya wesel biasa, wesel dalam lengkung, dan wesel tiga jalur. Khususnya, wesel Inggris merupakan tipe persilangan ganda yang memungkinkan perpindahan jalur ke segala arah dan banyak diterapkan di stasiun besar yang memiliki banyak jalur seperti Stasiun Surabaya Pasar Turi.

Wesel Inggris pada Stasiun Surabaya Pasar Turi, khususnya di wilayah kerja W.31B dan W.31C, merupakan bagian penting dari sistem persinyalan dan pengoperasian kereta api. Wesel ini berada di jalur utama emplasemen jalur 1 yang terhubung langsung ke jalur hulu, jalur hilir, dan Dipo

Lokomotif, sehingga menjadi jalur lintasan dominan untuk kereta penumpang dan barang. Berdasarkan hasil observasi lapangan, wesel 31B dan 31C menggunakan rel tipe R.33 yang dikenal memiliki ketahanan lebih rendah terhadap beban aksial tinggi sehingga rentan mengalami keausan. Rel jenis ini merupakan rel bongkaran dari Stasiun Kertosono yang dipasang ulang pada tahun 2019.

Permasalahan yang muncul pada kedua wesel tersebut antara lain keausan komponen lidah dan frog, sistem drainase di sekitar wesel yang belum optimal, serta keterbatasan teknis dan suku cadang yang spesifik. Hal ini berdampak pada penurunan keandalan operasional dan potensi gangguan pada perjalanan kereta api. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap prosedur perawatan wesel Inggris di wilayah kerja tersebut guna memastikan bahwa seluruh kegiatan perawatan telah berjalan sesuai standar operasional yang ditetapkan, baik dari sisi teknis maupun ketersediaan sumber daya. Evaluasi ini menjadi krusial dalam upaya menjaga keberlangsungan operasional kereta api yang aman, efisien, dan andal di salah satu stasiun strategis di Jawa Timur.

2. Studi Literatur

Keandalan operasional perkeretaapian sangat dipengaruhi oleh kondisi prasarana jalur, salah satunya adalah wesel yang berfungsi sebagai pengatur arah lintas kereta api antarjalur. Sebagai komponen yang memiliki peran strategis, wesel memerlukan pemahaman teknis serta penanganan perawatan yang tepat guna menjamin keselamatan dan efisiensi perjalanan kereta. Sejumlah studi terdahulu telah membahas aspek struktural, operasional, dan prosedural yang berkaitan dengan wesel, baik dalam konteks nasional maupun internasional.

2.1. Wesel dalam Sistem Perkeretaapian

Menurut Kumara (2021) dalam jurnalnya berjudul **“Studi Evaluatif Kinerja Wesel pada Jalur Utama di Stasiun Besar”** yang diterbitkan dalam Jurnal Transportasi Terapan, wesel merupakan salah satu komponen krusial dalam sistem perkeretaapian yang berfungsi mengatur arah lintasan kereta. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa komponen utama wesel seperti lidah, rel paksa, dan crossing harus diperiksa secara rutin untuk mencegah gangguan operasional.

2.2. Tipe dan Karakteristik Wesel Inggris

Wibisono dan Zidan (2023) dalam artikel berjudul **“Analisis Teknis Wesel Inggris di Stasiun Padat Lalu Lintas”** yang dimuat di Jurnal Teknik Perkeretaapian, menyebutkan bahwa wesel Inggris (*double slip switch*) memiliki struktur yang lebih kompleks dibandingkan dengan wesel biasa. Kelebihanannya terletak pada fleksibilitas perpindahan jalur ke berbagai arah dalam ruang terbatas, namun juga membutuhkan standar pemeliharaan dan ketelitian tinggi karena intensitas pemakaiannya.

2.3. Prosedur Perawatan Wesel

Penelitian oleh Wibisono dan Zidan (2023) dalam publikasi yang sama juga mengevaluasi efektivitas metode pengelasan lidah wesel dengan menggunakan elektroda tipe NS 307 dan HMN. Hasil studi mereka menunjukkan bahwa metode tersebut dapat meningkatkan kerapatan kontak antara lidah dan rel induk, serta mengurangi risiko anjlokkan. Prosedur ini sejalan dengan standar PD 10A dan formulir evaluasi teknis D.145 dari PT KAI.

2.4. Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Erifendi, A., Prasetyo, D., dan Kusumawardhani, R. (2022) dalam jurnal **“Implementasi HIRARC dan FMEA pada Pemeliharaan Jalan Rel”** di Jurnal Keselamatan dan Kesehatan Kerja Indonesia, mengungkapkan bahwa sebagian besar risiko kerja pada pemeliharaan rel berada dalam kategori sedang. Penelitian ini menekankan pentingnya SOP penggunaan alat pelindung diri (APD), kontrol bahaya, dan penjadwalan pekerjaan untuk meminimalkan kecelakaan kerja.

2.5. Evaluasi Keandalan dan Umur Pakai Komponen

Litherland dan Andrews (2022) dalam publikasi *“Switch and Crossing: Reliability and Degradation Analysis”* yang diterbitkan oleh *International Journal of Railway Engineering*, mengembangkan pendekatan kuantitatif berbasis distribusi kegagalan untuk mengukur masa pakai S&C (*Switches and Crossings*). Studi ini menyimpulkan bahwa umur pakai wesel sangat dipengaruhi oleh intensitas beban lalu lintas dan keakuratan inspeksi.

Sementara itu, Bezin et al. (2021) dalam artikel *“Wheel–Rail Interaction Modeling for Crossing Wear Analysis”* di *Vehicle System Dynamics*, mengembangkan simulasi numerik untuk memahami gaya dinamis yang terjadi pada komponen *crossing*. Hasil simulasi digunakan untuk merancang strategi pemeliharaan prediktif yang lebih efisien dan akurat.

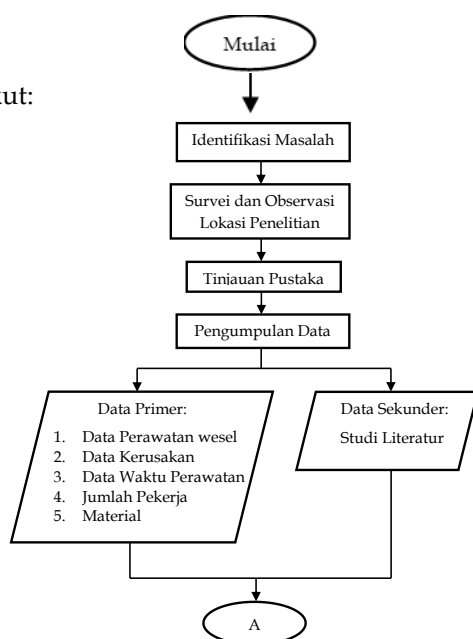
3. Metode Penelitian

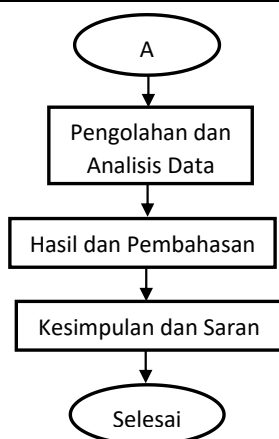
Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode evaluatif, yang bertujuan untuk menilai efektivitas dan kesesuaian prosedur perawatan wesel Inggris di Stasiun Surabaya Pasar Turi, khususnya pada wilayah kerja W.31B dan W.31C. evaluasi dilakukan dengan membandingkan pelaksanaan di lapangan terhadap standar operasional dan ketentuan teknis yang berlaku.

Studi ini dilaksanakan di Stasiun Surabaya Pasar Turi, Daerah Operasi 8, dengan fokus pada dua unit wesel Inggris yang berada di jalur utama, yakni W.31B dan W.31C. kedua wesel tersebut berperan penting dalam mengatur pergerakan kereta dari jalur hulu ke jalur hilir maupun ke Dipo Lokomotif.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lapangan mengenai kondisi fisik komponen wesel, pelaksanaan perawatan, serta kesiapan SDM dan peralatan pendukung. Data sekunder terdiri dari dokumen internal seperti formulir perawatan (D.145), catatan inspeksi, laporan kerusakan, serta regulasi dan standar teknis seperti PM.32 Tahun 2011, Peraturan Dinas 10A, dan SOP 01-A1-01 tentang keselamatan petugas lapangan. Dalam penelitian untuk memperjelas langkah-langkah dari awal sampai akhir yang divisualisasikan dengan bagan alir. Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 1

sebagai berikut:





Gambar 1 Diagram Alir (Penulis, 2025)

Diagram Alir pada Gambar 1 menggambarkan tahapan penelitian yang diawali dengan persiapan dan identifikasi masalah. Data dikumpulkan melalui metode observasi lapangan, dokumentasi, serta studi literatur terhadap peraturan dan standar teknis. Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi komponen wesel, sedangkan dokumentasi mendukung analisis terhadap praktik perawatan yang dilakukan. Data analisis secara deskriptif untuk mengevaluasi kesesuaian pelaksanaan perawatan dengan standar yang ditetapkan. Selain itu, dilakukan penilaian terhadap kesiapan sumber daya, tingkat leandalan komponen, serta potensi perbaikan sistem perawatan berdasarkan temuan di lapangan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Kondisi Teknis Wesel Inggris W.31B dan W.31C

Wesel W.31B dan W.31C yang terletak di Stasiun Surabaya Pasar Turi merupakan tipe wesel Inggris yang memiliki konfigurasi silang ganda, memungkinkan kereta berpindah jalur ke beberapa arah dalam satu struktur. Kedua wesel ini menempati posisi strategis di jalur 1 emplasemen, yaitu jalur utama yang menghubungkan kereta dari arah hulu ke jalur hilir, Dipo Lokomotif, dan jalur ke arah badug. Frekuensi lintasan yang tinggi menyebabkan kedua wesel ini menjadi titik rawan keausan.

Dari hasil observasi lapangan, ditemukan bahwa wesel tersebut menggunakan rel tipe R.33, yang notabene merupakan rel ringan hasil bongkaran dari Stasiun Kertosono dan telah digunakan kembali sejak tahun 2019. Rel R.33 memiliki kekuatan tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan rel tipe R.54 atau R.60 yang umum digunakan pada jalur utama saat ini. Hal ini menyebabkan keausan komponen seperti lidah wesel, rel paksa, dan bagian frog lebih cepat terjadi, terutama pada area yang sering terpapar beban dinamis roda kereta.

4.2 Evaluasi Pelaksanaan Perawatan

Secara prosedural, perawatan wesel di wilayah kerja tersebut telah mengikuti standar yang ditetapkan oleh PT. KAI, seperti yang tercantum dalam SOP 01-A1-01 dan Peraturan Dinas 10A. kegiatan perawatan mencakup pemeriksaan celah lidah, kondisi penguncian, pelumasan bagian-bagian bergerak, serta pengelasan pada bagian lidah yang mengalami keausan. Pengelasan umumnya dilakukan menggunakan elektroda jenis NS 307 atau HMN yang telah disesuaikan dengan spesifikasi logam rel.

Namun, temuan di lapangan menunjukkan adanya ketidak konsistenan dalam pelaksanaan. Beberapa pengelasan terlihat tidak merata, dan bagian tertentu mengalami retak mikro akibat pengulangan beban. Selain itu, inspeksi rutin terkadang hanya dilakukan secara visual karena

keterbatasan alat ukur dimensi dan gaya. Ketidak teraturan ini dapat mempengaruhi keakuratan penguncian lidah dan menurunkan performa perpindahan atah kereta.

Dokumentasi perawatan melalui formulir D.145 sudah digunakan, namun implementasinya belum sepenuhnya konsisten. Beberapa catatan inspeksi tidak diisi secara lengkap, dan tidak semua gangguan kecil dilaporkan secara formal. Informasi historis ini sangat penting dalam mendeteksi pola keausan dini atau potensi kerusakan sistematis. Evaluasi Penerapan Perawatan wesel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Evaluasi Penerapan Perawatan Wesel (Penulis, 2025)

Aspek yang dievaluasi		Standar Acuan / Regulasi	Temuan Lapangan	Evaluasi	Rekomendasi
Dimensi Lidah Wesel dan Jarak Rel		PM 32 tahun 2011, PD 10A	Beberapa ujung lidah mengalami keausan dan tidak menempel sempurna pada rel lantak.	Sudah sesuai prosedur, namun kondisi lidah aus perlu ditangani segera melalui pengelasan. Tindakan korektif sudah dilakukan dengan elektroda NS 307 dan HMN.	Lakukan pengelasan secara rutin menggunakan elektroda NS 307 untuk pengisian dan HMN untuk finishing. Monitor ketebalan lidah secara berkala
Sistem Drainase di Sekitar Wesel		Buku PERJANA seri 6A	Drainase buruk pada wesel W.31C, sering terjadi genangan saat hujan.	Tidak sesuai standar/ harus ada perbaikan drainase agar tidak mempercepat korosi dan menurunkan performa komponen.	Tingkatkan drainase sekitar jalur dengan penambahan saluran baru, perbaikan kemiringan ballast, dan pembersihan rutin saluran yang tersumbat.

Aspek yang dievaluasi	Standar Acuan / Regulasi	Temuan Lapangan	Evaluasi	Rekomendasi
Jadwal Pemeriksaan Berkala	PM 32 tahun 2011, SOP 01-A1-01	pemeriksaan tidak selalu tepat waktu, terkendala oleh lalu lintas kereta dan keterbatasan personel.	Jadwal perlu dievaluasi dan dibuat lebih fleksibel. Haarus ada penyesuaian waktu perawatan berdasarkan arus lalu lintas agar tidak tertunda.	Buat jadwal dinamis dan fleksibel berdasarkan slot operasional kosong, dan koordinasikan dengan PPKA untuk alokasi waktu khusus inspeksi/perawatan .
Dokumentasi dan Laporan Pemeriksaan	SOP 01-A1-01	Pemeriksaan dicatat, namun belum terdigitalisasi secara menyeluruh	Penguatan sistem dokumentasi digital untuk pelaporan hasil inspeksi agar leboh rapi dan mudah dianalisis.	terapkan digitalisasi form D.145, arsipkan dalam sistem server Bersama atau aplikasi inspeksi berbasis mobile/tablet untuk efisiensi dan transparansi.
Penggunaan Alat dan Material	Pm 32 tahun 2011, PERJANA 6A	Penggunaan elektroda an alat ukur sesuai spesifikasi. Namun suku cadang seperti baut pengganti sering tidak tersedia.	Perlu penguatan sistem logistik dan stok suku cadang untuk mendukung kelangsungan perawatan.	Bentuk suku cadang teteap (<i>buffer stock</i>) di depo stasiun, serta buat sistem permintaan barang lebih cepat dan real time melalui <i>platform</i> digital
Kepatuhan terhadap K3 dan penggunaan APD	KEP. U/LL.507/VI/1 /KA-2012, KEP. U/KS.102/KA-2016	APD telah digunakan oleh seluruh petugas, tetpai pelatihan petugas belum dilakukan secara rutin.	Perlu adanya pelatigan berkala dan pengawasan implementasi K3 agar standar keselamatan tetap terjaga	Adakan pelatihan rutin teknis dan k3 sesuai SOP 01-a1-01, serta evaluasi kompetensi minimal 2 kali pertahun.

Aspek yang dievaluasi	Standar Acuan / Regulasi	Temuan Lapangan	Evaluasi	Rekomendasi
Koordinasi Antar unit dan Naskah Dinas	KEP.U/KD.10 0/KA-2016	Nota kerja disusun, namun koordinasi dilapangan masih perlu ditingkatkan	Pelaksanaan pemeriksaan perlu koordinasi lebih efektif antara petugas KUPT, PPKA, dan Kepala Stasiun.	Perkuat komunikasi lintas unit melalui briefing rutin, laporan nota kerja yang terdokumentasi, dan pembagian tugas yang jelas di awal pekerjaan.
Fungsi Sistem Penggerak dan Penguncian	PM 32 Tahun 2011, dan PD 10A	Fungsi penggerak dan penguncian diuji secara manual dan elektrik.	Sudah sesuai standar, namun tetap perlu pengujian berkala dan pencatatan hasil tes fungsi sebagai bagian dari SOP yang terdokumentasi.	Tambahkan agenda uji fungsi mingguan terhadap penggerak motor listrik dan sistem interlocking, baik otomatis maupun manual.
Respon terhadap keausan dan kerusakan	PERJANA 6A	Pengelasan telah dilakukan pada lidah yang aus menggunakan standar NS 307 dan HMN	Sudah sesuai, namun keausan perlu dipantau lebih ketat agar tidak menimbulkan gangguan operasional sebelum dilakukan perbaikan.	Susun rekapitulasi bulanan hasil pemeriksaan dan tindakan untuk bahan analisis tren kerusakan srta prioritas perbaikan berikutnya.

4.3 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Keandalan Fungsi Wesel

Identifikasi faktor yang mempengaruhi keandalan fungsi wesel 31B dan 31C untuk memahami keandalan wesel 31B dan 31C, perlu dilakukan analisis terhadap berbagai aspek teknis dan operasional yang saling berkaitan dan berpengaruh langsung terhadap kinerjanya. Berikut beberapa faktor utama yang dapat memengaruhi keandalan fungsi wesel:

1. Kondisi Fisik dan Umur Pemakaian

Wesel yang telah digunakan dalam jangka waktu lama cenderung mengalami penurunan kondisi, terutama pada bagian vital seperti lidah wesel, jarum, rel paksa, dan rel lantak. Seiring bertambahnya usia wesel rel tipe 33 dengan penggantian pada tahun 2019 di stasiun Surabaya Pasar Turi yang merupakan bongkaran dari stasiun Kertosono dengan isiko keausan dan kerusakan yang meningkat, berpotensi menurunkan performa dan keandalan operasi.

2. Spesifikasi Dimensi dan Desain

Keandalan wesel juga dipengaruhi oleh desain dan ukuran teknisnya, termasuk Panjang lidah $\pm 3,5$ meter dengan kecepatan rancang ≤ 40 km/jam, lebar rel 1067 mm, Panjang jarum $\pm 3,5$ meter dengan kecepatan rancang ≤ 40 km/jam, serta radius lengkungan ± 190 meter dengan sudut percabangan (*turnout Angle*). Variasi desain antar jenis wesel seperti tipe Inggris, Austria, atau china dapat menyebabkan perbedaan karakteristik operasional yang berpengaruh pada keandalan.

3. Sudut Simpang dan Kecepatan Maksimal

Besarnya sudut simpangan pada wesel memengaruhi kecepatan maksimum yang diperbolehkan saat dilintasi kereta. Semakin besar sudutnya, maka semakin terbatas kecepatannya yang pada akhirnya berdampak pada aspek keandalan dan keselamatan operasional. Sudut simpang pada wesel Inggris Surabaya Pasar Turi menggunakan sudut 1:10 dengan kecepatan maksimal ± 35 km/jam maka dengan kecepatan kereta semakin besar dapat mengakibatkan mudahnya kerusakan dan keausan pada wesel.

4. Kondisi Komponen dan Kualitas Perawatan

Komponen-komponen seperti lidah wesel, jarum, rel paksa harus senantiasa dalam kondisi baik. Perawatan rutin, termasuk tindakan perbaikan seperti pengelasan pada bagian yang aus, sangat penting untuk mempertahankan kinerja optimal wesel.

5. Faktor Operasional dan Lingkungan Sekitar

Frekuensi penggunaan, intensitas lalu lintas kereta, serta kondisi lingkungan misalnya paparan terhadap korosi atau kelembapan berperan besar dalam memengaruhi daya tahan dan fungsi wesel. Selain itu, gangguan pada sistem penggerak motor juga dapat menyebabkan hambatan operasional. Tingginya intensitas lalu lintas kereta, terutama pada wesel 31B dan wesel 31C yang menjadi jalur utama pergerakan kereta penumpang dan barang, menyebabkan komponen wesel seperti lidah, rel paksa, dan frog mengalami gesekan serta tekanan yang berulang. Hal ini mempercepat tingkat keausan dan berpotensi menurunkan kinerja mekanisme penggerak dan pengunci. Selain intensitas, tonase atau beban kereta juga berdampak besar terhadap umur pakai komponen. Kereta dengan beban angkut tinggi memberikan tekanan vertikal yang lebih besar pada jalur wesel, sehingga mempercepat deformasi bantalan dan memperbesar risiko kerusakan struktural. Faktor lingkungan seperti curah hujan tinggi, genangan air, dan kelembapan juga berpengaruh terhadap kondisi fisik wesel. Sistem drainase yang kurang optimal dapat menyebabkan korosi dan gangguan pada sistem penggerak. Oleh karena itu, frekuensi perawatan dan inspeksi perlu disesuaikan berdasarkan tingkat beban operasional dan kondisi lingkungan, agar keandalan dan keselamatan fungsi wesel tetap terjaga.

6. Keandalan Sistem Kontrol dan Persinyalan

Fungsi wesel sangat bergantung pada sistem sinyal dan kendali seperti *axle counter* dan sistem elektrik. Gangguan pada sistem ini dapat menyebabkan wesel tidak merespons dengan benar sehingga berisiko terhadap keselamatan perjalanan.

4.4 Kesiapan Sumber Daya

Wesel inggris merupakan jenis perangkat perkeretaapian yang memiliki sistem mekanik dan elektrik yang kompleks, sehingga membutuhkan perhatian khusus dalam aspek perawatan. Kelancaran perawatan sangat dipengaruhi oleh ketersediaan dan kesiapan sumber daya, meliputi SDM (Sumber Daya Manusia), alat, dan suku cadang.

1. Kesiapan Sumber Daya Manusia (SDM)

Berdasarkan hasil obsevasi langsung dan wawancara dengan petugas lapangan, diketahui bahwa personel yang bertanggung jawab dalam kegiatan perawatan wesel tipe Inggris telah

memenuhi persyaratan operasional. Komposisi tim terdiri dari mandor, tukang, teknisi ultrasonic, dan pekerja lapangan yang memiliki pengalaman teknis cukup dan kompetensi yang relevan.

Meskipun dari sisi kuantitas dan pengalaman personel telah mencukupi, terdapat kebutuhan untuk peningkatan kapabilitas melalui pelatihan keberlanjutan, khususnya dalam hal penerapan teknologi terbaru dan penegakan prosedur keselamatan kerja. Keterseidaan pelatihan secara berkala akan berdampak positif pada peningkatan kualitas pekerjaan serta keselamatan operasional.

Koordinasi antar anggota tim juga menunjukkan efektivitas yang baik, terutama dalam aspek pembagian tugas dan komunikasi selama pekerjaan berlangsung. Efektivitas koordinasi ini turut mendukung akurasi serta efisiensi pelaksanaan pemeriksaan dan perbaikan wesel.

2. Kesiapan Alat

Berdasarkan hasil pengecekan terhadap perlengkapan kerja dapat disimpulkan bahwa Sebagian besar peralatan yang dibutuhkan dalam kegiatan pemeriksaan dan perawatan wesel telah tersedia dan dapat digunakan. Beberapa peralatan utama antara lain: dongkrak rel, alat ukur geometri rel, mesin las, alat uji ultrasonic, serta perangkat keselamatan kerja.

Kesiapan alat merupakan faktor penting dalam mendukung kelancaran pelaksanaan perawatan wesel. Di lapangan, jumlah alat yang tersedia di Stasiun Surabaya Pasar Turi masih terbatas, baik dari segi jenis maupun kuantitas. Beberapa alat yang umumnya dibutuhkan untuk perawatan wesel antara lain:

- Kunci momen (*torque wrench*): hanya tersedia 2 unit untuk seluruh area kerja W. 31B dan W.31C
- Alat ukur *flangeway* (*Falngeway gauge*): tersedia 1 unit dan sering bergantian pakai.
- Alat ukur level dan *Alignment* rel: hanya tersedia di kantor sub unit, tidak standby di lapangan.
- Alat pembersih (sapu kawat, sikat baja, dan *blower*): jumlah cukup, tetapi tidak merata di semua pos kerja.

3. Ketersediaan Suku Cadang

Suku cadang merupakan komponen penting dalam menunjang kegiatan perawatan preventif maupun korektif. Dari hasil observasi, diketahui bahwa sebagian besar suku cadang utama seperti lidah wesel, rel lantak, plat sambung, dan bantalan telah tersedia dalam jumlah yang mencukupi untuk kebutuhan rutin.

Ketersediaan suku cadang di Gudang W. 31B dan W. 31C juga menjadi kendala yang cukup signifikan. Beberapa komponen utama wesel Inggris yang seharusnya tersedia sebagai stok cadangan justru sering kosong atau menunggu pengadaan dalam waktu lama. Contoh ketersediaan suku cadang saat ini:

- Jarum wesel (*switch rail*): 0 stok, harus pesan ke pusat jika ada kerusakan berat.
- Plat sendi dan baut pengikat: tersedia sekitar 6 pasang, namun tidak semua ukuran sesuai dengan kebutuhan di lapangan.
- Pengunci lidah mekanik: tersedia 2 unit cadangan, tapi salah satunya dalam kondisi aus.
- Guard rail* dan *frog* (jalur silang): tidak ada stok di lapangan, pengadaan hanya dilakukan jika ada rencana pergantian besar.

4. Proses Perawatan dan Penanganan Kerusakan

Kegiatan perawatan dilaksanakan sesuai dengan prosedur standar, mencakup pemeriksaan awal secara visual, pengukuran dimensi teknis (seperti bukaan lidah wesel dan elevasi rel), pengecekan kekencangan baut, dan penggantian komponen yang mengalami keausan.

Teknik pengelasan yang diterapkan pada bagian lidah wesel yang aus terbukti efektif dalam mengembalikan fungsionalitas sambungan rel sehingga Kembali aman dilalui kereta api. Proses pengelasan dilakukan sesuai spesifikasi elektroda yang dianjurkan, yaitu NS 307 untuk pengisian dan HMN untuk pelapisan akhir.

Pelaksanaan pekerjaan juga telah memperhatikan aspek keselamatan kerja, seperti pemasangan bendera keerrja dan alat pelindung diri (APD) oleh seluruh personel. Namun, dari sisi kecepatan dan efisiensi pelaksanaan pekerjaan, masih terdapat ruang untuk perbaikan. Hal ini dapat dicapai melalui optimalisasi jumlah tenaga kerja, peningkatan keandalan peralatan, serta penguatan sistem koordinasi denfan petugas pengatur perjalanan kereta (PPKA).

Penggunaan APD pada PT. Kereta Api Indonesia khususnya pada unit Jalan Rel 8.9 Surabaya Pasar Turi sebelumnya diterapkan menggunakan APD lengkap seperti topi, kacamata, dan rompi, pada tanggal 1 Juli 2025 telah ditetapkan penggunaan APD lengkap dengan menggunakan helm karena dengan adanya pekerjaan yang bersinggungan dengan petugas sistem persinyalan dan telekomunikasi.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut:

1. Kesesuaian Prosedur Perawatan dengan Standar Teknis dan SOP Prosedur perawatan wesel Inggris di Stasiun Surabaya Pasar Turi, khususnya pada wilayah kerja W.31B dan W.31C, telah dilaksanakan sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) dan standar teknis yang berlaku. Hal ini terlihat dari pelaksanaan perawatan rutin yang mencakup pemeriksaan visual, pengukuran dimensi teknis, pengencangan baut, dan pengelasan lidah wesel. Proses perawatan juga disesuaikan dengan toleransi teknis dan dokumentasi hasil pemeriksaan menggunakan formulir D.145, serta penggunaan elektroda standar seperti NS 307 dan HMN.
2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keandalan Fungsi Wesel Fungsi keandalan wesel dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain frekuensi lalu lintas kereta yang tinggi, keausan komponen akibat penggunaan intensif, kondisi lingkungan, serta efektivitas sistem drainase. Selain itu, keterbatasan waktu perawatan, akses peralatan, dan kendala pada pengadaan suku cadang juga turut menjadi tantangan dalam mempertahankan keandalan wesel. Keausan komponen lidah aus grepes keausan pada jarum yang terjadi korosif pada baut-baut pengikat.
3. Kesiapan Sumber Daya dalam Mendukung Perawatan Secara umum, kesiapan sumber daya manusia (SDM), alat, dan suku cadang sudah mencukupi untuk mendukung kegiatan perawatan wesel. Namun demikian, masih terdapat kebutuhan peningkatan kompetensi teknisi melalui pelatihan berkelanjutan, serta perlunya ketersediaan suku cadang khusus untuk mengantisipasi kerusakan mendadak. Koordinasi antartugas serta penggunaan alat pelindung diri (APD) juga sudah sesuai prosedur dan mendukung keselamatan kerja.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dadang Supriyatno, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan motivasi yang diberikan selama proses penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak PT Kereta Api Indonesia (Persero), khususnya Unit Jalan Rel Surabaya Pasar Turi wilayah kerja W.31B dan W.31C, yang telah memberikan izin, data, dan dukungan teknis selama kegiatan observasi dan pengumpulan data di lapangan. Tanpa bantuan dan kerja sama dari semua pihak, penelitian ini tidak dapat terselesaikan dengan baik.

7. Referensi

- Bezin, Y., Sambo, B., Magalhaes, H., Kik, W., Megna, G., & Costa, J. N. (2022). *Challenges and methodology for pre-processing measured and new rail profiles to efficiently simulate wheel-rail interaction in switches and crossings. International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility*, 61(3).

- Churniawan, E., Priyatno, S., & Salsabila, P. A. (2022). Penilaian dan pengendalian risiko kecelakaan kerja petugas perawat jalan rel. *Jurnal Impresi Indonesia*, 1(11).
- Kementerian Perhubungan. (2012). Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. Jakarta: Kemenhub.
- Kementerian Perhubungan. (2018). Statistik Perkeretaapian Indonesia Tahun 2018. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkeretaapian.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2012). Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2017). Peraturan Pemerintah Nomor 6 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Kumara. (2021). Pedoman penulisan kertas kerja wajib Program Studi Diploma III Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD. Bekasi.
- Litherland, J., & Andrews, J. (2022). *A reliability study of railway switch and crossing components*. *SAGE Journals*, 237(2).
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2011). Peraturan Menteri Nomor 32 Tahun 2011 tentang Standar dan Tata Cara Perawatan Prasarana Perkeretaapian. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Peraturan Menteri Perhubungan. (2018). Nomor PM 44 Tahun 2018 tentang Persyaratan Teknis Peralatan Persinyalan Perkeretaapian. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Peraturan Menteri Perhubungan. (2012). Nomor PM 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Wibisono, R., & Zidan, M. Y. (2023). Identifikasi perawatan dan pemeliharaan wesel pada wesel 209 di Stasiun Surabaya Gubeng. *Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi*, 1(1).

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.idHalaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Analisis Risiko Penanganan Kecelakaan Lalu Lintas Dalam Upaya Meningkatkan Jalan Yang Berkeselamatan (Studi Kasus: Jalan Raya Maospati-Sarangan, Kabupaten Magetan)

Muflihatin Nahar ^a, Dadang Supriyatno ^b

^a Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

^b Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

email: ^amuflihatin.19025@mhs.unesa.ac.id, ^bdadangsupriyatno@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 14 Agustus 2025

Revisi 25 Oktober 2025

Diterima 3 November 2025

Online 25 Desember 2025

Kata kunci:

Analisis Risiko

Kecelakaan Lalu Lintas

Jalan Berkeselamatan

Keparahan Korban

Lokasi Rawan Kecelakaan

ABSTRAK

Kenaikan Populasi dan modernisasi teknologi mempengaruhi banyaknya kendaraan bermotor dan peningkatan jumlah perjalanan kendaraan yang melintas di jalan raya Maospati-Sarangan, menyebabkan peluang terjadinya kecelakaan lalu lintas yang merugikan lebih tinggi sehingga bisa terjadi dimana saja dan sulit untuk diprediksi kapan terjadinya. Perkara ini membuat korban luka, kehilangan harta benda, hingga korban jiwa. Dengan demikian, perlu adanya analisis risiko penanganan kecelakaan lalu lintas dalam upaya meningkatkan jalan yang berkeselamatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor apa saja yang mempengaruhi risiko kecelakaan lalu lintas di ruas Jalan Raya Maospati-Sarangan dan bagaimana penanganan yang dilakukan. Data yang di analisis berdasarkan observasi lapangan, data kecelakaan, data lokasi kecelakaa dari instansi terkait dan matrix 5x5 lokasi kecelakaan. Dari hasil studi yang faktor utama terjadinya kecelakaan dikarenakan faktor manusia dan faktor prasarana. Untuk menghadapi faktor tersebut perlu adanya edukasi tata cara berkendara kepada masyarakat, kemudian melakukan pengaduan, pengecekan berkala, dan penambahan fasilitas jalan yang diajukan kepada dinas dan instansi terkait sehingga tingkat keparahan korban dan kejadian kecelakaan lalu lintas dapat berkurang.

Risk Analysis of Traffic Accident Management in an Effort to Improve Road Safety (Case Study: Maospati-Sarangan Highway, Magetan Regency) [Heading of Title]

ARTICLE INFO

Keywords:

Risk Analysis

Traffic Accident

Safe Road

Severity of the Victim

Accident Prone Location

Nahar, M. & Supriyatno, D.

(2023). Analisis Risiko

Penanganan Kecelakaan

Lalu Lintas dalam Upaya

Meningkatkan Jalan Yang

Berkeselamatan. (Studi

Kasus: Jalan Raya Maospati-

Sarangan Kabupaten

Magetan). MITRANS: Jurnal

Media Publikasi Terapan

ABSTRACT

Population growth and technological modernization have led to an increase in the number of motorized vehicles and increased travel on the Maospati-Sarangan highway, increasing the risk of fatal traffic accidents, which can occur anywhere and are difficult to predict. These incidents result in injuries, property loss, and even loss of life. Therefore, risk analysis for traffic accident management is necessary to improve road safety. This study aims to determine the factors that influence the risk of traffic accidents on the Maospati-Sarangan Highway and how to handle them. The data analyzed were based on field observations, accident data, accident location data from related agencies, and a 5x5 matrix of accident locations. From the study results, the main factors causing accidents are due to human factors and infrastructure factors. To address these factors, it is necessary to educate the public on driving procedures, then carry out complaints, regular checks, and add road facilities proposed to the relevant agencies and services so that the severity of victims and the incidence of traffic accidents can be reduced.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk mempengaruhi banyaknya kendaraan bermotor dan peningkatan jumlah perjalanan kendaraan yang melintas di jalan raya menyebabkan banyak terjadi kecelakaan lalu lintas. Kecelakaan lalu lintas kini menjadi permasalahan yang serius bagi lingkungan sekitar dan sulit untuk diprediksi kapan terjadinya. Kecelakaan lalu lintas merupakan suatu peristiwa di jalan yang tidak diduga dan tidak disengaja melibatkan kendaraan dengan atau tanpa pengguna jalan lain yang mengakibatkan korban manusia dan/atau harta benda. Parahnya kecelakaan lalu lintas mengakibatkan adanya korban luka, kecacatan hingga korban jiwa. Kecelakaan terjadi akibat kelalaian pengemudi atau pelanggaran lalu lintas pada umumnya dan beberapa faktor seperti faktor manusia, jalan, lingkungan, dan kendaraan.

Kabupaten Magetan terletak Provinsi Jawa Timur. Magetan dikenal dengan destinasi wisata alamnya yang indah salah satunya wisata Telaga Sarangan. Jalan raya Sarangan juga sebagai jalan alternatif yang menghubungkan perbatasan Kabupaten Magetan (Jawa Timur) dan Kabupaten Karanganyar (Jawa Tengah). Keberadaan Kabupaten Magetan yang berada di daerah gunung inilah yang menyebabkan kondisi jalanan bervariasi mulai dari jalanan datar, menanjak, hingga berkelok. Sehingga keamanan dan kenyamanan bagi pengemudi sangat berpengaruh terhadap masyarakat sekitar maupun wisatawan.

Jalanan yang ramai pengunjung yang melintas ini terdeteksi mengalami kecelakaan lalu lintas pada beberapa tahun terakhir. Fasilitas pelengkap jalan yang kurang memadai dan cuaca juga dipertimbangkan sebagai penyebabnya kecelakaan. Kecelakaan lalu lintas yang disebabkan kurangnya fasilitas jalan diawali dengan pelanggaran lalu lintas, utamanya pelanggaran pada rambu-rambu dan marka jalan. Manajemen dan rekayasa lalu lintas yang kurang baik seperti ukuran rambu-rambu lalu lintas yang kecil atau rambu-rambu yang tertutup jalan juga berpengaruh terhadap terjadinya kecelakaan. Penyebab lainnya yaitu rambu-rambu lalu lintas yang diletakkan tidak sesuai dengan kebutuhan pengemudi atau tidak pada tempatnya.

Selain dikarenakan fasilitas jalan, penyebab kecelakaan lainnya dikarenakan cuaca dan kondisi alam seperti hujan yang menyebabkan kondisi jalan menjadi licin terlebih pada jalanan yang menanjak serta kabut yang tebal membuat jalanan maupun pengemudi lain tidak terlihat oleh pandangan mata. Pada daerah pegunungan bencana alam seperti pohon tumbang dan tanah longsor juga harus diperhatikan bagi pengemudi yang melintas karena kecelakaan tersebut tidak dapat diteprediksi kapan terjadinya. Namun, kondisi alam dan cuaca bukanlah penyebab utama terjadinya kecelakaan lalu lintas. Melainkan kelalaian pengemudi dan kelelahan juga dapat menjadi faktor utama kejadian tersebut.

Berdasarkan permasalahan yang dibahas diatas penulis tertarik untuk membahas **Analisis Risiko Penanganan Kecelakaan Lalu lintas dalam upaya meningkatkan Jalan yang Berkeselamatan (Studi Kasus: Jalan Raya Maospati-Sarangan)** yang disusun untuk memberikan solusi penanganan kecelakaan supaya dapat meningkatkan keselamatan bagi pengemudi yang melintas di jalur tersebut. Yang membedakan penelitian milik penulis dengan kajian sebelumnya yaitu terletak pada analisis risiko penanganan kecelakaan penambahan fasilitas yang belum ada pada daerah yang terkonfirmasi rawan kecelakaan dan melakukan edukasi sosialisasi terkait kecelakaan lalu lintas. Tindakan ini

tidak sepenuhnya cukup untuk mengatasi masalah tersebut, tetapi diperlukan guna mengurangi atau memperkecil resiko dampak kecelakaan sehingga meningkatkan lalu lintas jalan yang berkeselamatan.

2. State of the Art

Penelitian terdahulu menjadi pedoman dalam melakukan penelitian untuk mengembangkan argumen yang kuat dan menunjukkan kredibilitas yang relevan. Berikut dibawah ini merupakan referensi penelitian terdahulu yang sesuai dengan riset studi.

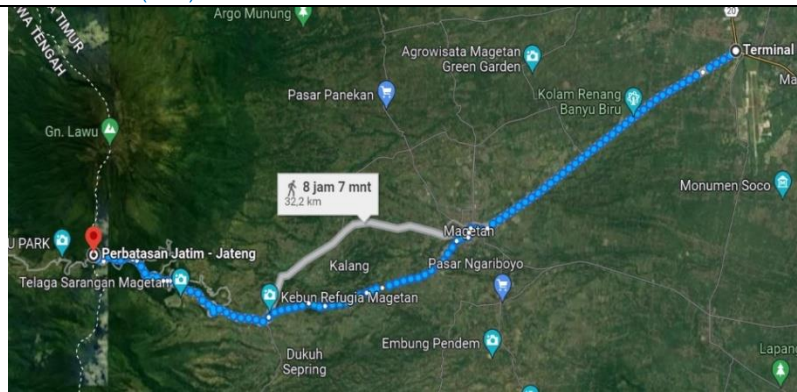
Tabel 1. Peneliti Terdahulu (Penulis, 2023)

No.	Peneliti, Tahun	Indikator	Kajian
1.	Valerino, R. E. (2021)	Kecepatan Sesaat, Kriteria Tingkat keparahan, Angka Ekuivalen Kecelakaan.	Mengkaji tentang Peningkatan Jalan berkeselamatan melalui metode pengembangan sarana dan prasarana pada ruas jalan maospati – magetan Tahun 2021. Menganalisa Kecepatan Sesaat, Kriteria Tingkat Keparahan, dan mengidentifikasi Angka Ekuivalen Kecelakaan (AEK).
2.	Pabayo, A. A. (2021)	Karakteristik kecelakaan (Tahun Kejadian, Bulan Kejadian, Hari Kejadian, Waktu kejadian), Aspek Jalan Berkeselamatan.	Mengkaji tentang Peningkatan Keselamatan lalu lintas di Jalan Raya Sarangan Kabupaten Magetan tahun 2021. Mengidentifikasi karakteristik kecelakaan berdasarkan Tahun, Bulan, Hari, dan Waktu Kejadian kecelakaan, serta menganalisa aspek jalan berkeselamatan.
3.	Bazar, R M. (2022)	Tipe Tabrakan, Rekomendasi Penanganan.	Mengkaji Upaya Peningkatan Keselamatan Lalu Lintas di daerah rawan Kecelakaan Jalan H. Alala Kota Kendari Tahun 2018-2020. Mengidentifikasi Tipe tabrakan dan rekomendasi penanganan.
4.	Saputra, A. D. (2017)	Jenis kecelakaan yang mendominasi	Mengkaji tentang masalah kecelakaan lalu lintas jalan yang diinvestigasi oleh KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) selama kurun waktu 2007-2016. Penelitian ini adalah penelitian retrospektif data sekunder dari laporan kecelakaan lalu lintas jalan yang dihimpun oleh KNKT dan hasilnya dianalisa secara deskriptif. Gambaran komposisi karakteristik kecelakaan dari pengolahan data diketahui berdasarkan jenis kecelakaan lalu lintas jalan.
5.	Aditriansah, H. (2018)	Klasifikasi Kecelakaan (Korban, Lokasi, Waktu, Posisi Kecelakaan, Jumlah kendaraan yang terlibat)	Mengkaji tentang klasifikasi kecelakaan lalu lintas pada ruas jalan Batu Ampar kota Batam selama periode 2012-2016, mengetahui faktor – faktor yang menjadi penyebab kecelakaan di ruas jalan Batu Ampar kota Batam berdasarkan tingkat <i>Accident Rate</i> , dan memberikan alternatif cara pencegahan kecelakaan lalu lintas di masa mendatang.

3. Metode Penelitian

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi Penelitian dilakukan di Jalan Raya Maospati-Sarangan Kabupaten Magetan, yaitu mulai dari Pertigaan Terminal Maospati hingga perbatasan jawa timur dan jawa tengah (cemoro sewu). Panjang ruas jalan yang akan diteliti dalam proyek akhir ini adalah sekitar 37 Km. Penelitian diperkirakan selesai dalam waktu kurang lebih 5 bulan, mulai dari tanggal 15 maret 2023.



Gambar 1. Peta Jalan Raya Maospati-Sarangan
Sumber: Maps, 2023.

3.2. Populasi dan Sampel

Populasi dan Sampel penelitian ini yaitu dari sampel seluruh tersangka kecelakaan yang tercatat di Polres Kabupaten Magetan dari tahun 2018 sampai 2022.

3.3. Variabel Penelitian

Dalam menganalisis risiko penanganan kecelakaan lalu lintas perlu adanya variabel yang perlu dikaji. Berikut merupakan indikator yang diperlukan untuk dikaji lebih mendalam: Titik rawan dengan Tingkat risiko tinggi dalam satuan kasus, tingkah laku manusia, kondisi prasarana jalan, faktor kondisi lingkungan, dan kondisi kendaraan.

3.4. Instrumen

Dalam penelitian ini, alat yang digunakan untuk membantu dalam penelitian yaitu dengan melakukan survei 33 embal pada daerah rawan kecelakaan untuk analisis risiko menggunakan alat bantu bolpoin, buku catatan analisis risiko, dan kamera.

3.5. Teknik Pengumpulan Data

A. Data Primer

Data Primer dilakukan dengan cara survei 33 embal untuk memperoleh data lapangan, bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting dan merumuskan permasalahan yang terjadi terkait analisis risiko yang diperoleh dalam kecelakaan lalu lintas.

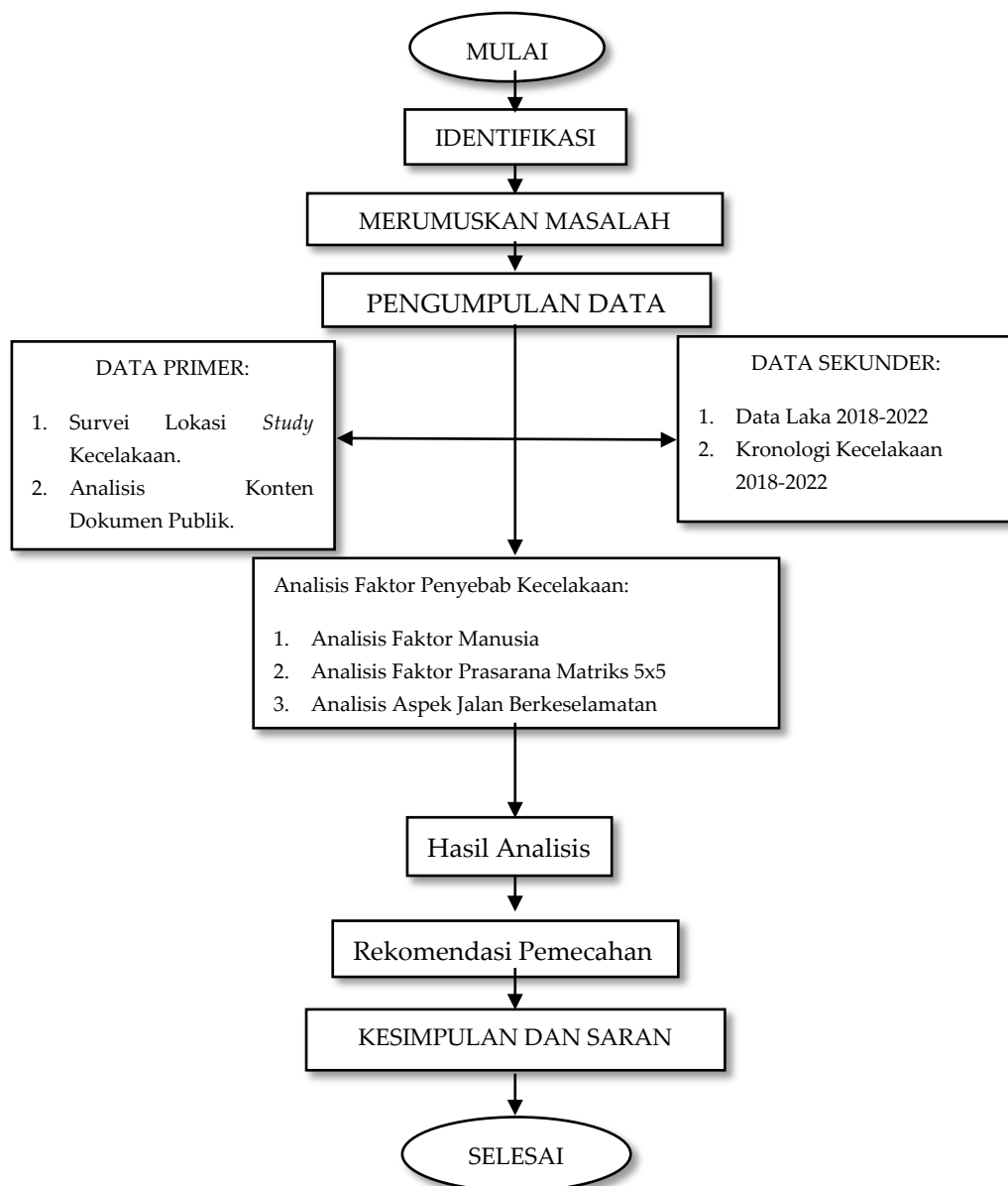
B. Data Sekunder

Peneliti memperoleh data sekunder dari sumber instansi maupun Lembaga yang berkaitan dengan data sesuai kebutuhan dalam perencanaan transportasi, yaitu: Data Laka yang diperoleh dari Polres Kabupaten Magetan, Kronologi kecelakaan di 33 embal rawan.

3.6. Teknik Analisis Data

Kemudian setelah melakukan pengumpulan data langkah selanjutnya yaitu: Analisis karakteristik kecelakaan, analisis daerah rawan kecelakaan, Angka Ekuivalen Kecelakaan, Analisis Faktor Penyebab Kecelakaan, Analisis Risiko Matrix 5x5, Aspek Jalan Berkeselamatan, Rekomendasi.

3.7. Bagan Alur



Gambar 2. Bagan Alur.
(Sumber: Penulis,2023)

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Profil Jalan

Jalan Raya Maospati Sarangan merupakan jalan provinsi dari madiun menuju jawa tengah. Jalan ini banyak dilintasi berbagai macam jenis kendaraan mulai dari sepeda motor hingga kendaraan besar. Mulai dari kendaraan pribadi hingga angkutan umum maupun angkutan barang. Oleh karena itu dilakukan analisis untuk mengetahui penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas dalam Upaya meningkatkan keselamatan lalu lintas. Fungsi Jalan Kolektor, Panjang Jalan 31,1 Km, Perkerasan Jalan Aspal.

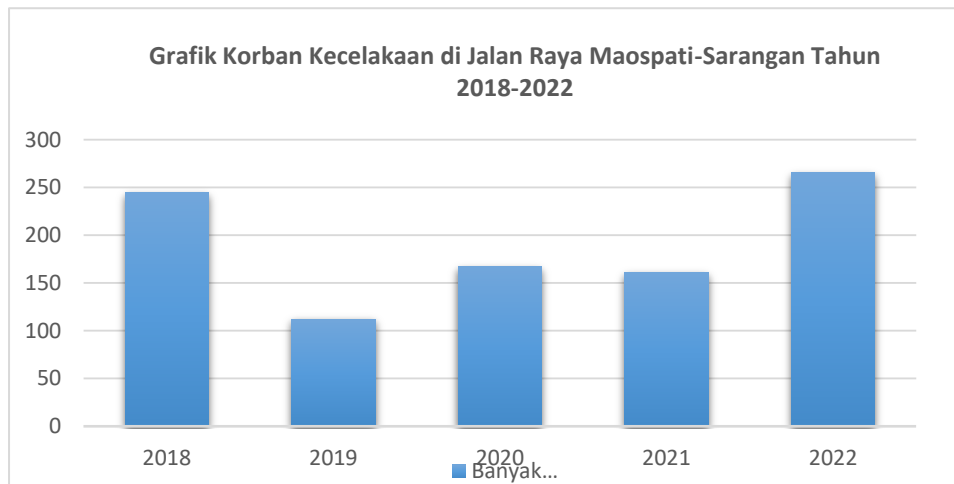
4.2. Analisis Karakteristik Kecelakaan

Karakteristik Kecelakaan yaitu bertujuan untuk mengetahui faktor yang menjadi penyebab kecelakaan lalu lintas di jalan raya Maospati-Sarangan Kabupaten Magetan.

A. Tahun Kejadian

Tabel 2. Kejadian Kecelakaan 2018-2022 (Polres Satlantas Kabupaten Magetan, 2023)

No.	Tahun	Jumlah Laka	Kategori Korban			Jumlah Korban
			MD	LB	LR	
1.	2018	116	24	1	183	244
2.	2019	122	17	0	195	112
3.	2020	93	20	1	146	167
4.	2021	105	28	0	133	161
5.	2022	137	16	31	218	265

**Gambar 3.** Grafik Kejadian Kecelakaan Tahun 2018-2022

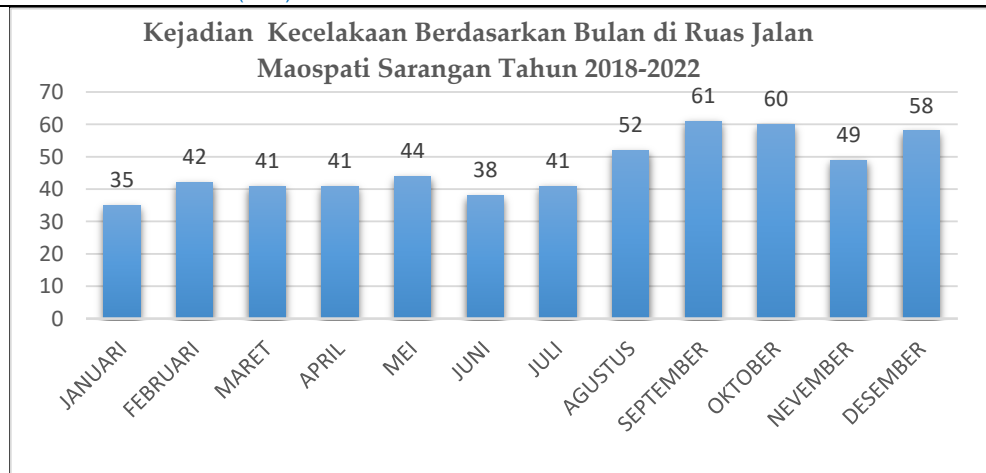
Sumber: (Penulis, 2023)

Data yang tertera pada grafik diatas menunjukkan banyaknya korban kejadian kecelakaan di Jalan Raya-Maospati Sarangan Kabupaten Magetan tertinggi terjadi Pada tahun 2022 dengan total kecelakaan sebanyak 137 kejadian. Tingkat fatalitas yang terjadi memakan sebanyak 265 korban dengan 16 meninggal dunia, 31 luka berat, dan 218 mengalami luka ringan.

B. Bulan Kejadian

Tabel 3. Bulan Kecelakaan dari Tahun 2018-2022 (Polres Satlantas Kabupaten Magetan, 2023)

Bulan	Tahun					Jumlah
	2018	2019	2020	2021	2022	
Januari	0	10	11	3	11	35
Februari	9	12	4	7	10	42
Maret	9	6	9	7	10	41
April	8	12	4	9	8	41
Mei	8	8	5	10	13	44
Juni	6	13	6	9	14	38
Juli	14	6	6	6	9	41
Agustus	12	13	11	5	11	52
September	16	10	10	11	14	61
Oktober	16	9	10	12	13	60
November	7	9	9	15	9	49
Desember	10	14	8	11	15	58



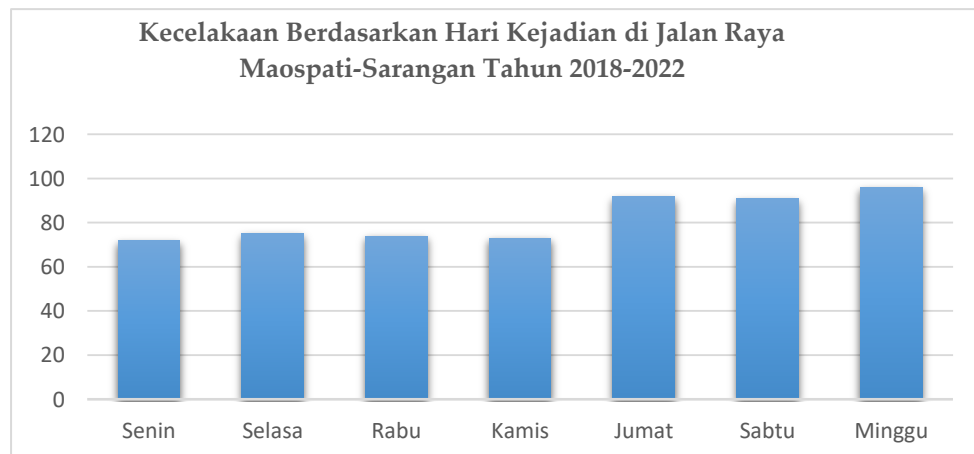
Gambar 4 Grafik Bulan Kecelakaan dari Tahun 2018-2022
(Sumber: Penulis, 2023)

Dapat di ketahui dari grafik diatas kecelakaan tertinggi terjadi pada bulan September dengan angka kecelakaan 61 kejadian dalam lima tahun terakhir.

C. Hari Kejadian

Tabel 4 Hari Kejadian Kecelakaan dari Tahun 2018-2022 ((Polres Satlantas Kabupaten Magetan, 2023)

Tahun	Hari Kejadian							Jumlah
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jum'at	Sabtu	Minggu	
2018	10	20	13	18	17	22	16	116
2019	19	14	21	12	19	13	24	122
2020	9	11	10	14	13	20	14	91
2021	16	15	12	11	16	18	19	107
2022	18	15	18	18	27	18	23	137
Jumlah	72	75	74	73	92	91	96	



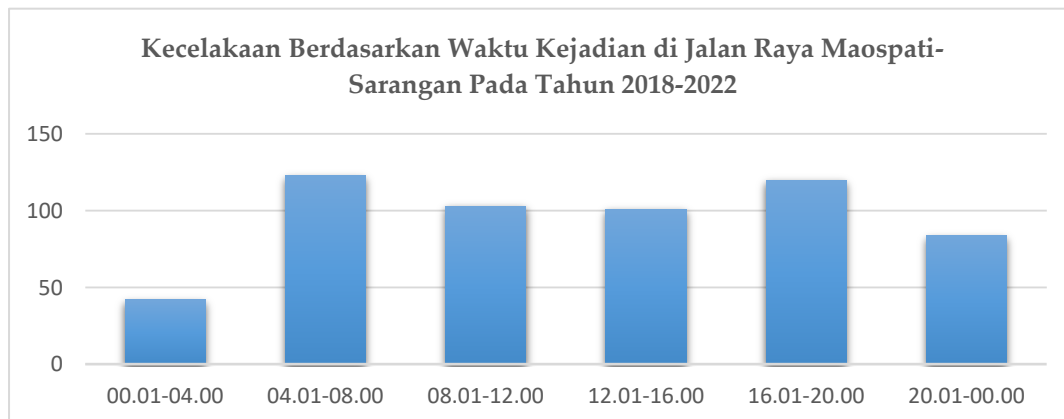
Gambar 5 Grafik Hari Kejadian Kecelakaan dari Tahun 2018-2022.
(Sumber: Penulis, 2023).

Grafik data yang didapatkan berdasarkan data menunjukkan kejadian kecelakaan tertinggi terjadi pada hari Minggu dengan jumlah kecelakaan sebanyak 96 kejadian dalam kurun waktu 2018-2022. Hal ini dikarenakan pada Hari minggu banyak aktivitas pendatang dari luar kota yang sedang berlibur.

D. Waktu Kejadian

Tabel 5 Waktu Kejadian Kecelakaan Tahun 2018-2022 (Polres Satlantas Kabupaten Magetan, 2023)

Tahun	Waktu Kejadian						Jumlah
	00.01-04.00 WIB	04.01-08.00 WIB	08.01-12.00 WIB	12.01-16.00 WIB	16.01-20.00 WIB	20.01-00.00 WIB	
2018	8	30	15	16	25	22	116
2019	4	38	13	16	25	26	122
2020	6	12	21	20	20	12	91
2021	13	15	17	22	27	13	107
2022	11	28	37	27	23	11	137
Jumlah	42	123	103	101	120	84	

**Gambar 6.** Grafik Waktu Kecelakaan Tahun 2018-2022
(Sumber: Penulis, 2023)

Grafik diatas yang menunjukkan kejadian kecelakaan pada tahun 2018-2022 berdasarkan waktu kejadian yaitu terjadi pada pukul 04.01-08.00 WIB.

4.3. Analisis Daerah Rawan Kecelakaan**Tabel 6.** Daerah rawan kecelakaan dan tingkat keparahan korban (Polres Satlantas Kabupaten Magetan, 2023)

No.	Nama Ruas Jalan	Jumlah		MD	LB	LR
		Kecelakaan	Korban			
1	Jalan Maospati	53	112	10	1	101
2	Jalan Sukomoro	134	196	17	-	179
3	Jalan Pahlawan	22	41	-	-	41
4	Jalan Purwosari	27	73	4	-	69
5	Jalan Baron	17	29	4	-	25
6	Jalan Tawanganom	1	1	-	-	1
7	Jalan Selosari	22	36	2	-	34
8	Jalan Sidorejo	66	98	15	-	83
9	Jalan Raya Plaosan	80	125	21	1	103
10	Jalan Raya Sarangan	62	118	13	-	105
11	Jalan Raya Cemorsewu	29	158	13	31	114
12	Jalan Raya A Yani	14	26	-	-	26

No.	Nama Ruas Jalan	Jumlah		MD	LB	LR
13	Jalan Raya Tambran	18	26	-	-	26
14	Jalan Raya Candirejo	9	14	1	-	13

Berdasarkan hasil data diatas maka diperoleh jalan yang merupakan lokasi rawan kecelakaan (*Black spot*) yaitu: Jalan Sukomoro dengan 134 kejadian kecelakaan, Jalan Raya Plaosan dengan 80 kejadian kecelakaan, Jalan Raya Sidorejo dengan 66 kejadian kecelakaan, Jalan Raya Sarangan dengan 62 kejadian kecelakaan, Jalan Raya Maospati dengan 53 kejadian kecelakaan.

4.4. Angka Ekuivalen Kecelakaan

Angka Ekuivalen Kecelakaan

$$AEK = 12MD + 6LB + 3LR + K$$

dengan:

MD : jumlah korban meninggal (jiwa)

LB : jumlah korban luka berat (orang)

LR : jumlah korban luka ringan (orang)

K : jumlah kejadian kecelakaan lalu lintas dengan kerugian material (kejadian)

Apabila dihitung berdasarkan fatalitasnya maka jalan yang rawan kecelakaan merupakan seperti tabel dibawah.

Tabel 7. Angka Ekuivalen Kecelakaan (Polres Satlantas Kabupaten Magetan, 2023)

No	Nama Ruas Jalan	Data			AEK			Jumlah AEK	Ranking
		MD	LB	LR	MDx12	LBx6	LRx3		
1	Jl. Sukomoro	17	0	179	204	0	537	741	1
2	Jl. Raya Cemoro Sewu	13	31	114	156	186	342	684	2
3	Jl. Raya Plaosan	21	1	103	252	6	309	567	3
4	Jl. Raya Sarangan	13	0	105	156	0	315	471	4
5	Jl. Raya Maospati	10	1	101	120	6	303	429	6
Jumlah		64	32	501	768	192	1503	2463	

Penentuan kecelakaan dapat dihitung dengan menggunakan (BKA) atau Batas Kontrol Atas dan Upper Control Limit (UCL) (Valerino, 2021). Metode BKA yaitu untuk mengidentifikasi batasan kecelakaan dengan nilai rata-rata seluruh angka kecelakaan.

Rumus:

$$BKA = C + 3\sqrt{C}$$

C : Angka Rata-rata kecelakaan AEK

Metode UCL yaitu metode untuk menentukan daerah rawan kecelakaan per segment sehingga diperoleh titik rawan kecelakaan atau *black spot*.

$$UCL = \lambda + \psi \times \sqrt{[(\lambda / m) + ((0.829)/m) + (1/2 \times m)]}$$

Keterangan :

λ : Rata-rata Angka Kecelakaan (AEK)

Ψ : Faktor Probabilitas = 2.576

m : Angka Kecelakaan Ruas yang ditinjau

Nilai Batas Kontrol Atas berdasarkan jumlah total angka kecelakaan AEK = 2463 pada 4 segmen.

$$C=2463/4 = 615,75$$

maka nilai BKA adalah:

$$BKA = C + 3\sqrt{C}$$

$$BKA = 615,75 + 3\sqrt{615,75}=690,2$$

Angka Kecelakaan dengan Metode Statistik Kendali Mutu Upper Control Limit Jumlah total angka kecelakaan AEK = 615,75 pada 4 segmen.

Maka :

$$\lambda = 615,75/4 = 153,9$$

$$\Psi = 2,576$$

$$m \text{ (diambil pada no.1)} = 741$$

Maka :

$$UCL = \lambda + \psi \times \sqrt{[(\lambda / m) + ((0.829)/m) + (1/2 \times m)]}$$

$$= 153,9 + 49,6$$

$$= 203,5 = 206$$

Angka 206 menunjukkan Tingkat beban risiko di Lokasi tersebut yang dapat dibandingkan antar wilayah atau antar waktu untuk menetapkan prioritas penanganan dan peningkatan keselamatan jalan. Adapun manfaat Angka Ekvivalen Kecelakaan adalah menentukan titik rawan kecelakaan (*black spot*), membantu merancang strategi penanganan dan intervensi keselamatan, memudahkan simulasi biaya kerugian akibat kecelakaan.

4.5. Analisis Faktor Penyebab Kecelakaan

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya kecelakaan diantaranya yaitu:

- Faktor Manusia : Penyebab kecelakaan lalu lintas Jalan Raya Maospati Sarangan karena kelalaian pengendara yang melintas dengan kecepatan tinggi, ugal-ugalan, tidak menggunakan atribut berkendara, kurangnya pemahaman rambu lalu lintas dan kurangnya kesadaran pengendara akan pentingnya keselamatan berkendara.
- Faktor Lingkungan dan cuaca: Faktor lingkungan dan cuaca karena daerah tersebut rawan banjir, berkabut, rawan longsor, ramai tempat wisata.
- Faktor Kendaraan: seringkali ditemukan kecelakaan dengan kondisi rem blong.
- Faktor Prasarana: banyak jalanan yang rusak akibat hujan dan tanah tebing yang mudah longsor namun tidak ada pagar pembatas jalan, serta kurangnya fasilitas jalan yang memadai.

4.6. Analisis Risiko Matrix 5x5

Tahapan ini dilakukan untuk memisahkan risiko kecil yang diterima dari risiko besar dengan bantuan data untuk menangani risiko skala prioritas. Rumus untuk menentukan peringkat risiko yaitu $LL \times S = RR$.

Keterangan:

LL	Dampak
S	Kemungkinan
RR	Hasil Perkalian
RISK	Risiko

Tabel 8. Matrix 5x5 (Penulis, 2023)

No.	Lokasi Titik Rawan	Tipe Kecelakaan Dominan	Frekuensi (5 Thn)	Jumlah AEK	Nilai Kemungkinan (Skala 1-5)	Nilai Dampak (Skala 1-5)	Tingkat Risiko	Prioritas Rekomendasi
1	Tikungan Mojosemi-Green Forest Lawu Jalan Raya Cemorosewu	Tak Terkendali	29	684	4	4	Tinggi	Sangat Tinggi
2	Area Pasar Sayur-Pom Bensin Plaosan	Kecelakaan Tunggal	80	567	3	3	Sedang	Sedang
3	Jalan Raya Sukomoro (<i>Twin Road</i> Tinap)	Depan-Depan	134	741	2	3	Rendah	Rendah
4	Jalur tanjakan tikungan dekat pintu masuk wisata telaga sarangan	Tabrak depan samping	62	471	3	3	Sedang	Sedang
5	Jalan Raya Dekat Terminal	Tabrak Samping	53	429	3	4	Peringatan	Tinggi

Tabel diatas merupakan hasil dari penelitian yang menjadi tolak ukur dalam menentukan prioritas rekomendasi prasarana jalan yang diusulkan dengan bekerjasama lembaga atau instansi terkait. Kemudian dibawah ini merupakan titik Blackspot yang akan diperbaiki.

4.7. Aspek Jalan Berkeselamatan

A. *Self-Explaining Roads*



Gambar 7. Kondisi Eksisting Marka di Jalan Raya Selosari
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)



Gambar 8. Rekomendasi marka di Jalan Raya Selosari.
(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Gambar diatas merupakan pembuatan marka jalan untuk pembatas ruas yang dipasang oleh instansi terkait.

B. Regulating Roads



Gambar 9. Kondisi eksisting di pertigaan Jalan Raya Plaosan
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)

Di Jalan pertigaan pada gambar terdapat taman yang menjadi estetika pemisah lalu lintas atau pejalan kaki. Berefek pada pengendara yang mengurangi kecepatan dan bersifat lebih pasif, namun bukan sebagai pengatur diri sendiri yang dirancang seperti memaksa agar kecepatan aman.

C. Enforcing Roads



Gambar 10. Kondisi Eksisting Jalan Raya Plaosan
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)



Gambar 11. Rekomendasi Penambahan pita pengaduh di Jalan Raya Plaosan.
(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Gambar diatas merupakan rancangan jalan setelah di pasang pita pengaduh jalan dengan harapan kendaraan dapat mengurangi kecepatan sehingga dapat meminimalisir kecelakaan.

D. *Forgiving Roads*



Gambar 12. Kondisi eksisting Jalan Raya Plaosan
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023)

Dijelaskan bahwa sudah terdapat pagar pembatas jalan supaya apabila terjadi kecelakaan diharapkan dapat mengurangi Tingkat keparahan korban kecelakaan.

4.8. Rekomendasi

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat diusulkan pemecahan masalah sebagai berikut: Perbaikan Marka Jalan yang sudah pudar supaya terlihat jelas oleh pandangan pengemudi dan meminimalisir terjadinya kecelakaan lalu lintas, Perbaikan Rambu jalan yang sudah rusak dengan mengubah posisi seperti semula, Memasang rambu tanjakan dan turunan supaya kendaraan yang melintas siap, Memasang cermin cembung supaya pada tikungan kendaraan dari arah berlawanan terlihat, Memasang Lampu Jalan Supaya Ketika malam hari jalanan terlihat, Pemasangan Rambu Batas Kecepatan supaya pengemudi tidak melaju dengan kencang, Melakukan sosialisasi edukasi terkait himbauan aman berkendara serta bahaya resiko kepada masyarakat.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis terkait penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut: Karakteristik kecelakaan berdasarkan hasil Analisa data kecelakaan di Jalan Raya Maospati-Sarangan tahun 2018-2022 adalah Kecelakaan tertinggi terjadi pada tahun 2022, bulan terbanyak pada bulan September, hari kejadian terbanyak pada hari minggu, waktu kejadian pada pukul 04.01-08.00 WIB. Faktor yang menyebabkan terjadinya kecelakaan lalu lintas di Jalan Raya Maospati-Sarangan adalah faktor manusia dan faktor prasarana. Faktor manusia karena kurang edukasi dan kecerobohan sendiri, Faktor Prasarana dari titik rawan kecelakaan ditemukan lima Lokasi *blackspot* yaitu Jalan Raya Cemorsewu, Jalan Raya Sarangan, Jalan Raya Plaosan, Jalan Raya Sukomoro, dan Jalan Raya Maospati. Cara penanganannya yaitu dengan membuat pengaduan dan bekerjasama dengan Masyarakat dan dinas terkait untuk pengecekan berkala, perbaikan dan pemeliharaan prasarana jalan.

6. Ucapan Terima Kasih

Rasa Syukur Terimakasih kepada Allah SWT yang telah kemudahan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun artikel berjudul "Analisis Risiko Penanganan Kecelakaan Lalu Lintas Dalam Upaya Meningkatkan Jalan Yang Berkeselamatan (Studi Kasus: Jalan Raya Maospati-Sarangan Kabupaten Magetan)" hingga selesai. Rasa terimakasih Penulis kepada bapak Dr. Ir. H. Dadang Supriyatno, M.T., IPU., ASEAN.Eng. yang telah mengarahkan dan membimbing penulis hingga tuntas. Kepada orangtua dan keluarga sebagai pendukung terbaik, serta bapak, ibu dosen dan teman-

teman yang telah membantu penulis dalam memberikan ilmu sehingga dapat menyelesaikan artikel ini.

7. Referensi

- Aditriansah, Heru. 2018. "Analisis Kecelakaan lalu Lintas pada Ruas Jalan Batu Ampar Kota Batam dengan Metode Accident Rate". Teknik Sipil. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Bazar, Reynita Maharani. 2022. "Upaya Peningkatan Keselamatan Lalu Lintas di Daerah Rawan Kecelakaan Jalan H. Alala Kota Kediri". Program Studi Sarjana Terapan Transportasi Darat. Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD. Bekasi.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004. Pd T-09-2004-B. Penanganan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas. Jakarta.
- Fadilah, Husna Mei. 2019. "Analisis Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Tinjauan Terhadap Geometrik Jalan Raya Pada Ruas Jalan Raya Ajibarang-Purwokerto". Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik dan Sains. Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Purwokerto.
- Fajar, Muhammad Syaeful. 2015. "Analisis Kecelakaan Lalu Lintas Jalan Raya di Kota Semarang Menggunakan Metode K-Means Clustering". Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Hafidzar, Idhar. 2021. "Analisis Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas Jalan Arteri Primer Maospati-Solo". Manajemen Transportasi Jalan. Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD. Bekasi.
- Ikroom, David Wal. 2014. "Mengurangi Resiko Kecelakaan Lalu-Lintas Melalui Audit Keselamatan Jalan (Studi Kasus Jalan Kalimantan Kota Bengkulu)". Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Bengkulu. Bengkulu.
- Pabayo, Angga Arrya. 2021. "Peningkatan Keselamatan Pada Ruas Jalan Sarangan Kabupaten Magetan". Manajemen Transportasi Jalan. Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD. Bekasi.
- Republik Indonesia. 2004. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan.
- Republik Indonesia. 2006. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan.
- Republik Indonesia. 2009. Undang-undang Republik Indonesia No 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.
- Rudrokasworo, Silvanus Nohan. 2009. "Upaya Penurunan Tingkat Fatalitas Titik Rawan Kecelakaan (Studi Kasus: Kabupaten Gunung Kidul DIY). Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Depok.
- Saputra, Abadi Dwi. 2017. "Studi Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Jalan di Indonesia Berdasarkan Data KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) Dari Tahun 2007-2016". Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT). Jl. Medan Merdeka Timur No. 5. Jakarta Pusat. 10110
- Sukirman, Silvia. 1999. Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan. Bandung: Nova.
- Syaifullah, Muhammad Dzulfikar, Rianto Rili Prihatmanty, Hardjana. 2020. "Implementasi Runk Pilar ke-2 Terhadap Peningkatan Keselamatan Lalu Lintas Jalan Ruas Jalan Bulukumba Bira KM 162 Kabupaten Bulukumba". Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD. Jalan Raya Setu No. 89. Kabupaten Bekasi. Jawa Barat. 17520.
- Valerino, Ridha Edwin. 2021. "Peningkatan Jalan Berkeselamatan Melalui Metode Pengembangan Sarana dan Prasarana pada Ruas Jalan Maospati – Magetan". Manajemen Transportasi Jalan. Politeknik Transportasi Darat Indonesia – STTD. Bekasi.
- Wardan dan Kurniadi, 2017. Jurnal Algoritma Sekolah Tinggi Teknologi Garut.

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.idHalaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Perancangan Ulang *Layout* Terminal Bunder Gresik Sebagai Upaya Peningkatan Keselamatan dan Kenyamanan

Mohammad Rivaldy ^a, Purwo Mahardi ^b

^a Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

^b Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

email: ^amohammadrivaldy.21048@mhs.unesa.ac.id, ^bpurwomahardi@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 31 Agustus 2025

Revisi 29 Oktober 2025

Diterima 19 November 2025

Online 25 Desember 2025

Kata kunci:

Terminal Bunder

Redesain

FMEA

Keselamatan

Kenyamanan

ABSTRAK

Terminal Bunder Gresik, sebagai penghubung transportasi utama, menghadapi masalah serius terkait keselamatan dan kenyamanan penumpang, termasuk ketidakterpisahan jalur kendaraan umum dan pribadi, serta fasilitas keselamatan yang tidak memadai. Penelitian ini bertujuan untuk merancang ulang *layout* terminal guna meningkatkan kedua aspek tersebut. Dalam mengidentifikasi kegagalan pada desain terminal saat ini, dilakukan dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), menghitung *Risk Priority Number* (RPN), dan merumuskan langkah mitigasi. Temuan utama menunjukkan tiga risiko utama dengan RPN tinggi, yakni kegagalan informasi visual, sirkulasi kendaraan, dan aksesibilitas difabel. Berdasarkan temuan ini, rekomendasi redesign mencakup pemisahan jalur kendaraan, penataan ulang ruang tunggu, dan peningkatan fasilitas akses difabel. Redesain dilakukan untuk menemukan solusi terkait keselamatan dan kenyamanan, menciptakan lingkungan yang terstruktur sehingga mengurangi potensi kecelakaan. Implikasi dari penelitian ini adalah pentingnya penerapan desain yang lebih ramah pengguna dan sesuai standar keselamatan untuk meningkatkan kualitas layanan transportasi umum.

Redesigning the Bunder Gresik Terminal Layout as an Effort to Improve Safety and Comfort

ARTICLE INFO

Keywords:

Bunder Terminal

Redesign

FMEA

Safety

Comfort

Rivaldy, M., & Mahardi, P. (2025). Perancangan Ulang *Layout* Terminal Bunder Gresik Sebagai Upaya Peningkatan Keselamatan dan Kenyamanan. MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi, v3 (n3), 311 - 322.

ABSTRACT

Gresik Bunder Terminal, as a key transportation hub, faces serious issues regarding passenger safety and comfort, including the lack of separation between public and private vehicle lanes, as well as inadequate safety facilities. This study aims to redesign the terminal layout to improve both aspects. To identify failures in the current terminal design, the study employs the *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) method, calculates the *Risk Priority Number* (RPN), and formulates mitigation steps. The main findings highlight three major risks with high RPN: failure in visual information, vehicle circulation, and accessibility for people with disabilities. Based on these findings, the redesign recommendations include the separation of vehicle lanes, reorganization of waiting areas, and enhancement of disability access facilities. The redesign seeks to find solutions related to safety and comfort, creating a structured environment that reduces the potential for accidents. The implications of this study emphasize the importance of implementing a user-friendly design that complies with safety standards to improve the quality of public transportation services.

1. Pendahuluan

Transportasi bus mempunyai sisi penting bagi mayoritas masyarakat pada daerah perkotaan, karena memiliki intensitas pergerakan yang tinggi sehingga kerap kali terjadi kemacetan. Terminal bus, berfungsi sebagai titik perkumpulan dan pengaturan angkutan umum, sangat penting untuk menjaga kelancaran operasional transportasi (Putri, 2022). Terminal Bunder Gresik, yang melayani rute tujuan antar kota antar provinsi, memainkan peran strategis sebagai simpul transportasi di Kabupaten Gresik dan kawasan Kertasusila. Meskipun terdapat peningkatan jumlah penumpang, kondisi terminal saat ini menghadapi masalah keselamatan akibat tidak adanya pemisahan jalur antara bus dan kendaraan pribadi pengantar. Penelitian sebelumnya oleh Firdaus (2015) menunjukkan bahwa interaksi berbahaya antara jenis kendaraan ini meningkatkan risiko kecelakaan.

Peningkatan keselamatan dan kenyamanan penumpang dapat dicapai melalui redesain terminal dengan pemisahan jalur yang jelas antara bus dan kendaraan pribadi. Andarista et al. (2023) mengemukakan pemisahan jalur berperan dalam mengurangi potensi terjadinya konflik antara kendaraan dan pejalan kaki, serta meningkatkan aspek keselamatan dan kenyamanan. Di samping itu, penerapan metode FMEA dalam analisis desain terminal memungkinkan identifikasi potensi risiko yang lebih mendalam. desain terminal dapat mengidentifikasi potensi risiko dan memberikan langkah mitigasi yang efektif (Putra dan Nugraheni, 2023). Metode FMEA yang terstruktur digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis risiko dalam desain terminal yang ada.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penilaian terhadap kondisi fasilitas terminal dilakukan dengan membandingkannya dengan standar yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 132 Tahun 2015, serta mengidentifikasi potensi risiko dalam desain terminal yang ada dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), serta merancang ulang jalur bus dan penataan tata letak penumpang untuk mengoptimalkan operasional, meningkatkan keselamatan, dan meningkatkan kenyamanan penumpang secara signifikan. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting dalam pengembangan terminal yang lebih aman dan nyaman, sekaligus mendukung perbaikan kebijakan transportasi umum di masa depan.

2. Studi Literatur

2.1. Transportasi Umum

Penggunaan transportasi massal memiliki peran penting dalam mengurangi kemacetan dan polusi di perkotaan, serta meningkatkan efisiensi perjalanan. Menurut Putri (2022), transportasi umum berkontribusi pada perkembangan ekonomi dengan memperlancar mobilitas dan mempercepat distribusi barang dan jasa. Selain itu, transportasi massal dapat mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan kendaraan pribadi, yang secara langsung berkontribusi dalam mengurangi kemacetan dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

2.2. Terminal

Terminal merupakan infrastruktur penting yang menghubungkan berbagai moda transportasi dan memfasilitasi pergerakan penumpang. Tamin (2000) menyatakan bahwa terminal berfungsi sebagai titik peralihan antara berbagai moda transportasi, yang memfasilitasi perpindahan penumpang secara efisien. Dengan perencanaan yang baik, terminal dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi kemacetan di sekitarnya, serta memastikan kenyamanan dan keselamatan penumpang.

2.3. Redesain Terminal dan Tata Letak

Desain tata letak terminal yang optimal dapat meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan. Kurniawati (2018) mengungkapkan bahwa dengan perancangan tata letak yang baik, waktu tunggu penumpang dapat dikurangi dan arus kendaraan dapat lebih teratur. Redesain terminal yang mempertimbangkan pengaturan jalur yang jelas antara kendaraan umum dan pribadi akan mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan kenyamanan penumpang.

2.4. Fasilitas Keselamatan dan Kenyamanan

Fasilitas keselamatan dan kenyamanan yang memadai sangat penting untuk menciptakan pengalaman yang aman bagi pengguna terminal. Hilmy et al. (2021) menekankan fasilitas keselamatan, seperti jalur evakuasi yang terdefinisi dengan jelas dan alat pemadam kebakaran, sangat memengaruhi persepsi aman pengguna terminal, serta berperan penting dalam mengurangi risiko kecelakaan dan menjaga kenyamanan penumpang selama berada di terminal.

2.5. Metode FMEA

Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mendeteksi kemungkinan kegagalan dalam desain sistem atau proses. Menurut Adriant dan Wahyuni (2018), FMEA efektif dalam menganalisis risiko dan merancang langkah mitigasi untuk mencegah kegagalan yang dapat memengaruhi operasional. Penerapan FMEA dalam redesain Terminal Bunder Gresik diharapkan dapat meningkatkan keselamatan dan kenyamanan dengan mengidentifikasi potensi risiko dalam desain terminal yang ada dan merumuskan solusi yang tepat.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Terminal Bunder Gresik, yang merupakan titik strategis dalam jaringan transportasi di Kabupaten Gresik. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi risiko dan mode kegagalan dalam desain terminal yang sedang berjalan, serta merumuskan langkah mitigasi dengan menggunakan metode FMEA, guna meningkatkan keselamatan, kenyamanan, dan memberikan perubahan yang lebih baik pada operasional terminal.

3.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan utama, yaitu survei dan observasi langsung.

a. Survei:

Kuesioner dengan 14 pernyataan disebarakan kepada 197 responden yang dipilih berdasarkan rumus Slovin untuk menentukan ukuran sampel yang representatif. Survei ini menggunakan skala likert dengan lima poin digunakan untuk mengukur persepsi pengguna terkait keselamatan, kenyamanan, dan fasilitas terminal.

b. Observasi Langsung:

Peneliti melakukan observasi langsung di terminal untuk menganalisis pola pergerakan kendaraan dan penumpang, serta mengevaluasi kondisi fasilitas yang ada, guna mengidentifikasi potensi risiko yang mungkin timbul dari desain terminal yang ada.

3.2. Teknik Pengumpulan Data

a. Data Primer:

Data diperoleh melalui penggunaan kuesioner dan observasi langsung terkait keselamatan, kenyamanan, dan fasilitas terminal. Data primer ini akan dianalisis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dalam operasional terminal.

b. Data Sekunder:

Data terkait tata letak eksisting, evaluasi fasilitas terminal, dan peraturan-peraturan yang relevan akan diperoleh dari Dinas Perhubungan Kabupaten Gresik serta dokumen terkait lainnya.

3.3. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh melalui survei dan observasi akan dianalisis dengan dua metode utama, yaitu Statistik Deskriptif dan FMEA.

a. Analisis Statistik Deskriptif:

Digunakan untuk menggambarkan distribusi data dan memberikan gambaran umum mengenai persepsi pengguna terhadap kondisi terminal. Analisis ini dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS.

b. Identifikasi Risiko dengan FMEA:

Tahapan ini mencakup identifikasi komponen dan fungsi terminal, perhitungan *Risk Priority Number* digunakan menilai setiap mode kegagalan, dengan pertimbangan: keparahan, probabilitas terjadinya, dan kemampuan mendeteksi. dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection$$

Berdasarkan hasil RPN, prioritas mitigasi risiko ditentukan, dengan fokus pada risiko yang memiliki RPN tertinggi.

3.4. Langkah-langkah Penelitian

1. Pengumpulan Data:

Dengan menggunakan survei kuesioner dan observasi langsung untuk mengidentifikasi kondisi eksisting terminal.

2. Identifikasi Risiko:

Menggunakan FMEA digunakan untuk menganalisis potensi kegagalan dalam desain terminal

3. Perumusan Strategi Mitigasi:

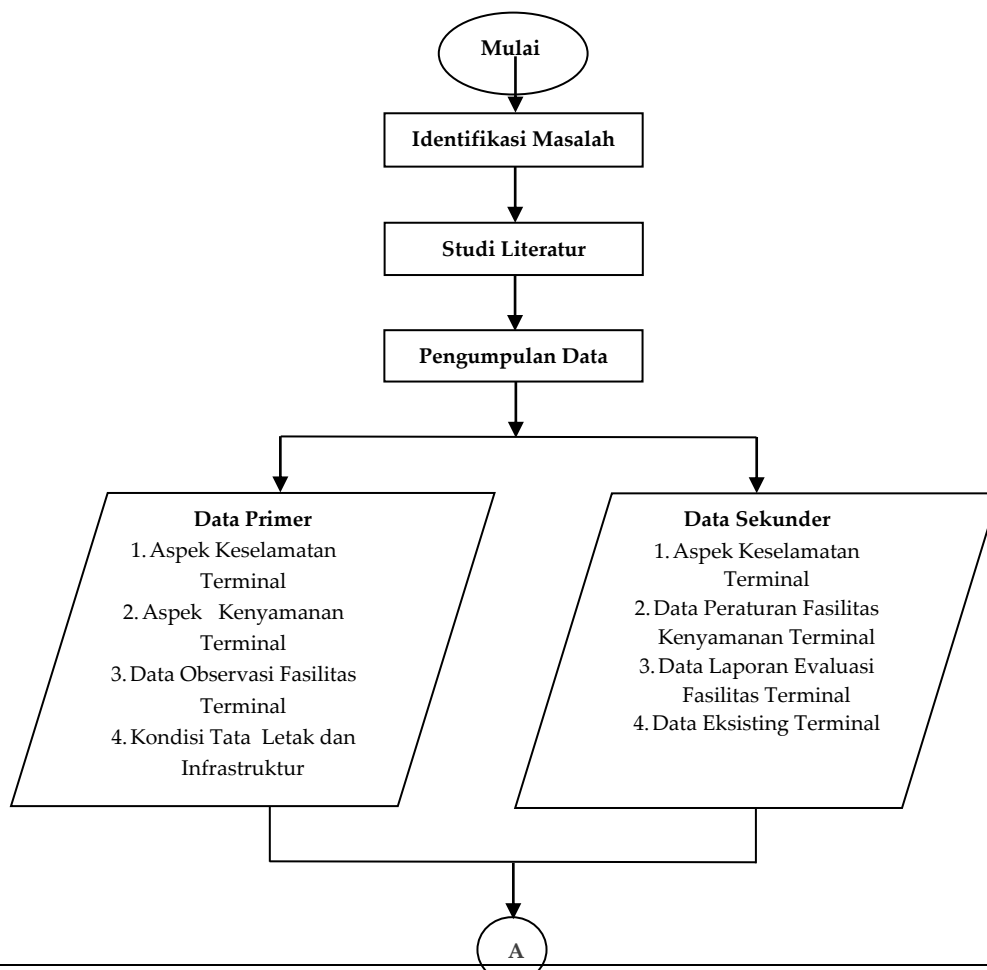
Berdasarkan hasil FMEA, strategi mitigasi disusun untuk mengurangi atau menghilangkan risiko yang teridentifikasi.

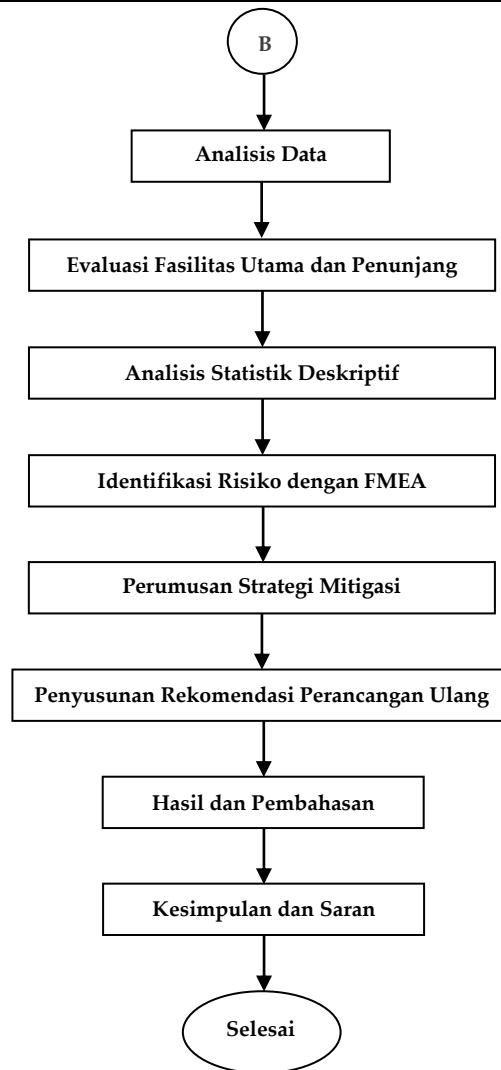
4. Penyusunan Rekomendasi Redesain Terminal:

Berdasarkan hasil analisis, rekomendasi redesain terminal disusun untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan

3.5. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian ini menggambarkan secara sistematis langkah-langkah yang akan dilaksanakan:





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Gambaran Umum Terminal Bunder Gresik



(a)



(b)

Gambar 2: (a) Pintu Masuk ; (b) Pintu Keluar (Dokumentasi Pribadi, 2025)





Terminal Bunder Gresik merupakan terminal tipe B yang melayani berbagai moda transportasi, termasuk bus antar kota dan antar provinsi. Namun, terdapat beberapa masalah dalam hal desain dan fasilitas yang perlu diperbaiki. Sebagai contoh, titik konflik antara kendaraan roda dua, mobil pribadi, dan bus di pintu masuk dan keluar terminal sebagaimana ditampilkan pada gambar 2, a dan b menjadi masalah utama yang mengganggu kelancaran arus lalu lintas dan meningkatkan potensi kecelakaan. Hal ini menunjukkan pentingnya redesain sirkulasi kendaraan.

4.2. Rekapitulasi Hasil Evaluasi Fasilitas Terminal

Hasil evaluasi terhadap fasilitas utama dan penunjang menunjukkan bahwa beberapa fasilitas, seperti penggabungan jalur kedatangan dan keberangkatan bus, tidak sesuai dengan ketentuan dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 132 Tahun 2015. Setelah ditinjau melalui evaluasi fasilitas, diperoleh hasil yang menunjukkan fasilitas-fasilitas yang menjadi prioritas untuk dilakukan redesain sebagai berikut.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Evaluasi Fasilitas Terminal Bunder (Dokumentasi Pribadi, 2025)

No	Fasilitas	Dokumentasi	Analisis	Keterangan
1	Rambu Parkir BusTransJatim & Damri		Rambu tidak terlihat, karena tertutup pohon. Kemudian pihak dishub memasang banner parkir bus Transjatim dan Damri.	Tidak Sesuai
2	Rambu Parkir Untuk Sepeda Motor		Pada gambar tersebut menunjukkan, tidak ada rambu bagi tempat parkir sepeda motor	Tidak Sesuai
3	Rambu Parkir Untuk Trans Koridor 3		Rambu parkir untuk bus transjatim koridor 3, berwarna kuning	Tidak Sesuai
4	Rambu Parkir Bus di sisi barat Terminal		Pada gambar disamping menunjukkan, ketiadaan rambu parkir bagi parkir bus	Tidak Sesuai
5	Rambu Petunjuk Tujuan Trayek Bus		Pada Jalur bus AKDP dan AKAP, tidak memiliki papan petunjuk trayek bus di masing masing jalur	Tidak sesuai

No	Fasilitas	Dokumentasi	Analisis	Keterangan
6	Jalur Penyandang disabilitas Terminal		Pada Jalur Pedestrian di terminal, tidak terdapat <i>guiding block</i> untuk penyandang disabilitas	Tidak Sesuai
7	Zona Drop-Off pengantar penumpang		Pintu masuk area drop off, melalui jalur yang sama dengan pintu masuk Bus, sehingga menimbulkan konflik kendaraan	Tidak Sesuai
8	Jalur Kedatangan dan Jalur Keberangkatan Bus Antar Kota Dalam Provinsi dan Antar Kota Antar Provinsi,		Jalur Kedatangan dan keberangkatan Bus AKDP, AKAP, bercampur menjadi satu	Tidak Sesuai
9	Shelter Damri Gresik-Bandara Juanda		Jalur Kedatangan dan keberangkatan Bus Damri bercampur menjadi satu	Tidak Sesuai

4.3. Persepsi Pengguna Terminal

Berdasarkan hasil persepsi pengguna terminal yang didapatkan dari 208 responden dengan menggunakan *google form*, terdapat beberapa aspek yang dinilai oleh responden mengenai kondisi terminal, yaitu aspek keselamatan, kenyamanan, fasilitas, dan tata letak. Dalam aspek keselamatan, mayoritas responden (69,7%) merasa bahwa rambu keselamatan tidak mudah dipahami, dan sebagian besar (72,1%) tidak puas dengan penerangan di terminal, terutama pada malam hari. Meskipun demikian, sebagian besar responden (75,5%) tidak pernah menyaksikan kecelakaan dalam terminal, yang menunjukkan tingkat keselamatan yang relatif baik. Dalam aspek kenyamanan, 70,2% responden memberikan penilaian negatif terhadap kebersihan dan ventilasi ruang tunggu, serta 70,7% merasa ketersediaan tempat duduk di ruang tunggu tidak memadai. Sebanyak 64,4% responden juga merasa kesulitan dalam menemukan dan memahami informasi jadwal keberangkatan dan kedatangan bus. Dalam aspek fasilitas dan tata letak, 77,4% responden menilai jalur naik dan turun penumpang tidak tertata dengan baik, 67,8% merasa fasilitas jalur khusus untuk penyandang

disabilitas belum memadai, lebih dari 60% merasa jalur pejalan kaki dan marka jalan tidak memadai, dan 68,8% merasa kesulitan dalam menemukan jalur bus yang sesuai dengan tujuan mereka.

Penilaian ini menunjukkan bahwa terdapat beberapa area kritis yang perlu mendapat perhatian dalam perbaikan fasilitas dan pelayanan terminal. Aspek keselamatan, meskipun relatif aman, masih membutuhkan perbaikan pada rambu dan penerangan. Aspek kenyamanan dan fasilitas perlu dibenahi, terutama pada kebersihan, ventilasi ruang tunggu, serta ketersediaan tempat duduk dan informasi yang lebih jelas bagi pengguna. Selain itu, tata letak jalur penumpang dan fasilitas untuk penyandang disabilitas juga harus diperbaiki agar lebih memadai, guna meningkatkan pengalaman pengguna terminal secara keseluruhan.

4.4. Identifikasi Risiko dan Mode Kegagalan dengan FMEA

Risk Priority Number adalah parameter kuantitatif yang digunakan dalam metode FMEA untuk menentukan prioritas penanganan terhadap setiap mode kegagalan. RPN dihitung dengan mengalikan tiga faktor utama, yaitu *Severity* (S) X *Occurrence* (O) X *Detection* (D), sebagaimana hasil perhitungan nilai RPN pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Identifikasi Risiko dengan FMEA (Analisis Pribadi, 2025)

No	Mode Kegagalan	<i>Severity</i> (S)	<i>Occurance</i> (O)	<i>Detection</i> (D)	RPN	Kategori Risiko
1	Kegagalan Informasi Visual	9	9	6	486	Risiko Tinggi
2	Kegagalan Pelayanan untuk Pengguna Difabel	9	9	5	405	Risiko Tinggi
3	Kegagalan Sirkulasi Kendaraan dan Penumpang	9	9	4	324	Risiko Tinggi

Melalui analisis FMEA, ditemukan tiga mode kegagalan dengan kategori risiko tinggi, yaitu kegagalan informasi visual, sirkulasi kendaraan dan penumpang, serta aksesibilitas bagi penyandang disabilitas. Masing-masing mode kegagalan menunjukkan potensi bahaya tinggi terhadap keselamatan dan kenyamanan pengguna terminal. Berdasarkan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), kegagalan informasi visual (RPN = 486), kegagalan sirkulasi (RPN = 324), dan kegagalan pelayanan untuk difabel (RPN = 405). Sehingga hasil identifikasi tersebut menjadi rujukan utama untuk rekomendasi redesain terminal berdasarkan kategori risiko yang tertinggi.

4.5. Strategi Mitigasi Berdasarkan Nilai RPN Risiko Tinggi

Strategi mitigasi berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) risiko tinggi. Maka berikut adalah langkah-langkah mitigasi untuk mode kegagalan yang teridentifikasi:

- Kegagalan Informasi Visual (Rambu dan Petunjuk Arah).

Ketidaktampakan dan ketidakjelasan informasi trayek serta rambu parkir menyebabkan kebingungan bagi pengguna, terutama pengunjung baru. Merujuk pada peraturan menteri mengenai rambu lalu lintas strategi mitigasi yang diterapkan meliputi penyusunan rambu parkir sesuai dengan ketentuan serta penyediaan papan informasi trayek bus di jalur kedatangan dan jalur keberangkatan untuk mempermudah pengguna dalam memahami alur perjalanan di Terminal Bunder

- Kegagalan Sirkulasi Kendaraan dan Penumpang.

Konflik antara jalur kendaraan dan pejalan kaki meningkatkan risiko kecelakaan dan ketidakteraturan arus. Hal ini bertentangan berdasarkan peraturan menteri, yang mewajibkan pemisahan antara pergerakan orang dan kendaraan untuk menjamin keselamatan pengguna, serta mengatur bahwa sirkulasi kendaraan dan pejalan kaki harus dipisahkan dengan pengamanan yang memadai. Untuk

mengatasi masalah ini, strategi mitigasi yang disarankan adalah rekayasa lalu lintas internal, yang mencakup perancangan ulang jalur masuk dan keluar kendaraan serta area *drop-off* agar pergerakan kendaraan dan pejalan kaki tidak saling mengganggu.

c. Kegagalan Layanan Difabel dan Akses Inklusif

Fasilitas aksesibilitas bagi pengguna berkebutuhan khusus di terminal masih belum memadai dan tidak sepenuhnya sesuai dengan standar yang ditetapkan. Berdasarkan peraturan menteri, terminal diwajibkan menyediakan jalur pedestrian dan fasilitas yang ramah bagi penyandang disabilitas. Strategi mitigasi yang diusulkan mencakup penerapan *guiding block* bagi penyandang disabilitas tunetra, serta perancangan jalur pedestrian yang memenuhi standar ukuran minimal, yaitu 150 cm untuk jalur satu arah dan 160 cm untuk jalur dua arah. Perancangan jalur pemandu ini diharapkan dapat menciptakan lingkungan yang lebih inklusif serta ramah bagi penyandang disabilitas.

4.6. Rekomendasi Redesain Terminal Bunder Gresik

Berdasarkan analisis terhadap evaluasi eksisting terminal, dan hasil analisis FMEA rekomendasi redesain bertujuan baik dalam meningkatkan kenyamanan, keselamatan, dan memberikan pelayanan kepada pengguna terminal. Rekomendasi tersebut mencakup sebagai berikut ini:

a. Redesain Informasi Visual (RPN = 486)



(a)



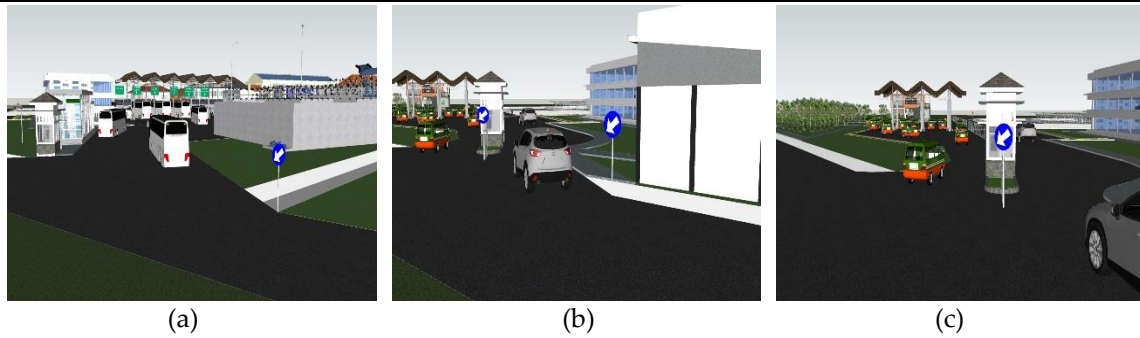
(b)

Gambar 3. (a) Rambu Parkir R2&R4 ; (b) Papan Informasi trayek (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Dalam meningkatkan kenyamanan pengguna, dilakukan penataan ulang seperti gambar diatas, penyesuaian ini terkait rambu parkir dan papan petunjuk trayek di lokasi strategis yang mudah terlihat dan tidak terhalang elemen lain seperti pohon atau struktur terminal. Papan informasi trayek bus dipasang di jalur kedatangan dan jalur keberangkatan. Bertujuan memudahkan pengguna dalam mengetahui tujuan yang dituju.

b. Redesain Sirkulasi Kendaraan dan Penumpang (RPN = 324)

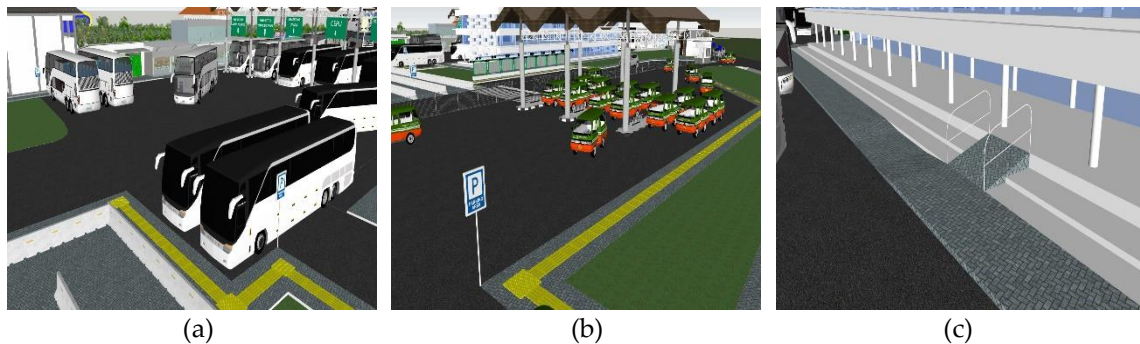
Pemisahan jalur kendaraan umum (bus) dan pribadi (mobil dan sepeda motor) dari jalur pejalan kaki harus dilakukan dengan menggunakan separator fisik untuk meminimalisir kecelakaan. Untuk mengatasi hal tersebut, langkah yang diambil adalah merumuskan jalur yang lebih aman dengan cara memindahkan jalur kendaraan pribadi ke jalur mikrolet. Untuk mencegah terjadinya titik konflik, dipasang pagar besi pembatas yang memisahkan jalur kendaraan pribadi dari jalur mikrolet.



Gambar 4: (a) Pintu Masuk Bus ; (b) Pintu Masuk R2&R4 ; (c) Pintu Masuk Mikrolet
(Dokumentasi Pribadi, 2025)

Gambar 4 diatas menggambarkan, pintu masuk dan keluar terminal dirancang ulang untuk memisahkan jalur kendaraan pribadi, mikrolet dan bus, serta menyediakan zona *drop off* penumpang yang cukup untuk pergerakan kendaraan tanpa mengganggu lalu lintas.

c. Redesain Layanan untuk Pengguna Difabel (RPN = 405)



Gambar 5: (a) Jalur Disabilitas Area Bus; (b) Jalur Disabilitas Area Mikrolet ; (c) Ram untuk Pengguna Kursi Roda (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Gambar 5 diatas menunjukkan, jalur pedestrian diperlebar dan dilengkapi dengan *guide block* untuk aksesibilitas. Kemudian menambahkan jalur landai disertai pegangan tangan pada akses utama menuju ruang tunggu penumpang, untuk memudahkan pergerakan penyandang disabilitas.

d. Redesain Jalur Keberangkatan dan Kedatangan Bus



Gambar 6: (a) Jalur Keberangkatan Bus ; (b) Jalur Kedatangan Bus (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Redesain Terminal Bunder membutuhkan penambahan dua jalur keberangkatan untuk Transjatim dan bus Damri. Selain itu, delapan jalur kedatangan baru ditambahkan dengan total luas 513 meter persegi, mengingat saat ini tidak ada jalur kedatangan untuk bus AKDP, AKAP, Transjatim, dan Damri.

e. Redesain Ruang Tunggu



Gambar 7. Ruang Tunggu Penumpang (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Gambar 7 menunjukkan ruang tunggu penumpang pada sisi kiri jalur bus, untuk memenuhi standar ruang tunggu ideal, dilakukan penambahan dua lantai dengan luas total 1.880 m², sehingga total luas ruang tunggu menjadi 2.820 m². Lantai pertama dapat dimanfaatkan untuk area terbuka, lantai kedua sebagai ruang tunggu utama, dan lantai ketiga untuk fasilitas operasional tambahan yang mendukung kenyamanan penumpang.

f. Hasil Visualisasi Perancangan Terminal 3D:



(a)



(b)

Gambar 8: (a) Jalur Bus ; (b) Jalur R2&R4, Mikrolet (Dokumentasi Pribadi, 2025)

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi fasilitas utama dan penunjang di Terminal Bunder Gresik belum sepenuhnya sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan No. 132 Tahun 2015. Beberapa ketidaksesuaian ditemukan pada pemisahan jalur kendaraan umum dan pribadi, ruang tunggu yang tidak memadai, serta fasilitas untuk penyandang disabilitas yang terbatas. Analisis menggunakan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) menunjukkan risiko tinggi pada informasi visual, sirkulasi kendaraan, dan fasilitas ramah disabilitas, yang berpotensi mengganggu keselamatan dan kenyamanan penumpang. Redesain terminal yang meliputi pemisahan jalur kendaraan, peningkatan fasilitas keselamatan, dan kenyamanan penumpang sangat penting untuk mengatasi permasalahan yang ada dan memenuhi standar yang ditetapkan. Dengan perancangan ulang yang sesuai, operasional terminal dapat dioptimalkan, konflik antar kendaraan dapat dikurangi, dan lingkungan yang lebih tertata serta nyaman bagi pengguna dapat tercipta.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua, dosen pembimbing, dan rekan-rekan seperjuangan D4 Transportasi yang telah mendukung, memberikan doa, serta harapan sehingga penulis bisa menyelesaikan penelitian ini.

7. Referensi

- Andarista, S. S., Akhmadi, A., & Abdulhadi, R. H. W. (2023). Perancangan Ulang Interior Jalur Penumpang Bus AKAP dan AKDP di Terminal Giwangan Yogyakarta. *Kalatanda: Jurnal Desain dan Media Kreatif*, 5(2), 7-10.
- Adriant, I., & Wahyuni, W. (2018). Penerapan Metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) dan Perancangan Sistem Pakar (*Expert System*) Pada Gudang Gulomantung PT. Semen Indonesia Logistik. *Jurnal Manajemen Logistik dan Transportasi*, 4(2), 155-182.
- D.H Stamatis. (2019). *Risk Management Using Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).
- Firmansyah, M. F. (2023). Skripsi Evaluasi dan Perancangan Terminal Tipe A Pemalang di Kabupaten Pemalang.
- Firdaus, M. (2015). Kemudahan dan Kenyamanan Pergerakan Pelaku pada Perancangan Terminal Penumpang Duduk Sampeyan (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Hilmy, A. N., Hariyani, S., & Waloejo, B. S. (2021). Evaluasi Kinerja Terminal Tipe B Di Kabupaten Lamongan. *Planning for Urban Region and Environment Journal* (PURE), 10(4), 41-50.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2014). Peraturan Menteri Nomor 13 Tahun 2014 Tentang Rambu Lalu Lintas.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2015). Peraturan Menteri Nomor 132 Tahun 2015 Tentang Penyelenggaraan Terminal Penumpang Angkutan Jalan.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2015). Peraturan Menteri Nomor 40 Tahun 2015 Tentang Standar Pelayanan Penyelenggaraan Terminal Penumpang Angkutan Jalan.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2021). Peraturan Menteri Nomor 24 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Terminal Penumpang Angkutan Jalan.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2017). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 14/PRT/M/2017 Tentang Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung.
- Kurniawati, D. D. (2019). Desain Tipe Terminal Bandara yang Disesuaikan Dengan Variasi Jumlah Penumpang Tahunan. *Jurnal Penelitian Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.
- Putra, L. A., & Nugraheni, F. (2023). Pemanfaatan FMEA sebagai Instrumen Identifikasi Potensi Bahaya pada Pekerjaan Galian Timbunan (Studi Kasus Proyek Jalan Tol Solo-Yogyakarta-YIA Kulonprogo). *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(1), 61-68.
- Putri, N. I. P. (2022). Pengaruh Transportasi Umum Terhadap Perkembangan Antar Wilayah Administrasi di Jakarta. *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi dan Logistik*, 8(1), 63-75.
- Tamin, O. Z. (2000). *Transportasi: Teori dan Praktek*. Jakarta: PT. RajaGrafindo Persada.

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.idHalaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Penataan Area Exit Terminal Purabaya Sebagai Upaya Perbaikan Kinerja Jalan Raya Waru

Bayu Hanif Nurmansyah ^a, Purwo Mahardi ^b

^a Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

^b Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

email: ^abayuhanif.21001@mhs.unesa.ac.id, ^bpurwomahardi@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 4 September 2025

Revisi 5 November 2025

Diterima 20 November 2025

Online 25 Desember 2025

Kata kunci:

Terminal Purabaya

Jalan Raya Waru

Exit Terminal

Kinerja Jalan

Manajemen Lalu Lintas

ABSTRAK

Terminal Purabaya merupakan simpul transportasi darat utama di Surabaya. Namun, area exit terminal sering menimbulkan kemacetan di Jalan Raya Waru akibat ketidakaturan pergerakan kendaraan dan tingginya hambatan samping. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja Jalan Raya Waru di sekitar exit terminal serta menyusun rekomendasi penataan untuk peningkatan kinerja jalan. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan studi kasus. Data primer diperoleh melalui survei geometrik jalan, volume lalu lintas, dan hambatan samping, sementara data sekunder dari instansi terkait. Analisis mengacu pada pedoman PKJI 2023 dengan fokus pada kapasitas dan derajat kejenuhan (DJ). Hasil menunjukkan kinerja jalan tergolong buruk dengan DJ sebesar 1,73, melebihi ambang batas ideal. Rekomendasi berupa perbaikan geometrik dan pengaturan sirkulasi kendaraan terbukti meningkatkan kinerja jalan. Simulasi lima tahun ke depan menunjukkan bahwa penerapan rekomendasi ini dapat menjaga kestabilan lalu lintas di kawasan tersebut.

Exit Area Redesign of Purabaya Terminal to Improve Jalan Raya Waru Performance

ARTICLE INFO

Keywords:

Purabaya Terminal

Jalan Raya Waru

exit terminal

traffic performance

traffic management

Nurmansyah, H., & Mahardi, P. (2025). Penataan Area Exit Terminal Purabaya Sebagai Upaya Perbaikan Kinerja Jalan Raya Waru. MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi, v3 (n3), 323 – 335.

ABSTRACT

Purabaya Terminal is a key land transportation hub in Surabaya, yet its exit area frequently triggers congestion on Jalan Raya Waru due to irregular vehicle movements and high roadside disturbances. This study analyzes the road performance near the terminal exit and proposes improvement strategies. A descriptive quantitative case study was conducted using primary data from road geometry surveys, traffic counts, and roadside disturbance observations, complemented by secondary data from related agencies. Analysis followed the PKJI 2023 guidelines, focusing on capacity and degree of saturation (DS). Findings reveal poor road performance with a DS of 1.73, exceeding acceptable limits. Recommended geometric adjustments and traffic circulation management demonstrate potential to improve performance. A five-year simulation further indicates that these measures can sustain traffic stability in the corridor

© 2023 MITRANS : Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

1. Pendahuluan

Pembangunan perkotaan diarahkan pada penataan ruang yang kokoh dengan tujuan meningkatkan produktivitas wilayah dan efisiensi pemanfaatan sumber daya. Hal ini dilakukan melalui pengaturan tata ruang yang optimal untuk mengakomodasi fungsi-fungsi utama perkotaan, salah satunya adalah sistem transportasi. Kinerja sistem transportasi jalan dapat dinilai dari kinerja masing-masing

subsistemnya, meliputi ruang lalu lintas, aliran lalu lintas, dan simpul transportasi (Triana Sharly, 2017).

Terminal Purabaya menjadi terminal bus terbesar dengan volume penumpang dan kendaraan yang sangat tinggi, terminal ini menjadi titik pertemuan penting bagi berbagai rute bus antar kota, antarkota dalam provinsi (AKDP) dan antar provinsi (AKAP) yang menghubungkan Surabaya dengan berbagai wilayah di Jawa dan sekitarnya. Sebagai pusat transportasi darat utama, Terminal Purabaya memiliki peran vital dalam mobilitas penduduk dan distribusi barang di Kawasan metropolitan Surabaya secara keseluruhan.

Terminal Purabaya yang juga dikenal luas sebagai Terminal Bungurasih, merupakan sebuah infrastruktur transportasi darat utama berklasifikasi Tipe A. Pembangunannya dimulai pada tahun 1989 dan secara resmi mulai beroperasi melayani masyarakat pada tahun 1991. Terminal ini berlokasi strategis di Desa Bungurasih, Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo, menempati lahan yang cukup luas, mencapai ± 12 hektar.

Ketidakteraturan armada dapat diartikan sebagai kondisi di mana kendaraan umum tidak beroperasi sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan, adanya penumpukan kendaraan di area tertentu, atau adanya kendaraan yang parkir sembarangan di sekitar terminal. Kondisi ini dapat menyebabkan beberapa masalah. Seperti, penumpukan kendaraan di area *exit* terminal dapat menyebabkan kemacetan lalu lintas yang meluas hingga ke jalan raya utama dan berdampak pada peningkatan waktu tempuh bagi pengguna jalan lainnya. Selain itu, kemacetan juga menyebabkan kendaraan lebih sering berhenti dan melaju perlahan, sehingga meningkatkan emisi gas buang yang dapat mencemari lingkungan (Hana Vera S, 2022)

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kinerja Jalan Raya Waru khususnya pada area *exit* Terminal Purabaya, memberikan rekomendasi penataan sebagai solusi ketidakteraturan armada dan hambatan lalu lintas, serta memproyeksikan dampak penataan terhadap kinerja jalan di masa mendatang. Penelitian ini diharapkan berkontribusi pada pengembangan strategi manajemen lalu lintas berbasis kondisi eksisting yang aplikatif, serta menjadi referensi teknis bagi pengelola terminal dan pemerintah daerah dalam perencanaan transportasi perkotaan yang lebih efisien dan aman

2. Studi literatur

Studi literatur ini mengulas beberapa hasil penelitian terdahulu yang relevan dan menjadi acuan dalam penyusunan kajian ini. Tujuan dari penelusuran literatur ini adalah untuk memahami pendekatan dan temuan dari studi serupa yang berfokus pada analisis kinerja jalan maupun rekomendasi pada area *exit* Terminal Purabaya

2.1. Penelitian oleh (Siti Nuurlaily Rukmana, 2017), dengan judul *"Konsep penataan transportasi (studi kasus: Terminal Purabaya, Surabaya-Sidoarjo)"*. Penelitian ini mengkaji tentang Tingkat pelayanan lalu lintas, menganalisis evaluasi kinerja operasional terminal dan analisis potensi & masalah terminal purabaya.

2.2. Penelitian oleh (Wahyudin, 2020), dengan judul *"Penataan kembali terminal bis angkutan darat di Kota Admistrate Bima"*. Penelitian ini membahas tentang kebutuhan ruang untuk pelayanan tiap jenis kendaraan dengan diprediksi untuk kebutuhan guna memberikan kelancaran arus sirkulasi dan melakukan pemisah arus kedatangan untuk AKAP/AKDP untuk kemudahan dalam pelayanan.

2.3. Penelitian oleh (Ryan Rivaldi, 2024), dengan judul *"Evaluasi Kinerja Lalu lintas Terhadap Kapasitas Ruas Jalan Di Kota Bandung (Studi Kasus Jalan Raya Ujung Berung Kota Bandung)"*. Penelitian ini mengkaji tentang.

2.4. Penelitian oleh (Lukman Arief Gunawan, 2016), dengan judul *"Evaluasi Lokasi Kawasan Terminal Ditinjau Dari Kinerja Jaringan Dan Persimpangan Jalan Di Sekitar Terminal Cicaheum"*. Penelitian ini mengkaji tentang perencanaan pemindahan Lokasi terminal untuk menghindari antrian kendaraan dan penumpukan di persimpangan jalan.

2.5. Penelitian oleh (Henita Rahmayanti, 2008), dengan judul *"Evaluasi Kinerja Jalan IR. Juanda Kota Bekasi"*. Penelitian ini mengkaji tentang kinerja ruas jalan dikaitkan dengan pola arus satu arah yang ditinjau dari segi panjang perjalanan dan waktu perjalanan.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan deskriptif kuantitatif dengan metode studi kasus untuk mengetahui secara mendalam penataan area *exit* Terminal Purabaya dan dampaknya terhadap kinerja Jalan Raya Waru. Fokus penelitian diarahkan pada kondisi lalu lintas yang dipengaruhi langsung oleh aktivitas keluar masuk armada di area tersebut, mencakup volume lalu lintas, hambatan samping dan kondisi geometrik jalan.

3.1 Teknik Pengumpulan Data

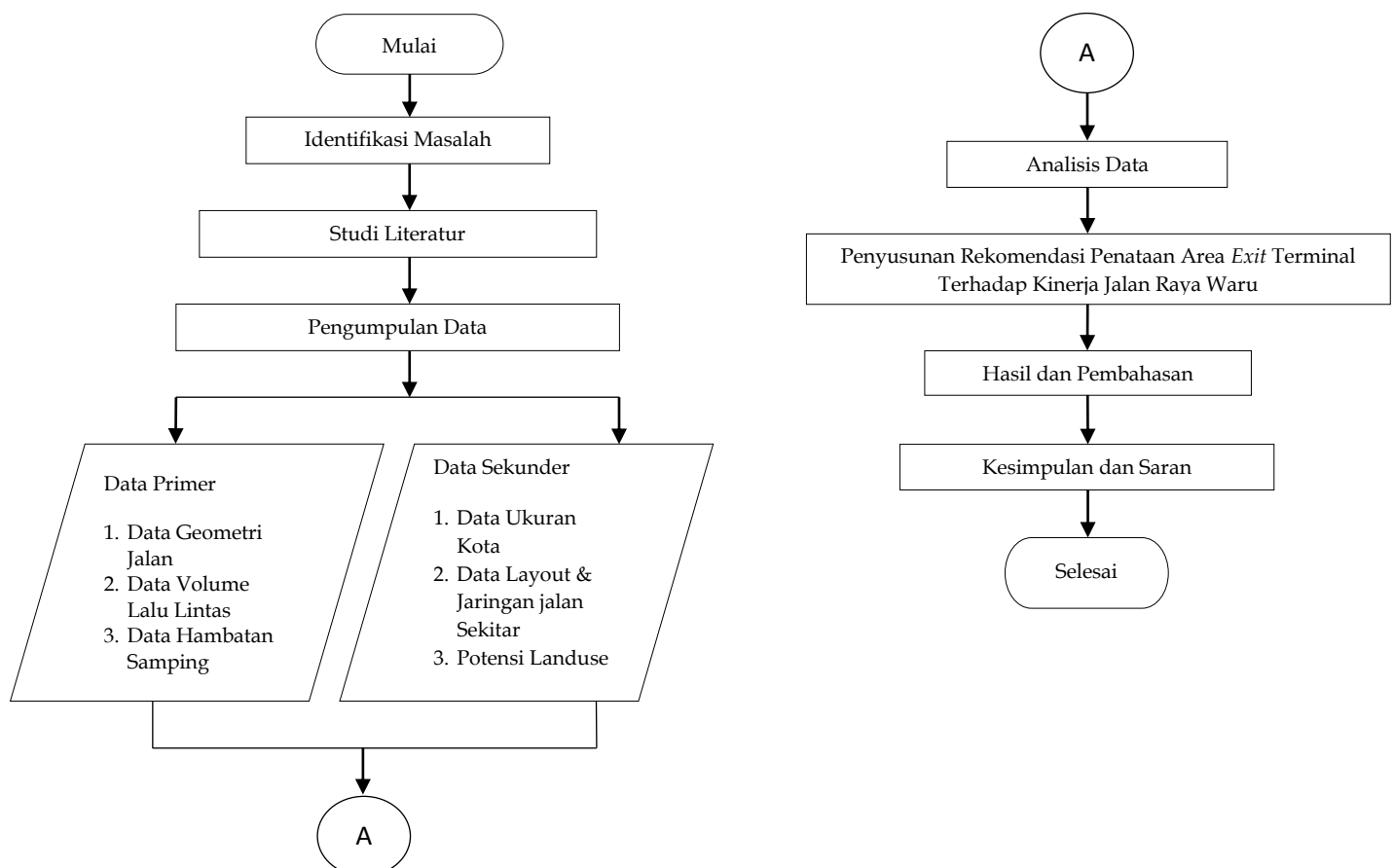
Objek penelitian berada pada segmen Jalan Raya Waru yang bersebelahan dengan exit Terminal Purabaya. Data penelitian terdiri atas data primer dari survei lapangan geometri jalan, volume lalu lintas pada tiga periode waktu di hari kerja dan libur, serta hambatan samping dan data sekunder dari instansi terkait jaringan jalan, ukuran kota, serta rencana tata ruang wilayah.

3.2 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data mengacu pada pedoman PKJI 2023, meliputi konversi volume lalu lintas ke satuan mobil penumpang (SMP), perhitungan kapasitas jalan, serta penentuan derajat kejenuhan (DJ) untuk menilai tingkat kinerja. Hasil analisis digunakan untuk menyusun rekomendasi penataan *exit* terminal dan memproyeksikan kinerja jalan lima tahun ke depan melalui simulasi perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan.

3.3 Bagan Alir

Bagan alir penelitian ini menggambarkan secara sistematis tahapan – tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian, berikut bagan alir penelitian pada gambar 3.1 dibawah ini:

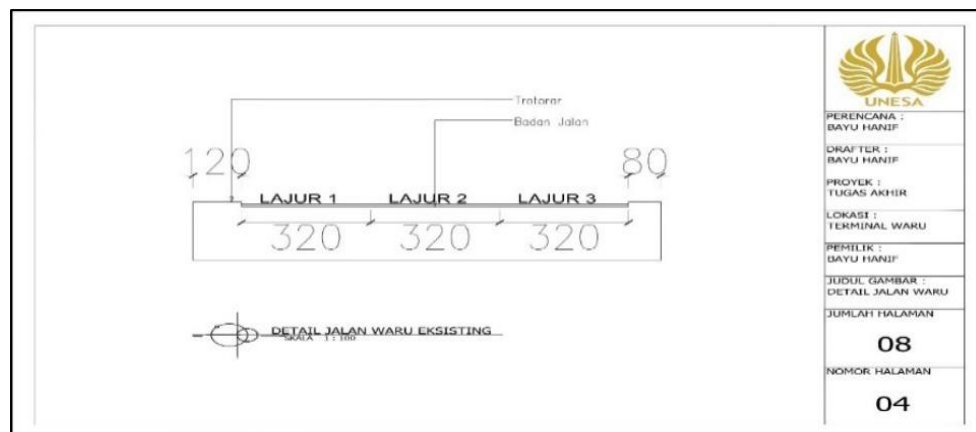


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Geometrik Jalan

Data geometri ruas jalan merupakan data yang menunjukkan kondisi geometri jalan pada ruas jalan yang diperoleh dari survey langsung di lapangan. Dari hasil pengamatan di lokasi penelitian merupakan tipe jalan 3/1 – TT yang artinya 3 lajur, 1 lajur tak terbagi dengan lebar per lajur 3,2 m, pemisah arah 50 -50-% dan untuk lebar kereb ke penghalang ≥ 2 m. Kondisi geometrik dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. Geometri Potongan Jalan Raya Waru

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

4.2 Data Volume lalu Lintas

Survey data primer dilakukan dengan menghitung volume lalu lintas pada tiap kendaraan dalam penelitian ini dilakukan selama dua hari yaitu dihari Senin 5 Mei 2025 dan Minggu 11 Mei 2025. Pada survey volume lalu lintas ini untuk volume lalu lintas puncaknya terjadi pada hari Senin 5 Mei 2025 pada pukul 07.00 – 08.00 untuk tabel ada dibawah ini:

Tabel 1. Volume Lalu Lintas (Penulis, 2025)

Senin 5 Mei 2025					Minggu 11 Mei 2025				
Waktu	Jenis Kendaraan			Total Volume Lalu Lintas	Waktu	Jenis Kendaraan			Total Volume Lalu Lintas
	MP	KS	SM			MP	KS	SM	
07.00 – 07.15	359	32	2048	2439	07.00 – 07.15	267	24	1309	1600
07.15 – 07.30	414	74	2534	3022	07.15 – 07.30	452	31	1467	1950
07.30 – 07.45	441	107	2731	3279	07.30 – 07.45	512	19	1503	2034
07.45 – 08.00	391	115	2084	2590	07.45 – 08.00	572	14	1789	2375
08.00 – 08.15	237	31	1787	2055	08.00 – 08.15	308	16	1405	1729
08.15 – 08.30	327	38	1607	1972	08.15 – 08.30	383	21	1174	1578
08.30 – 08.45	273	22	1385	1680	08.30 – 08.45	237	17	1257	1511
08.45 – 09.00	291	23	1528	1842	08.45 – 09.00	287	9	1044	1340
11.00 – 11.15	95	46	570	711	11.00 – 11.15	144	15	635	794
11.15 – 11.30	89	31	502	622	11.15 – 11.30	101	9	658	768
11.30 – 11.45	90	54	535	679	11.30 – 11.45	93	5	540	638
11.45 – 12.00	81	45	479	605	11.45 – 12.00	106	7	566	679
12.00 – 12.15	88	28	483	599	12.00 – 12.15	120	10	554	684
12.15 – 12.30	81	32	524	637	12.15 – 12.30	114	3	589	706
12.30 – 12.45	88	33	536	657	12.30 – 12.45	191	8	703	902

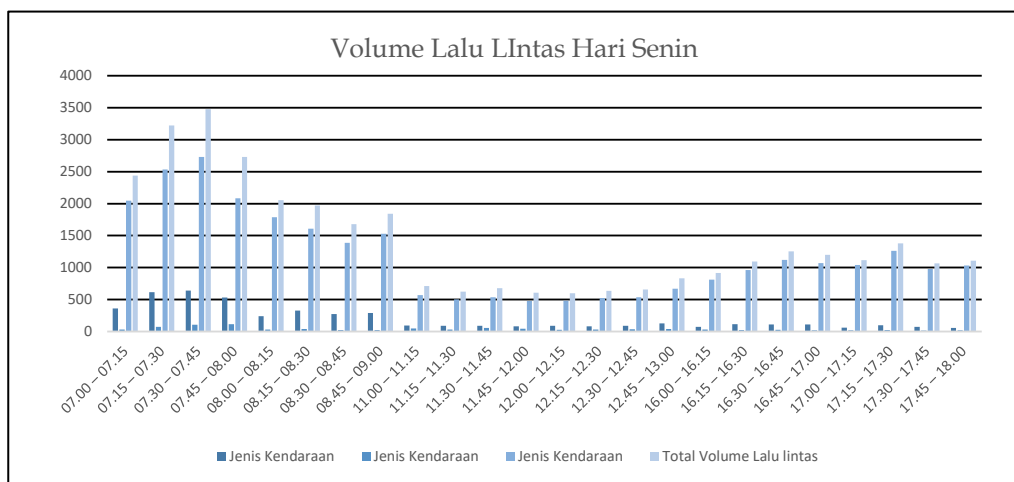
Senin 5 Mei 2025					Minggu 11 Mei 2025				
Waktu	Jenis Kendaraan			Total Volume Lalu Lintas	Waktu	Jenis Kendaraan			Total Volume Lalu Lintas
	MP	KS	SM			MP	KS	SM	
12.45 – 13.00	126	40	667	833	12.45 – 13.00	139	7	652	798
16.00 – 16.15	73	31	809	913	16.00 – 16.15	83	6	785	874
16.15 – 16.30	113	23	960	1096	16.15 – 16.30	98	8	812	918
16.30 – 16.45	108	26	1120	1254	16.30 – 16.45	82	4	744	830
17.30 – 17.45	72	15	979	1066	17.30 – 17.45	69	14	652	735
17.45 – 18.00	56	19	1033	1108	17.45 – 18.00	75	11	671	757

Pada tabel diatas perlu merubah kend/jam menjadi smp/jam dengan dikalikan EMP nya di setiap kendaraan. Perhitunganya berada pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Volume Lalu Lintas (Penulis, 2025)

Hari / Tanggal	Waktu	Moda	Volume Lalu Lintas Kend/jam	EMP	Volume Lalu Lintas Smp/jam
Senin, 5 Mei 2025	07.00 – 07.15	MP	359	1	359
	07.15 – 07.30		414		414
	07.30 – 07.45		441		441
	07.45 – 08.00		391		391
	07.00 – 07.15	KS	32	1,3	41,6
	07.15 – 07.30		74		96,2
	07.30 – 07.45		107		139,1
	07.45 – 08.00		115		149,5
	07.00 – 07.15	SM	2048	0,25	512
	07.15 – 07.30		2534		633,5
	07.30 – 07.45		2731		682,75
	07.45 – 08.00		2084		521
Total			11330		4380,65

Dari tabel diatas dapat diketahui volume lalu lintas pada Jalan Raya Waru adalah sebesar 4380,65 smp/jam.



Gambar 3. Grafik Volume Lalu Lintas
Sumber: Hasil Analisa, 2025

Berdasarkan hasil grafik diatas volume kendaraan hari Senin, 5 Mei 2025 di ruas Jalan Raya Waru terdapat yaitu pada pukul 07.00 – 08.00 dengan nilai volume kendaraan (MP = 1.605 kend/jam KS = 328 kend/jam SM = 9.397 Kend/jam



Gambar 4. Grafik Volume Lalu Lintas

Sumber: Hasil Analisa, 2025

Berdasarkan hasil grafik diatas volume kendaraan hari Minggu, 11 Mei 2025 di ruas Jalan Raya Waru terdapat yaitu pada pukul 07.00 – 08.00 dengan nilai volume kendaraan (MP = 1.803 kend/jam KS = 88 kend/jam SM = 6.068 Kend/jam).

4.3 Data Hambatan Samping

hambatan samping dihitung pada tiap kejadian dalam penelitian ini dilakukan selama dua hari yaitu dihari Senin 5 Mei 2025 dan Minggu 11 Mei 2025 terdapat hambatan maksimum yaitu pada hari Senin 5 Mei 2025 pada pukul 08.00 – 09.00 untuk tabel ada dibawah ini:

Tabel 3. Hambatan Samping (Penulis, 2025)

Hari Senin, 5 Mei 2025						Hari Minggu, 11 Mei 2025					
Waktu	Jumlah Hambatan Samping				Jumlah Kejadian	Waktu	Jumlah Hambatan Samping				Jumlah Kejadian
	PED	PSV	EEV	SMV			PED	PSV	EEV	SMV	
07.00 – 08.00	178	265	437	160	1040	07.00 – 08.00	156	223	309	143	831
08.00 – 09.00	194	301	412	142	1049	08.00 – 09.00	171	287	421	159	1038
11.00 – 12.00	115	116	292	128	651	11.00 – 12.00	76	98	236	87	497
12.00 – 13.00	129	96	255	58	538	12.00 – 13.00	98	77	221	67	463
16.00 – 17.00	159	184	375	153	871	16.00 – 17.00	130	165	308	124	727
17.00 – 18.00	163	196	172	407	938	17.00 – 18.00	154	179	378	165	876

Tabel 2. Hambatan Samping (Penulis, 2025)

Tanggal Survey	Waktu	Jumlah bobot Hambatan Samping			
		(PED)	(PSV)	(EEV)	(SMV)
Senin, 5 Mei 2025	08.00 – 09.00	194	301	412	142

Pada tabel diatas perlu dikonversikan dalam t (bobot) perhitungan konversi jumlah hambatan samping menjadi t (bobot) dan perhitungan untuk koversi dalam t bobot berada pada tabel dibawah ini:

Tabel 3. Hambatan Samping Maksimum (Penulis, 2025)

Tanggal Survey	Waktu	Jumlah Bobot Hambatan Maksimum				
		(0,5)	(1,0)	(0,7)	(0,4)	Total Bobot
Senin, 5 Mei 2025	08.00	97	301	288,4	56,8	743,2
	-09.00					
Total						743,2

Dari perhitungan diatas didapatkan angka hambatan samping rata rata perhari pada Jalan Raya Waru sebesar 743,2. Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI, 2023) termasuk dengan kategori tinggi (T).

4.4 Kinerja Jalan

4.4.1 Kapasitas Jalan

Kapasitas Jalan Eksisting (C) di dapatkan dengan rumus $C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK}$. C_0 diambil fungsional 2 lajur karena 1 lajur digunakan untuk pemberhentian bus sehingga nilai C_0 yaitu $= 2 \times 1700 = 3400$ smp/jam, FC_{HS} diambil dari kelas hambatan samping (KHS) termasuk tinggi dengan nilai 743,2. dengan jarak kereb ke penghalang $\leq 0,5$ meter (asumsi lajur paling pinggir digunakan untuk bus berhenti) sehingga $FC_{HS} = 0,78$. FC_{LJ} dicari dengan interpolasi karena lebar 3,2 meter tidak tercantum pada tabel. faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisah arah adalah 1,00. FC_{UK} diambil dengan memasukan jumlah penduduk yakni 2,03 juta jiwa di Sidoarjo sehingga nilai $FC_{UK} = 1,00$. Karena terjadi perbedaan hasil dari ketentuan FC_{LJ} dengan eksisting maka dapat dilakukan dengan menginterpolasi data dengan cara sebagai berikut:

$F1(x)$ = nilai fungsi yang dicari

$F(x_0)$ = nilai fungsi dari titik awal

$f(X_1)$ = nilai fungsi dari titik ujung

(x_1) = nilai ujung

(X_0) = nilai awal

(x) = nilai terdekat yang dicari

Rumus interpolasi (Lamabelawa, 2018)

$$F1(X) = F(X_0) = \frac{f(X_1) - F(X_0)}{x_1 - x_0} x (x - x_0)$$

Maka:

$$F1(3,2) = F(0,96) = \frac{f(0,92) - F(X_0,96)}{3,00 - 3,25} x (3,2 - 3,25)$$

= 0,952 = dibulatkan menjadi 0,95

$$C = C_0 \times F_{CLJ} \times F_{CPA} \times F_{CHS} \times F_{CUK}$$

$$= 3400 \times 0,95 \times 1,00 \times 0,78 \times 1,00$$

$$= 2518 \text{ smp/jam}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka kapasitas jalan eksisting diruas Jalan Raya Waru yaitu sebesar 2518 smp/jam

4.4.2 Derajat Kejenuhan

$$\begin{aligned} DJ &= \frac{Q}{c} \\ &= \frac{4380,65 \text{ smp/jam}}{2518 \text{ smp/jam}} \\ &= 1,73 \end{aligned}$$

Nilai derajat kejenuhan pada Jalan Raya Waru berdasarkan hasil perhitungan untuk jalan eksisting adalah 1,73.

4.5 Perkiraan Volume Lalu Lintas Kendaraan 5 Tahun Mendatang

Pertumbuhan arus lalu lintas pada tahun yang direncanakan tergantung pada perkembangan setiap jenis kendaraan, dengan tingkat pertumbuhan yang berbeda untuk setiap kategori. Memahami tingkat pertumbuhan kendaraan akan memudahkan dalam menghitung data jumlah kendaraan yang mencerminkan kondisi lalu lintas pada tahun yang direncanakan, sehingga dapat dievaluasi apakah desain yang diusulkan masih dapat menampung peningkatan jumlah kendaraan.

Berikut adalah tabel hasil analisis pertumbuhan jumlah kendaraan yang disusun oleh Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan Microsoft Excel:

Tabel 4. Tingkat Pertumbuhan Kendaraan Sidoarjo Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur (Penulis, 2025)

Tahun	Volume Lalu Lintasa			Pertumbuhan %		
	MP	KS	SM	MP	KS	SM
2022	163.751	40.265	94.6851			
2023	200.184	53.183	1.370.110	22,25	32,09	44,70
2024	207.372	71.675	1.423.157	3,59	34,78	3,87
	Rata - Rata			12,92	33,44	23,29

Tabel 5. Volume Lalu Lintas Di Tahun Mendatang (Penulis, 2025)

Volume Smp/jam	MP	KS	SM	Jumlah
Tahun Sekarang	1605	426,4	2349,25	4380,65
3 Tahun Mendatang	2309,85	1012,32	4515,47	7837,63
5 Tahun Mendatang	2943,77	1792,18	6882,38	11558,33

Untuk mendapatkan volume lalu lintas kendaraan bermotor 3 dan 5 tahun mendatang menggunakan perhitungan meliputi:

4.5.1 Perhitungan proyeksi mobil penumpang (MP) 3 tahun mendatang

$$\begin{aligned}
 F &= P (1 + i)^n \\
 &= 1605 (1+12,92\%)^3 \\
 &= 2309,84
 \end{aligned}$$

4.5.2 Perhitungan proyeksi kendaraan sedang (KS) 3 tahun mendatang

$$\begin{aligned}
 F &= P (1 + i)^n \\
 &= 426,4 (1+33,44\%)^3 \\
 &= 1012,32
 \end{aligned}$$

4.5.3 Perhitungan proyeksi sepeda motor (SM) 3 tahun mendatang

$$\begin{aligned}
 F &= P (1 + i)^n \\
 &= 2349,25 (1+23,29\%)^3 \\
 &= 4515,47
 \end{aligned}$$

4.5.4 Perhitungan proyeksi mobil penumpang (MP) 5 tahun mendatang

$$\begin{aligned}
 F &= P (1 + i)^n \\
 &= 1605 (1+12,92\%)^5 \\
 &= 2943,77
 \end{aligned}$$

4.5.5 Perhitungan proyeksi kendaraan sedang (KS) 5 tahun mendatang

$$\begin{aligned}
 F &= P (1 + i)^n \\
 &= 426,4 (1+33,44\%)^5 \\
 &= 1792,18
 \end{aligned}$$

4.5.6 Perhitungan proyeksi sepeda motor (SM) 5 tahun mendatang

$$F = P (1 + i)^n$$

$$= 2349,25 (1+23,29\%)^5$$

$$= 6822,38$$

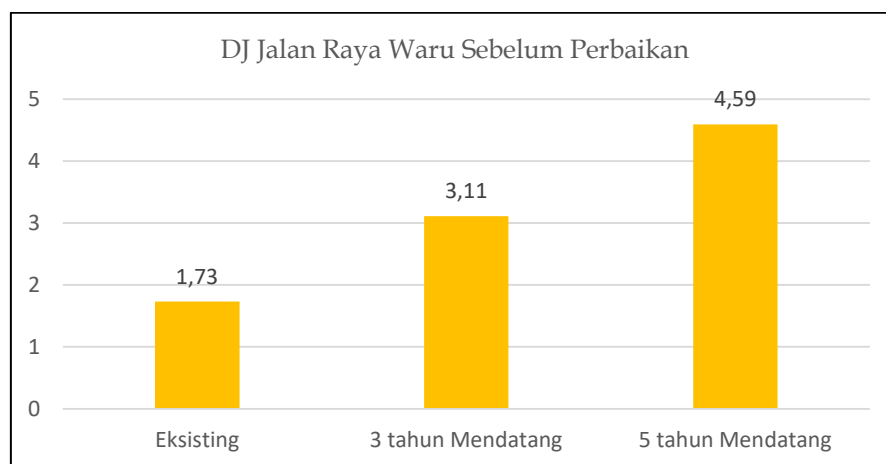
4.5.7 Derajat Kejenuhan Sebelum Perbaikan

Tabel 4.8 menyajikan data volume lalu lintas Jalan Raya Waru dengan proyeksi kondisi eksisting serta 3 dan 5 tahun ke depan. Dan untuk perhitungan kinerja Jalan Raya Waru dengan proyeksi kondisi eksisting serta 3 dan 5 tahun mendatang ada pada Tabel 4.9 dibawah ini:

Tabel 6. Derajat Kejenuhan Sebelum Perbaikan (Penulis, 2025)

Jalan Raya Waru			
Kondisi	Arus	Kapasitas	DJ
Eksisting	4380,65	2518	1,73
3 tahun Mendatang	7837,63	2518	3,11
5 tahun Mendatang	11558,33	2518	4,59

Pada kondisi eksisting, arus lalu lintas mencapai 4380,65 Smp/jam dengan kapasitas 2518 Smp/jam, menghasilkan derajat kejenuhan (DJ) sebesar 1,73, yang menandakan kapasitas jalan telah terlampaui dan kondisi sudah jenuh. Proyeksi tiga tahun mendatang menunjukkan arus meningkat menjadi 7837,63 Smp/jam dengan DJ 3,11, sedangkan pada lima tahun mendatang diperkirakan mencapai 11558,33 Smp/jam dengan DJ 4,59. Peningkatan DJ ini mencerminkan kemacetan yang semakin parah, penurunan tingkat pelayanan jalan, serta potensi antrean panjang, waktu tempuh yang tinggi, dan risiko keselamatan yang lebih besar. Tanpa adanya peningkatan kapasitas atau intervensi perbaikan, kinerja Jalan Raya Waru akan terus menurun secara signifikan. Grafik berikut menyajikan perbandingan DJ pada kondisi eksisting, proyeksi tiga tahun, dan lima tahun sebelum adanya perbaikan seperti dibawah ini:



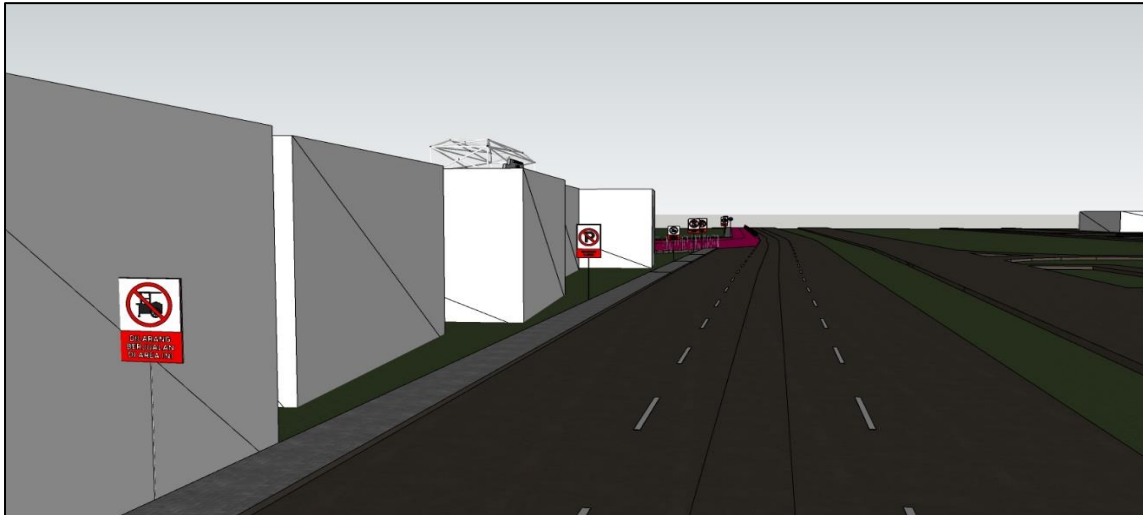
Gambar 5. Grafik Derajat Kejenuhan Sebelum Perbaikan

Sumber: Hasil Analisa, 2025

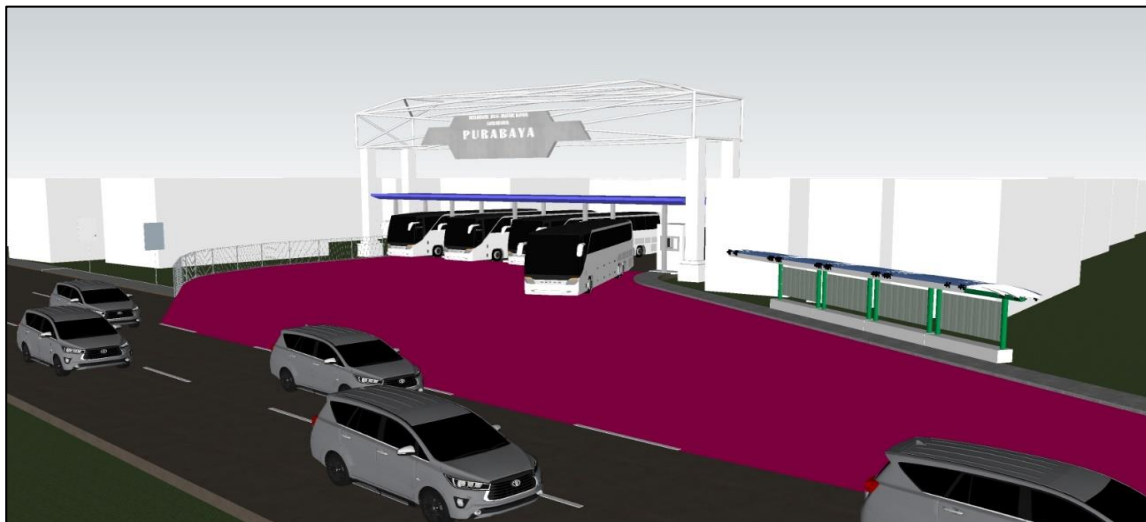
4.6 Rekomendasi Penataan Area Exit Terminal Purabaya

Berdasarkan hasil observasi, area exit Terminal Purabaya menghadapi masalah parkir sembarangan, pedagang di trotoar, rambu lalu lintas yang kurang jelas, serta ketiadaan ruang tunggu dan lahan parkir bagi penjemput. Untuk meningkatkan kelancaran arus lalu lintas, peneliti akan merekomendasikan penataan area *exit* Terminal Purabaya sebagai berikut:

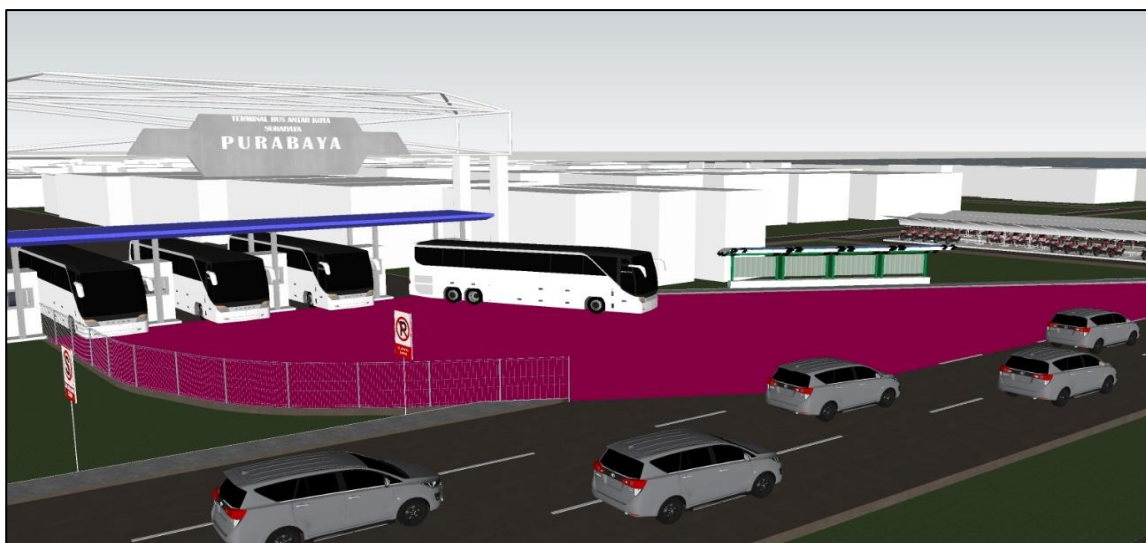
1. Pemasangan rambu larangan parkir dan berjualan di trotoar.
2. Penyediaan lajur khusus bus dari gerbang terminal hingga persimpangan, lengkap dengan marka dan pembatas fisik.
3. Penambahan ruang tunggu bagi penjemput/ojek serta pembangunan lahan parkir terstruktur untuk mengurangi hambatan samping



Gambar 6. Visualisasi 3D Rekomendasi Penambahan Rambu Larangan Parkir Dan Rambu Larangan Berjalan Diatas Trotoar
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025



Gambar 7. Visualisasi 3D Rekomendasi Penambahan Lajur Khusus Bus Didepan Exit Terminal
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025



Gambar 8. Gambar 4. 6 Visualisasi 3D Rekomendasi Penambahan Ruang Tunggu Dan Lahan Parkir
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025

4.6.1 Perhitungan Kinerja Jalan Sesudah Perbaikan

Sebelum perbaikan, meski terdapat tiga lajur, hanya dua yang berfungsi optimal karena lajur kesatu kerap tersumbat oleh bus yang berhenti menaikkan/menurunkan penumpang, sehingga menimbulkan kemacetan. Setelah perbaikan, lajur kesatu dialihkan menjadi lajur khusus bus, sehingga:

1. Arus bus lebih lancar dan teratur.
2. Dua lajur lain bebas digunakan kendaraan umum tanpa hambatan.
3. Keselamatan meningkat dengan berkurangnya interaksi bus dan lalu lintas.

Perubahan ini tidak hanya mengaktifkan kembali lajur, tetapi juga meningkatkan efisiensi dan pengelolaan lalu lintas secara keseluruhan.

Tabel 7. Nilai Kapasitas Sebelum Perbaikan

Co	FC _{LJ}	FC _{PA}	FC _{HS}	FC _{UK}	C
3400	0,95	1,00	0,78	1,00	2158

Tabel 8. Nilai Kapasitas Sesudah Perbaikan

Co	FC _{LJ}	FC _{PA}	FC _{HS}	FC _{UK}	C
5100	1,08	1,00	0,99	1,00	5453

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa kapasitas dasar ruas Jalan Raya Waru setelah adanya rekomendasi adalah 5453 smp/jam, dengan nilai kapasitas dasar menjadi 5100 (dari 1700 nilai Co jalan satu arah dan di kalikan 3 sesuai dengan ketiga lajur yang sekarang sesudah adanya perbaikan / rekomendasi kembali berfungsi dengan baik dan optimal dan dihasilkan nilai Co menjadi 5100, faktor penyesuaian kapasitas untuk lebar jalur meningkat menjadi 1,09 karena lebar efektif ruas jalan menjadi 4 m setelah tidak ada parkir pada badan jalan dan tidak ada pedagang berjualan di atas trotoar. Kemudian, faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisah arah adalah 1,00, penataan area exit juga mempengaruhi kelas hambatan samping dari tinggi menjadi sangat rendah. Dengan tidak adanya bus yang berhenti maka kereb ke penghalang menjadi > 2 meter sehingga FC_{HS} menjadi 0,99, faktor penyesuaian ukuran kota 1,00 dengan 2,03 jiwa penduduk di kabupaten Sidoarjo.

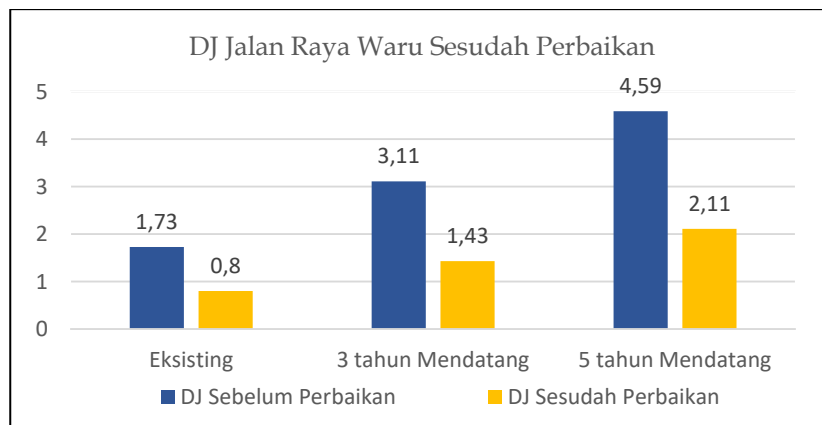
4.7 Derajat Kejenuhan Sesudah Perbaikan

Pada tabel dibawah menyajikan hasil evaluasi kinerja Jalan Raya Waru setelah dilakukan perbaikan, Data ini kemudian dibandingkan dengan kondisi sebelum perbaikan pada tabel 4.7 secara keseluruhan, tabel ini menunjukkan bahwa perbaikan Jalan Raya Waru memberikan dampak positif terhadap peningkatan kapasitas jalan dan pengurangan derajat kejenuhan, baik untuk kondisi eksisting maupun proyeksi ke depan. Meskipun nilai DJ masih menunjukkan kejenuhan pada masa mendatang, tingkat keparahannya berhasil ditekan, yang menjadikan perbaikan ini sebagai langkah strategis dalam pengelolaan kinerja jalan.

Tabel 9. Derajat Kejenuhan Sesudah Perbaikan

Jalan Raya waru			
Kondisi	Arus	Kapasitas	DJ
Eksisting	4380,65	5453	0,80
3 tahun Mendatang	7837,64	5453	1,43
5 tahun Mendatang	11558,33	5453	2,11

Berdasarkan perbandingan kinerja ruas eksisting, dapat disimpulkan bahwa Jalan Raya Waru setelah adanya rekomendasi nilai dari kapasitas pada jalan tersebut mengalami peningkatan yang mulanya nilai kapasitas dari Jalan Raya Waru 2518 smp/jam menjadi 5453 smp/jam. Tidak hanya nilai kapasitas saja yang mengalami perubahan adapun nilai dari DJ pada Jalan Raya Waru yang mulanya 1,73 menjadi 0,80. Ini menunjukkan bahwa Jalan Raya Waru mengalami perubahan setelah adanya rekomendasi. Grafik berikut menyajikan perbandingan DJ pada kondisi eksisting, proyeksi tiga tahun, dan lima tahun sesudah adanya perbaikan seperti dibawah ini:



Gambar 9. Grafik Perbandingan Derajat Kejenuhan Sebelum Dan Sesudah
Sumber: Hasil Analisa, 2025

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian dan analisis terhadap kondisi eksisting area exit Terminal Purabaya serta dampaknya terhadap kinerja Jalan Raya Waru, diperoleh kesimpulan bahwa ruas jalan pada lokasi tersebut, khususnya di area yang berdekatan dengan pintu keluar terminal, memiliki kapasitas sebesar 2.518 smp/jam dengan nilai derajat kejenuhan (DJ) mencapai 1,73 dan volume kendaraan sebesar 4.380,65 smp/jam. Kondisi ini menunjukkan bahwa volume lalu lintas telah melampaui kapasitas jalan, sehingga menimbulkan kemacetan dan penurunan kinerja lalu lintas secara signifikan. Upaya penataan area exit terminal melalui pemasangan rambu larangan parkir dan larangan berjualan di atas trotoar, serta penyediaan lajur khusus bus di depan pintu keluar terminal, terbukti mampu meningkatkan kapasitas jalan menjadi 5.453 smp/jam. Perbaikan ini juga menurunkan nilai DJ dari 1,73 menjadi 0,80, yang menandakan peningkatan efisiensi dan kelancaran arus lalu lintas di kawasan tersebut. Hasil prediksi kinerja untuk tiga hingga lima tahun mendatang menunjukkan bahwa meskipun volume lalu lintas diperkirakan mengalami peningkatan, penataan yang telah dilakukan tetap mampu menjaga kinerja jalan pada tingkat yang lebih baik dibandingkan sebelum perbaikan. Pada proyeksi lima tahun mendatang, nilai DJ diperkirakan sebesar 2,11, jauh lebih rendah dibandingkan kondisi tanpa perbaikan yang mencapai 4,59, sehingga dapat disimpulkan bahwa rekomendasi penataan ini memberikan dampak positif jangka menengah terhadap keberlanjutan kinerja jalan.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih untuk orang tua saya, dosen pembimbing, dosen penguji, serta pihak BPTD Jatim (Balai Pengelola Transportasi Darat Kelas II Jawa Timur) yang telah memberi dukungan financial, moral dan kelengkapan data pada penelitian ini, juga rekan-rekan D4 Transportasi yang memberikan semangat motivasi dalam menyelesaikan penelitian ini.

7. Referensi

- Adisasmita, S. A. (2012). *Level Of Service Analysis And Airport Terminal Development*. *International Journal of Engineering & Technology*, Vol, 12.
- Arifin, T. S. P., & Intari, D. E. (2017). Analisis Kinerja Operasional Terminal (Studi Kasus Terminal Samarinda Seberang). *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 6(2).
- Amijaya, J. (2015). *Studi Analisa Dampak Kinerja Lalu Lintas akibat Pembangunan Surabaya Carnival Night Market (SCNM) Surabaya* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Alfajri, A. (2024). *Analisis Kinerja Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Raya Negara Sumbar-Riau Segmen 2 (Km 2) Kabupaten Lima Puluh Kota* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat).

Abdi, B. Studi Penanganan Simpang Dengan Menggunakan Manajemen Lalu Lintas.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Republik Indonesia.

Direktur Jendral Perhubungan Darat. 1996. Pedoman Teknis Penyelenggaraan Fasilitas Parkir. Departemen Perhubungan. Jakarta.

Firmansyah, R. A., & Oktavianto, F. Analisis Dampak Perbaikan Jalan Terhadap Kinerja Jalan.

Fachry, R. M. (2020). *TA: Studi Komparasi Terminal Cicaheum Dan Terminal Purabaya* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Bandung).

Gunawan, T. (2024). Analisis kapasitas, kinerja dan pengaruh median jalan terhadap Jalan Raya Marendal di Kota Medan (Studi kasus) (Skripsi Sarjana, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara). Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil.

I Made Putra U, Sri Yuniarti. (2020). Analisis Kinerja Operasional Terminal (Studi Kasus Terminal Tanjung Priok). *Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur* Vol. 19 No. 2 (2020).

Kariyana, I. M., Yanta, I. N. A. T., & Pamungkas, T. H. (2024). Analisis Kinerja Ruas Jalan Tukad Gangga Dan Jalan Tukad Yeh Aya Menggunakan PKJI 2023. *Jurnal Teknik Gradien*, 16(02), 8-22.

Lamabelawa, M. I. J. (2018). Perbandingan Interpolasi Dan Ekstrapolasi Newton Untuk Prediksi data *Time Series*. *High Education of Organization Archive Quality: Jurnal Teknologi Informasi*, 10(2), 73–80.

Ndapakamang, A. D., Yurnalisdel, Y., & Oktaviastuti, B. (2023). Analisis Bangkitan Pada Ruas Jalan Pasca Pembangunan Apartemen Begawan Di Jl. Raya Tlogomas, Kota Malang. In *Prosiding Sentikuin* (Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur) (Vol. 6, pp. D8-1).

Prananda, M. H. (2023). Analisis Kinerja Simpang Bersinyal dan Tidak Bersinyal Simpang Cebongan Berdasarkan MKJI 1997 dan PKJI 2023 (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).

Rahmah Muthia, 2018. (2018). Analisis Kinerja Ruas Jalan Pada Jalan M.H. Thamrin (Bundaran Hi - Simpang Sarinah).

Rukmana, S. N., Maghfiroh, L., & Efendi, S. (2017). Konsep Penataan Transportasi (Studi Kasus: Terminal Purabaya, Surabaya-Sidoarjo). *Waktu: Jurnal Teknik UNIPA*, 15(2), 28-35.

Santiti, H. V. (2022). Analisis Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Efektivitas Terminal Rajabasa, Bandar Lampung.

Suprihanto, G. (2010). Evaluasi Kinerja Jalan Waru-Sidoarjo Ditinjau Dari Segi Klasifikasi Dan Kapasitas Jalan (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya).

Siahaan, D. (2022). Analisis Kinerja Jaringan Jalan (Study Kasus: Jalan S Parman Medan).

Wahono, A. R., Koderi, K., Indradjaja, M., & Risdianto, Y. (2022, August). Kajian tapak terminal bus Purabaya di Kabupaten Sidoarjo. In *Seminar Keinsinyuran Program Studi Program Profesi Insinyur* (Vol. 2, No. 1).

Z Zulkifli (2021). Analisis Pengaruh Hambatan Samping Akibat Aktivitas Pasar Tradisional Lasi Terhadap Kinerja Lalu Lintas Jalan Kabupaten Agam.

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.idHalaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Studi Penetapan Ulang Tarif Angkutan Kota AMH Di Kota Malang Berdasarkan BOK, ATP Dan WTP dengan Kesesuaian SPM Nomor 29 Tahun 2015

Yunita Nur Anggraini ^a, R. Endro Wibisono ^b

^a Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

^b Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia

email: yunitanur.21004@mhs.unesa.ac.id ^b endrowibisono@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 6 November 2025

Revisi 1 Desember 2025

Diterima 11 Desember 2025

Online 25 Desember 2025

Kata kunci:

Tarif

BOK

ATP

WTP

Standar Pelayanan Minimal

Angkutan Nomor 29 Tahun

2015

ABSTRAK

Penetapan ulang tarif Angkutan AMH Kota Malang bertujuan mengkaji kesesuaian ulang tarif yang berdasarkan cara menghitung ulang Biaya Operasional Kendaraan, *Ability To Pay* dan *Willingness To Pay* dengan mengacu pada Standar Pelayanan Minimal (SPM) angkutan orang dengan kendaraan bermotor umum dalam trayek Nomor 29 Tahun 2015. Metode Kuantitatif Deskriptif yang digunakan dalam pengumpulan data melalui survey BOK, wawancara sopir angkutan AMH serta penyebaran kuisioner kepada pengguna angkutan. Hasil penelitian diperoleh Nilai biaya BOK sebesar Rp 6.414,2 / perjalanan, Nilai hasil besaran ATP RP 1.851,00 serta hasil besaran Nilai WTP Rp 7.594,00 menunjukkan bahwa Nilai BOK cenderung lebih tinggi dibandingkan ATP masyarakat sehingga diperlukan efisiensi operasional untuk menjaga keberlanjutan pelayanan. Namun Nilai WTP masyarakat menunjukkan kecenderungan masih dapat menerima penyesuaian tarif apabila diiringi dengan peningkatan kualitas layanan. Berdasarkan hasil analisis serta acuan SPM Nomor 29 Tahun 2015, tarif angkutan AMH Kota Malang masih dikategorikan layak, namun terdapat aspek pelayanan yang perlu ditingkatkan seperti kenyamanan, ketepatan waktu dan fasilitas layanan agar kualitas pelayanan sesuai standar yang berlaku.

Study On Re-Determination Of AMH Transportation Fares In Malang City Based On BOK, ATP And WTP In Accordance With SPM Number 29 Of 2015

ARTICLE INFO

Keywords:

Fare

BOK

ATP

WTP

Minimum Service Standards

(SPM) Number 29 of 2015

Anggraini, Y. N., &

Wibisono, R.E. (2025). Studi

Penetapan Ulang Tarif

Angkutan Kota AMH Di

Kota Malang Berdasarkan

BOK, ATP Dan WTP

dengan Kesesuaian SPM

Nomor 29 Tahun 2015:

Jurnal Media Publikasi

ABSTRACT

The revision of the AMH Transport tariffs in Malang City aims to reassess the suitability of the tariffs based on recalculating Vehicle Operational Costs, *Ability To Pay*, and *Willingness To Pay*, with reference to the Minimum Service Standards (SPM) for passenger transportation using public motorized vehicles as regulated in Route Number 29 of 2015. The Descriptive Quantitative Method was used for data collection through BOK surveys, interviews with AMH transport drivers, and the distribution of questionnaires to transport users. The research results showed that the BOK cost value was Rp 6,414.2 per trip, the ATP value was Rp 1,851.00, and the WTP value was Rp 7,594.00. This indicates that the BOK value tends to be higher than the public's ATP, necessitating operational efficiency to maintain service sustainability. However, the community's WTP value shows a tendency to still accept tariff adjustments if accompanied by improvements in service quality. Based on the results of the analysis and reference to SPM Number 29 of 2015, the AMH transportation fares in Malang City are

Studi Penetapan Ulang...

© 2023 MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

1. Pendahuluan

Transportasi merupakan sarana yang dibutuhkan pada zaman sekarang, dengan adanya transportasi bisa mengefektifkan pekerjaan bisa membantu dalam memenuhi kebutuhan sehari – hari (Nasrudin & Nurhasanah, 2020). Setiap kota yang ada di Indonesia hendaknya memiliki suatu sistem angkutan umum yang dapat bekerja secara efektif dan efisien (Ropika, 2018). Banyaknya luasan wilayah Kota Malang membuat pelaku mobilisasi semakin meningkat. Angkutan umum perkotaan menjadi salah satu sarana yang bisa dijangkau oleh masyarakat. Pemerintah Kota Malang telah menyediakan angkutan umum berupa angkot dan rute trayek dalam kota. Jalur dan rute trayek angkutan kota AMH melalui jalan Terminal Arjosari – Jalan Simpang Panji Suroso – Jalan S. Priyo Sudarmo – Jalan RT Suryo – Jalan Hamid Rusdi – Jalan Kesatria Terusan – Jalan Urip Sumoharjo – Jalan P. Sudirman – Jalan Ir. Juanda – Jalan Kebalen – Jalan Kol Sugiyono – Terminal Hamid Rusdi (Dinas Perhubungan Kota Malang, 2025 dalam *web* Portal Pemkot Malang). Secara legal formal, tarif angkutan kota di Kota Malang terakhir kali disesuaikan dan ditetapkan melalui Peraturan Walikota (Perwali) Nomor 6 Tahun 2015 (Perwali Kota Malang, 2015). Sejak penetapan tersebut 2015 – 2025 10 tahun sudah terjadi perubahan ekonomi makro yang signifikan, inflasi serta lonjakan harga suku cadang dan biaya pemeliharaan armada.

Telah dilakukan survei pendahuluan dan pengamatan lapangan, ditemukan adanya kesenjangan yang lebar antara regulasi tarif dan implementasinya dapat memicu konflik kepentingan antara penyedia jasa dan pengguna jasa angkutan kota AMH menghasilkan beberapa fakta, yaitu :

- 1) Keluhan dari pihak sopir angkutan : Mengeluhkan bahwasannya BOK yang melonjak tajam jauh melebihi pendapatan yang didapat dari tarif resmi jarak jauh dekatnya untuk umum Rp 3.500,00 dan tarif pelajar Rp 2.000,00 (Perwali Kota Malang, 2015). Ketua Serikat Sopir Indonesia (SSI) Kota Malang menyatakan bahwa meski tarif angkot AMH naik menjadi Rp 5.000,00 pada tahun 2023 dinilai kurang ideal karena tarif tersebut belum bisa menutupi biaya operasional kendaraan (M Bagus Ibrahim, 2023 dalam *web* detikjatim).
- 2) Keluhan dari pihak masyarakat / penumpang : Mengeluhkan ketidakpastian dan ketidaktransparan tarif, sering kali menjadi objek penarikan tarif yang berbeda – beda tanpa dasar hukum yang jelas. Mahasiswa dan pelajar yang seharusnya mendapatkan tarif subsidi Rp 2.000,00 berdasarkan Peraturan Walikota Malang 2015 (Perwali Kota Malang, 2015) sering dipungut tarif umum atau bahkan lebih dan menyebabkan beban biaya transportasi yang tidak terduga sehingga mengurangi kepercayaan terhadap layanan angkutan umum di Kota Malang.

Urgensi dari pemaparan di atas yaitu kurangnya transparansi besaran tarif angkutan kota AMH, perlunya pengkajian ulang terkait besaran tarif angkutan kota AMH serta peningkatan layanan angkutan sesuai dengan SPM Nomor 29 Tahun 2015.

2. Studi literatur

Studi literatur mencakup kajian dari penelitian terdahulu yang dijadikan sebuah acuan penulisan. Adapun beberapa studi literatur yang digunakan penulis dalam penulisannya, yaitu :

2.1 (Permani dkk., 2023)

Penelitian terdahulu dengan judul “ Analisis Tarif Angkutan Umum Berdasarkan Biaya Operasional Kendaraan, *Ability To Pay*, Dan *Willingness To Pay* (Studi Kasus Trayek Angkutan Perkotaan 012 Di Kabupaten Ciamis) “ hasil analisa tarif yang didapatkan yaitu Nilai *Willingness To Pay* (WTP) yang berarti kemauan pengguna dalam membayar tarif tidak berbeda jauh dengan Nilai *Ability To Pay*

(ATP). Hal ini disebabkan tidak adanya angkutan lain selain angkutan 012 karena hanya angkutan itu yang melewati perjalanan mereka.

2.2 (Naris dkk., 2020)

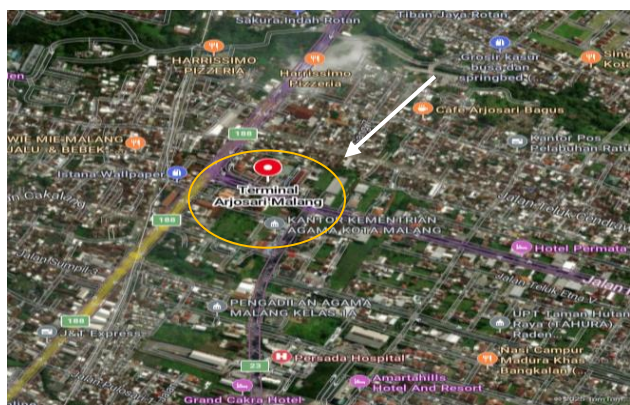
Penelitian terdahulu yang berjudul “ Penentuan Tarif Efektif Angkutan Umum Berdasarkan Biaya Operasional Kendaraan Studi Kasus Bus Minto Trayek Situbondo – Banyuwangi “ hasil penelitiannya diperoleh besaran tarif berdasarkan BOK sebesar Rp 35.000 lebih rendah dibanding dengan besaran tarif eksisting saat ini dan lebih tinggi dibandingkan besaran tarif dari Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 27 Tahun 2016.

2.3 (Sekar Arum & Samin, 2014)

Penelitian terdahulu berjudul “ Analisa Tarif Angkutan Umum Berdasarkan Biaya Operasional Kendaraan, ATP Dan WTP Studi Kasus PO. Nuansa Indah “ hasilnya untung dari BOK bus kota PO. Nuansa Indah trayek Simpang pait – Tanah grogot adalah Rp 8.000 kategori umum dan Rp. 12.000 untuk pelajar, kondisi menunjukkan tarif yang berlaku pada saat penelitian di dilaksanakan masih di atas nilai WTP.

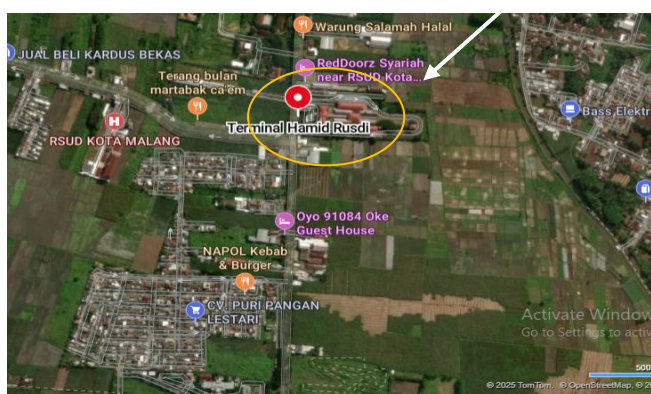
3. Metode Penelitian

Pengkajian ulang tarif ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan menghitung besaran nilai BOK sesuai metode perhitungan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat No. SK.678/AJ.206/DRJD/2002. Dilakukan dengan pengamatan langsung , observasi dan wawancara untuk memperoleh data ATP, WTP. Pengambilan sampel sopir angkutan berjumlah 5 sopir dan populasi sampel responden sejumlah 303. Lokasi yang diambil untuk penelitian berada di kawasan sekitar Terminal Arjosari – Terminal Hamid Rusdi Kota Malang yang terletak di Jalan Raden Intan No. 1 – Jalan Mayjend Sungkono No. 11 Kota Malang, Jawa Timur.



(A)

Gambar. 1 Lokasi Penelitian Terminal Arjosari



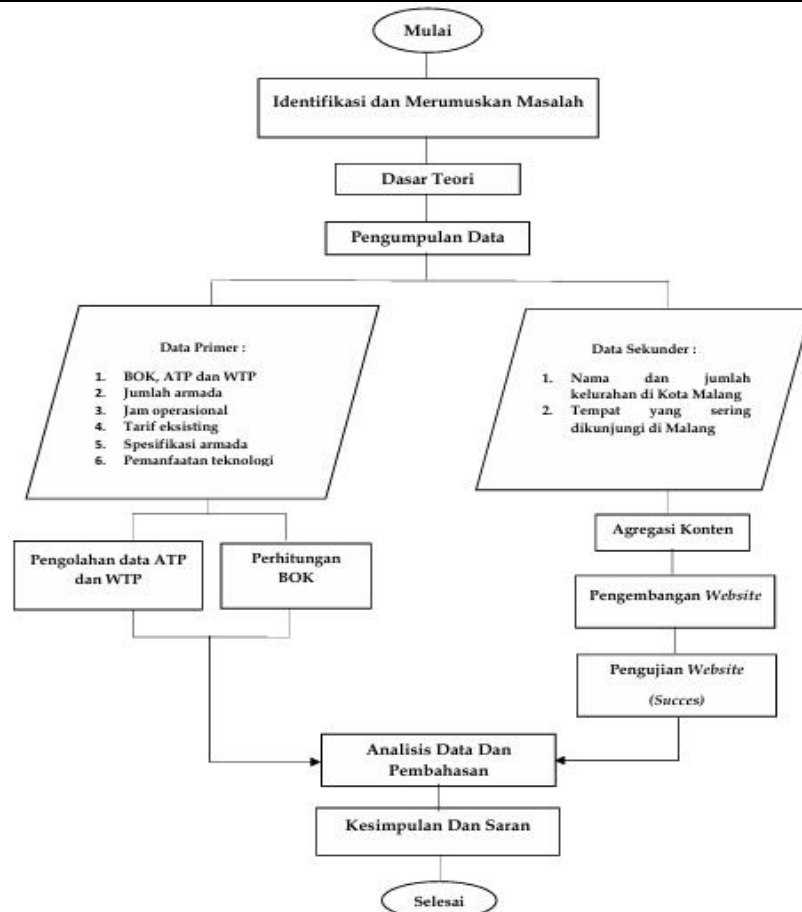
(B)

Gambar. 2 Lokasi Penelitian Terminal Hamid Rusdi

Sumber : Google Maps, 2025

3.1 Diagram Alir

Definisi diagram alir yang menunjukkan langkah awal proses yang harus diikuti secara runtut untuk mencapai suatu tujuan. Dibuat untuk membantu proses menjadi lebih jelas dan mudah dipahami, membantu dalam mengidentifikasi kesalahan atau kelemahan dalam proses dan membantu dalam mengembangkan sistem yang lebih efisien.



Gambar. 3 Diagram Alir Penelitian

Sumber : Analisa Pribadi, 2025

Pada teknik pengumpulan data dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder, diantaranya :

- a) Data primer yang diperoleh langsung dari lapangan antara lain :
 - a. ATP dan WTP
 - b. BOK
 - c. Jumlah armada
 - d. Jam operasional
 - e. Spesifikasi armada
 - f. Penerapan teknologi
- b) Data sekunder data dari lembaga ataupun luar lembaga yang memiliki keterkaitan dengan penelitian atau biasa disebut dengan data dokumentasi, antara lain :
 - a. Nama dan jumlah kelurahan di Kota Malang.
 - b. Tempat yang sering dikunjungi di Kota Malang.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Moda Transportasi

Moda transportasi yang digunakan adalah Angkutan AMH Kota Malang (Arjosari – Mergosono – Hamid Rusdi) dengan spesifikasi angkutan, yaitu :

Tabel 4.1. Spesifikasi Angkutan AMH Kota Malang (*Kartu Uji Berkala Sopir Angkutan, 2025*)

Pabrik	Suzuki Tahun 1995
Tipe mesin	ST100 SP 1000 cc
Panjang keseluruhan	3950 mm
Lebar keseluruhan	1460 mm

Tinggi keseluruhan	2020 mm
Jumlah roda	4 buah
Kapasitas	12 penumpang
Kapasitas tanki bensin	30 liter
Jenis bensin	Pertalite / bensin

4.2 Biaya Operasional Kendaraan (BOK)

Pada perhitungan ulang tarif (BOK) berpedoman pada perhitungan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat No: SK.687/AJ.206/DRJD/2002 (Direktoral Jenderal Perhubungan Darat, 2002). Sebagaimana yang sudah di rekapitulasi biaya operasional kendaraan dengan *LF* 50 %, dapat dilihat pada Tabel 4.2. di bawah ini.

Tabel 4.2. Rekapitulasi Biaya Operasional Kendaraan (*Penulis, 2025*)

No.	Komponen Biaya	Rp/ Angkutan/km	Rp/Pnp/km
Biaya langsung			
1	Biaya penyusutan kendaraan	: Rp 597,46	Rp 99,57
2	Biaya bunga modal kendaraan	: Rp 0,00	Rp 0,00
3	Biaya gaji	: Rp 1.493	Rp 248,83
4	Biaya bahan bakar (BBM)	: Rp 186,7	Rp 31,11
5	Biaya ban	: Rp 50,4	Rp 8,4
6	Biaya service kecil	: Rp 12,5	Rp 2,08
7	Biaya service besar	: Rp 500	Rp 83,34
8	Biaya pemeriksaan (overhaul)	: Rp 0,00	Rp 0,00
9	Biaya penambahan oli	: Rp 14,93	Rp 2,48
10	Biaya cuci bus	: Rp 18,67	Rp 3,11
11	Biaya suku cadang	: Rp 0,00	Rp 0,00
12	Biaya bodi	: Rp 0,00	Rp 0,00
13	Biaya retribusi terminal	: Rp 0,00	Rp 0,00
14	Kas paguyuban	: Rp 37,34	Rp 6,22
15	Biaya STK / pajak kendaraan	: Rp 12,29	Rp 2,04
16	Biaya KIR kendaraan	: Rp 0,00	Rp 0,00
17	Biaya asuransi	: Rp 0,00	Rp 0,00
18	Biaya setoran	: Rp 37,34	Rp 6,22
Biaya tidak langsung			
1	Biaya pegawai selain awak kendaraan	: Rp 0,00	Rp 0,00
2	Biaya pengolahan	: Rp 0,00	Rp 0,00
TOTAL (A+B)		: Rp 2960,63	Rp 493,4

Biaya operasional angkutan kota AMH sebesar Rp 2.960,63 yang dibulatkan menjadi Rp 2.960,00 per angkutan/km. Berdasarkan pedoman perhitungan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Nomor SK.687/ AJ.206 / DRJD/ 2002, perhitungan tarif memperhitungkan nilai *load factor* (LF) sebesar 50% yang diperoleh dari nilai tarif per penumpang/km sebesar Rp 493,4 (dibulatkan menjadi Rp 493,00). Tarif eksisting angkutan AMH Kota Malang dengan jarak rata – rata perjalanan 13 km dan kapasitas kursi penumpang 12 orang, pada LF 50% didapatkan hasil Rp 493,4 pnp/km dikalikan dengan 13 km hasilnya Rp 6.414,2/perjalanan.

4.3 Ability To Pay

Perhitungan *Ability To Pay* (ATP) responden tarif angkutan kota AMH Kota Malang diperoleh dari hasil data pengisian kuisioner. Perhitungan ATP didapatkan dari hasil pengisian kuisioner masyarakat Kota maupun Kabupaten Malang yang kemudian dimasukkan ke dalam rumus yang sudah ditetapkan.

Tabel 4.3. Nilai ATP Berdasarkan Kategori Besaran Pendapatan (*Penulis, 2025*)

No.	Kategori Pendapatan	Jumlah Responden	Nilai ATP (Rp)	Total Nilai ATP (Rp)
1	Kategori A	70	1.000,00	70.000
2	Kategori B	200	3.000,00	400.000
3	Kategori C	19	4.500,00	57.000
4	Kategori D	10	4.500,00	30.000
5	Kategori E	4	1.500,00	4.000
TOTAL		303	-	1.851,00

Pada Nilai ATP Rp 1.851,00 menunjukkan bahwasannya secara umum responden mampu membayar lebih tinggi di banding dengan tarif eksisting pada tarif Perwali Nomor 6 Tahun 2015.

4.4 Willingness To Pay

Perhitungan *Willingness To Pay* (WTP) responden tarif angkutan AMH Kota Malang diperoleh dari data responden berdasarkan persepsi masyarakat Kota dan Kabupaten Malang yang sebagian masyarakatnya bekerja di Kota dan menggunakan jasa transportasi umum di Kota Malang.

Tabel 4.4. Nilai WTP Berdasarkan Kategori Besaran Pendapatan (*Penulis, 2025*)

No.	Pendapatan / Bulan	Akumulasi Nilai Tarif (Rp)	Jumlah Responden	Nilai WTP / Kategori (Rp)
1	Kategori A	553.000,00	70	7.900,00
2	Kategori B	1.580.000,00	200	5.790,00
3	Kategori C	58.000,00	19	3.052,00
4	Kategori D	79.000,00	10	7.900,00
5	Kategori E	31.000,00	4	7.750,00
NILAI WTP				7.594,00

Besaran nilai rata – rata ATP masyarakat yang merupakan pengguna jasa transportasi umum sebesar Rp 1.851,00 (nilai ATP total keseluruhan) masih relatif rendah jika dibandingkan dengan tarif eksisting yaitu Rp 7.000 – Rp 10.000 dan biaya operasional sebesar Rp 493,4/pnp-km, Rp 6.914,2/perjalanan Jika dibandingkan dengan nilai WTP sebesar Rp 7.594,00 nilai WTP relatif lebih tinggi.

4.5 Hubungan ATP dan WTP dengan Standar Pelayanan Minimal Angkutan Nomor 29 Tahun 2015

Hubungan ATP dan WTP dengan SPM Nomor 29 Tahun 2015 dalam konteks angkutan AMH Kota Malang adalah dapat membantu dalam menentukan tarif layanan publik sesuai dengan kemampuan dan kesediaan masyarakat untuk membayar jasa angkutan dan dapat digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi kinerja pemerintahan daerah dalam menyediakan layanan publik yang sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan masyarakat. Pada pengisian link angket responden pengguna jasa angkutan AMH Kota Malang beberapa pertanyaan seputar fasilitas yang akan di *upgrade* dan dilengkapi apabila dengan perubahan tarif angkutan yang kemungkinan naik setuju atau tidak setuju. Fasilitas yang dimaksud berupa gorden jendela, APAR, kelistrikan untuk audio visual yang memenuhi SNI, sirkulasi udara kap jendela yang terbuka, kantung sampah, stiker atau gambar tulisan dilarang merokok. SPM Nomor 29 Tahun 2015 memuat enam aspek standar pelayanan minimal angkutan umum dapat dilihat pada Tabel 4.5. dibawah ini perbandingan indikator SPM Nomor 29 Tahun 2015 dengan kondisi angkutan AMH Kota Malang.

Tabel 4.5 Perbandingan Indikator SPM Nomor 29 Tahun 2015 dengan Kondisi Angkutan AMH Kota Malang (*Penulis, 2025*)

Aspek SPM	Standar SPM	Kondisi Angkutan AMH Kota Malang
Keterjangkauan (Tarif)	Tarif sesuai dengan kemampuan masyarakat.	Tarif eksisting Rp 10.000,00 > WTP Rp 7.594,00 (sudah terpenuhi)
Keselamatan	Kendaraan laik jalan, pengemudi berkompeten.	Sebagian kendaraan laik jalan dan pengawasan perlu ditingkatkan.

Aspek SPM	Standar SPM	Kondisi Angkutan AMH Kota Malang
Keamanan	Perlindungan penumpang dan bebas kriminalitas.	Relatif aman namun, perlindungan masih terbatas.
Kenyamanan	Kebersihan, ventilasi / cap jendela dan kursi sesuai kapasitas.	Sebagian kendaraan bersih namun kenyamanan belum merata.
Keteraturan dan keandalan	Jadwal pasti dan ketepatan waktu.	Belum ada jadwal pasti dan ketepatan waktu belum konsisten.
Kesetaraan	Akses untuk semua kalangan termasuk difabel.	Fasilitas akses difabel masih minim.

5. Kesimpulan

Hasil perbandingan dari hasil BOK, ATP dan WTP dengan tarif eksisting adalah menunjukkan bahwa Nilai ATP (Rp 1.851,00) lebih rendah daripada nilai BOK (Rp 6.414,2 per perjalanan) menunjukkan, kemampuan membayar masyarakat belum mampu menutupi biaya operasional (ATP). Nilai WTP (Rp 7.594,00) lebih tinggi dari nilai BOK (Rp 6.414,2 per perjalanan) menunjukkan, terdapat peluang masyarakat untuk menutupi biaya operasional dengan tarif yang lebih tinggi. Nilai Tarif Perwali Rp 6.000,00 sudah cukup mendekati biaya operasional (BOK) namun masih sedikit di bawahnya, sehingga tidak sepenuhnya menutupi biaya operasional. Nilai WTP (Rp 7.594,00) lebih rendah dari tarif eksisting (Rp 10.000,00) menunjukkan, tarif saat ini terlalu tinggi dibandingkan dengan kemauan (WTP) masyarakat untuk membayar dan lebih ditingkatkan lagi terkait pelayanan, kenyamanan sesuai SPM Nomor 29 Tahun 2015.

6. Ucapan Terima Kasih

Alhamdulillah bersyukur atas kehadiran Allah SWT, dengan ini penulis ingin mengucapkan berterima kasih kepada banyak pihak yang telah terlibat dan membantu pada penelitian ini. Ucapan terima kasih kepada bapak sopir angkutan yang mau meluangkan waktunya untuk diwawancarai terkait biaya operasional kendaraan (BOK). Responden masyarakat Kota maupun Kabupaten Malang yang telah meluangkan waktu serta seluruh kontribusinya. Terima kasih kepada dosen pembimbing, yang selalu senantiasa membimbing sampai rampung penelitian ini.

7. Referensi

- Direktoral Jenderal Perhubungan Darat. (2002). Pedoman Teknis Penyelenggaraan Angkutan Penumpang Umum Di Wilayah Perkotaan Dalam Trayek Tetap Dan Teratur.
- Dinas Perhubungan Kota Malang. (2024). Trayek Angkutan Kota (Mikrolet) Yang Melewati Jalur Dalam Kota Malang. <https://Dishub.Malangkota.Go.Id/Jalur-Angkutan-Kota-Malang/>
- Muhammad, B. I. (2023). Tarif Angkot Di Malang Bakal Naik, Berikut Besaran Kenaikannya. Detikjatim. https://Www.Detik.Com/Jatim/Berita/D-6880435/Tarif-Angkot-Di-Malang-Bakal-Naik-Berikut-Besaran-Kenaikannya#Goog_Rewarded
- Perwali Kota Malang. (2015). Peraturan Walikota Malang Nomor 6 Tahun 2015 Tentang Perubahan Atas Peraturan Walikota Malang Nomor 24 Tahun 2013 Tentang Tarif Angkutan. 7–10.
- Naris, W. W., dkk. (2020). Penentuan Tarif Efektif Angkutan Umum Berdasarkan Biaya Operasional Kendaraan Studi Kasus Bus Minto Trayek Situbondo - Banyuwangi.Pdf. 6.
- Nasrudin, I., & Nurhasanah, C. T. (2020). Analisis Tingkat Kepuasan Pelanggan Transportasi Ojek Online Gojek Menggunakan Metode *Fuzzy Service Quality*. *Rekayasa Industri Dan Mesin (Retims)*, 1(2), 75. <https://Doi.Org/10.32897/Retims.2020.1.2.326>
- Permani, I., dkk. (2023). Analisis Tarif Angkutan Umum Berdasarkan Biaya Operasional Kendaraan,

Ability To Pay, Dan Willingness To Pay. 012.

- Ropika. (2018). Analisis Tarif Angkutan Umum Berdasarkan Biaya Operasional Kendaraan Dan Willingness To Pay (Studi Kasus : Angkutan Umum Trayek Teluk Kuantan – Pekanbaru). Jurnal Perencanaan, Sains, Teknologi, Dan Komputer, 1(1), 144–166.
<https://www.neliti.com/id/publications/314389/Analisis-Tarif-Angkutan-Umum-Berdasarkan-Biaya-Operasional-Kendaraan-Dan-Willing>
- Sekar, A., & Samin. (2014). Analisa Tarif Angkutan Umum Berdasarkan Biaya Operasional Kendaraan, Atp Dan Wtp. 12, 183–190.
- Sugiyono. (2022). Metode Penelitian Kuantitatif (Setiawami, Ed.). Alfabeta.