JTI

Jurnal Teknik Indonesia

Volume 7 Nomor 2 (Oktober 2026)

P-ISSN 2987-2723 | E-ISSN 2987-0933

Program Studi Teknik Sipil UNDARIS
PII Kabupaten Semarang

e-ISSN 2987-0933
p-ISSN 2987-2723

Redaksi

Ketua Dewan Editor *(Editor in Chief)*
Alim Muhroni, ST., MT. (Univeritas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman)

Editor Pelaksana *(Executive Editors)*
Khoirudin Fakhri, ST., MT. (Univeritas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman)

Dewan Editor *(Editorial Board)*
Alfian Hudan Laksana, ST., MT. (Universitas Pawiyatan Daha)
Dr. Ir. Fatma Sarie, ST., MT., IPM. (Universitas Palangkaraya)
Dr. Ir. Elkana Timotius, ST., MM., MT., IPU. (Universitas Kristen Krida Wacana)
Romiyadi, ST., MT. (Politeknik Kampar)
Dr. Sisnayati, ST., MT. (Universitas Tamansiswa Palembang)

Editor Layout/Bagian *(Section Editor)*
Dirga Asmara Putra, ST., MT. (Univeritas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman)

Reviewers
Ratih Pujiastuti, ST., MT. (Univeritas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman)
Ir. Agung Hari Wibowo, SIP., ST., MT. (Univeritas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman)
Tenardhy Aryarama Wijaya, S.ST., M.Eng. (Universitas Darul Ulum Silamic Centre Sudirman)
Dr. Ir. Muhammad Habibi, M.Si., M.Kom., IPU., ASEAN Eng. (PII Kab. Semarang)
Harwidyo Eko Prasetyo, ST., MT. (Universitas Muhammadiyah Jakarta)
Gagassage Nanaluih De Side, ST,. MT. (Universitas Mataram)
Prof. Dr. Hoga Saragih, ST, MT, IPM, CIRR. (Universitas Bakrie)
Dr. Purwanto, S.T., M.Eng. (Unimart Amni)
Dr. Adnan, ST., MT. (Universitas Muhammadiyah Parepare)
Rini Oktavera, ST., M.MT. (Universitas WR Supratman)

Alamat Redaksi *(Editorial Address)*
Fakultas Teknik
Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI
Jl. Tentara Pelajar No. 13 Ungaran - 50514
Email:ftundaris.jei@gmail.com

Supporting Contact
Nurlaeli Hitawati

e-ISSN 2987-0933
p-ISSN 2987-2723

Kata Pengantar

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga Jurnal Teknik Indonesia (JTI) Vol. 7 No. 2 Edisi Oktober 2026 ini dapat terbit tepat waktu. Penerbitan ini merupakan wujud komitmen kami dalam menyajikan karya-karya ilmiah berkualitas tinggi di bidang Ketekniksipilan, sekaligus menjadi sarana diseminasi hasil penelitian terkini bagi para akademisi, peneliti, praktisi, dan mahasiswa. Dengan bangga kami sampaikan bahwa Jurnal Teknik Indonesia telah terakreditasi **SINTA 5**, sebuah pengakuan atas standar kualitas dan kontribusi kami dalam ranah publikasi ilmiah.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, kami ingin menyampaikan rasa terima kasih dan apresiasi setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah mempercayakan Jurnal Teknik Indonesia sebagai wadah publikasi karya ilmiahnya. Kontribusi Bapak/Ibu sekalian adalah pilar utama yang menjadikan jurnal ini terus berkembang dan relevan.

Edisi kali ini menghadirkan tiga belas artikel pilihan yang berasal dari berbagai institusi pendidikan, yaitu Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang, Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (Undaris) Kabupaten Semarang, Universitas Sunan Giri (UNSURI) Surabaya, Politeknik Negeri Ambon, dan UIN Sunan Ampel Surabaya. Keberagaman afiliasi ini mencerminkan semangat kolaborasi dan pertukaran gagasan dalam lingkup keilmuan Teknik Sipil.

Secara garis besar, tiga belas artikel yang dimuat pada edisi ini mengupas berbagai tantangan krusial dan solusi mutakhir di dunia ketekniksipilan yang patut untuk disimak:

1. Dinamika Infrastruktur Transportasi & Tantangan Mobilitas Perkotaan: Bagaimana sebenarnya performa jaringan jalan dan jembatan kita menghadapi lonjakan volume kendaraan harian? Edisi ini membedah secara mendalam mulai dari evaluasi kritis kinerja underpass berdasarkan PKJI 2023, pembongkaran misteri hubungan antara volume lalu lintas dengan tingkat kerusakan perkerasan jalan di berbagai koridor strategis, perumusan indeks kualitas perencanaan (DED) agar proyek rekonstruksi jalan tidak salah arah, hingga strategi presisi penentuan prioritas penanganan struktur atas jembatan kritis melalui integrasi metode BMS dan AHP.
2. Terobosan Manajemen Konstruksi & Efisiensi Hunian Rakyat: Di tengah tuntutan pembangunan yang kian cepat dan ekonomis, sejauh mana efektivitas penerapan teknologi alternatif? Artikel dalam edisi ini secara mengejutkan membongkar perbandingan performa—mulai dari biaya, waktu, hingga produktivitas kerja—antara penggunaan Sistem Panel Instruktur Unggul (RUSPIN) versus metode konvensional pada pembangunan rumah swadaya.
3. Ketahanan Struktur Gedung di Zona Rawan Gempa: Mengingat tingginya tingkat kerentanan seismik wilayah kita, sudahkah gedung-gedung fasilitas publik dan kesehatan kita berdiri dengan aman? Peneliti dalam edisi ini menyajikan evaluasi respons struktur gedung bertingkat terhadap beban gempa ekstrem berdasarkan standar SNI terbaru, lengkap dengan pengujian kapasitas fondasi tiang pancang yang menopangnya.
4. Mitigasi Lingkungan & Inovasi Material Hijau Konstruksi: Bisakah limbah material

e-ISSN 2987-0933
p-ISSN 2987-2723

bangunan menjadi penyelamat krisis bahan alam? Temukan jawabannya dalam kajian literatur mendalam mengenai pemanfaatan limbah keramik dan genteng sebagai substitusi agregat halus untuk menciptakan formulasi beton yang ramah lingkungan tanpa menurunkan performa strukturalnya

Kami berharap ulasan dari berbagai riset ini tidak hanya menginspirasi, tetapi juga memicu rasa penasaran intelektual pembaca untuk menelaah artikel demi artikel secara lebih mendalam, serta mendorong lahirnya inovasi-inovasi lanjutan di masa mendatang.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penerbitan edisi ini. Kritik dan saran yang membangun senantiasa kami nantikan demi kemajuan Jurnal Teknik Indonesia.

Tim Redaksi Jurnal Teknik Indonesia

e-ISSN 2987-0933
p-ISSN 2987-2723

DAFTAR ISI

ANALISIS KINERJA LALU-LINTAS PADA UNDERPASS PEKANDANGAN – JATIBARANG KABUPATEN INDRAMAYU BERDASARKAN PEDOMAN KAPASITAS JALAN INDONESIA (PKJI) 2023 — 63 – 75
Rusmana, Juny Andry Sulistyo, Abdul Rochim

ANALISIS KONDISI PERKERASAN JALAN MENGGUNAKAN METODE SURFACE DISTRESS INDEX (SDI) SEBAGAI DASAR PENENTUAN PEMELIHARAAN JALAN (STUDI KASUS: JALAN KADIPATEN – BTS. MAJALENGKA / INDRAMAYU) — 76 – 86
Suparman, Juny Andry Sulistyo, Pratikso

PERUMUSAN INDEKS KUALITAS DETAIL ENGINEERING DESIGN PADA PERENCANAAN REKONSTRUKSI JALAN (STUDI KASUS: UPTD PENGELOLAAN JALAN DAN JEMBATAN WILAYAH PELAYANAN VI KAB. INDRAMAYU) — 87 – 100
Fajar Firmansyah, Pratikso, Juny Andry Sulistyo

ANALISIS PENGARUH VOKUME LALU-LINTAS TERHADAP TINGKAT KERUSAKAN PERKERASAN JALAN (STUDI KASUS: RUAS JALAN BUDUR – SUSUKAN – TEGALGUBUG) — 101 – 113
Agus Kosasih, Juny Andry Sulistyo, Pratikso

ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI SISTEM RUSPIN DAN METODE KONVENSIONAL PADA PEMBANGUNAN RUMAH BERBASIS KOMUNITAS DAN SWADAYA DI KABUPATEN BREBES — 114 – 128
Irfanuddin, Kartono Wibowo, Soedarsono

ANALISA PENGARUH VOLUME LALU-LINTAS TERHADAP TINGKAT KERUSAKAN PERKERASAN JALAN (STUDI KASUS: JALAN KASEPUHAN – KALITANJUNG) — 129 – 141
Muhammad Daffa Putra Susanto, Juny Andry Sulistyo, Pratikso

ANALISIS KONDISI DAN PRIORITAS PENANGANAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN MONJOT MENGGUNAKAN METODE BRIDGE MANAGEMENT SYSTEM (BMS) DAN ANALYTICAL HIERACHY PROCCESS (AHP) — 142 – 155
Buddy Achmad Setoady, Pratikso, Juny Andry Sulistyo

ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG LABORATORIUM KESEHATAN DAERAH DI SALATIGA TERHADAP BEBAN GEMPA — 156 – 163
Afifatul Askha, Trenggana Indra Pambudi Nuswantara, Agung Hari Wibowo, Tenardhy Aryarama Wijaya

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PARKIR 4 LANTAI UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CNTRE SUDIRMAN GUPPI UNGARAN MENGGUNAKAN SNI 1726:2019 DAN SNI 2847:2019 — 164 – 170
Muhammda Farkan, Agung Hari Wibowo, Tenardhy Aryawama Wijaya

e-ISSN 2987-0933
p-ISSN 2987-2723

ANALISIS LITERATUR PEMANFAATAN LIMBAH KERAMIK DAN LIMBAH GENTENG SENAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA BETON 171 – 177
Putry Syafa Az-zahra, Nur Istiqomah, Siti Rochani

ANALISIS PERBANDINGAN QUARRY WAE KAWANUA DENGAN WAE WAI LAO UNTUK BETON K-250 178 – 183
Julfikran Latarissa, Sjafrudin Latar, Elisabeth Talakua

STABILIASAI TANAH DENGAN BAHAN TAMBAH SERAT SABUT KELAPA TERHADAP KUAT GESER LANGSUNG 184 – 191
Yosphin Mahulette, Sjafrudin Latar, Penina Istia

EFISIENSI PROYEK NORMALISASI SALURAN SEKUNDER UNTUK DAERAH IRIGASI WADUK GOGOR 192 – 201
Viola Esa Nursela, RR Diah Nugraheni Setyowati, Fajar Setiawan

JURNAL TEKNIK INDONESIA - VOL. 07 NO. 02 (Oktober 2026)
P-ISSN 2987-2723
E-ISSN 1987-0933

Analisis Kinerja Lalu Lintas Pada Underpass Pekandangan–Jatibarang Kabupaten Indramayu Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023

Rusmana, Juny Andry Sulistyo, Abdul Rochim
Universitas Islam Sultan Agung
E-mail Korespondensi: rusmanana28@gmail.com

ABSTRACT

The Pekandangan–Jatibarang Underpass is an important transportation facility that supports traffic flow and regional connectivity in Indramayu Regency. The increasing level of community activities in the surrounding commercial and residential areas has led to a continuous rise in traffic volume, potentially reducing the road's level of service, particularly during peak hours. This study aims to analyze traffic volume characteristics, evaluate the level of service based on road capacity and degree of saturation, and develop traffic management recommendations for the Pekandangan–Jatibarang Underpass. The study employed a quantitative evaluative approach using the 2023 Indonesian Highway Capacity Guidelines (Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia/PKJI 2023). Primary data were obtained through three days of traffic volume surveys (traffic counting), while secondary data included road geometric characteristics, existing underpass conditions, and technical documents obtained from relevant agencies. The analysis consisted of calculating traffic volume, road capacity, degree of saturation (DS), and Level of Service (LOS). The results indicate that the highest traffic volume occurred on Monday from 7:00 to 8:00 p.m., reaching 1,358 PCU/hour, while the road capacity of the Pekandangan–Jatibarang Underpass was 1,223 PCU/hour. The degree of saturation ranged from 0.30 to 1.11, with the highest value of 1.11, indicating that traffic demand exceeded the available road capacity. The road performance was predominantly classified as LOS B and LOS C, but deteriorated to LOS F during peak hours, indicating that the traffic performance was no longer optimal. Based on these findings, recommended measures include implementing traffic management during peak periods, controlling roadside activities, regulating heavy vehicle movements, and increasing the underpass capacity as a long-term solution to improve traffic performance.

Keywords: *Pekandangan–Jatibarang Underpass, traffic volume, road capacity, degree of saturation, Level of Service (LOS), PKJI 2023.*

ABSTRAK

Underpass Pekandangan–Jatibarang merupakan salah satu prasarana transportasi yang berperan penting dalam mendukung konektivitas dan kelancaran lalu lintas di Kabupaten Indramayu. Meningkatnya aktivitas masyarakat di sekitar kawasan perdagangan dan permukiman menyebabkan volume kendaraan pada ruas jalan tersebut terus bertambah, sehingga berpotensi menurunkan tingkat pelayanan jalan, terutama pada jam-jam puncak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik volume lalu lintas, mengevaluasi tingkat pelayanan jalan berdasarkan kapasitas dan derajat kejenuhan, serta menyusun rekomendasi penanganan lalu lintas pada Underpass Pekandangan–Jatibarang. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif evaluatif dengan metode analisis berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) tahun 2023. Data primer diperoleh melalui survei volume lalu lintas (*traffic counting*) selama tiga hari, sedangkan data sekunder meliputi data geometri jalan, kondisi eksisting underpass, dan dokumen teknis dari instansi terkait. Analisis dilakukan melalui perhitungan volume lalu lintas, kapasitas jalan, derajat kejenuhan (DJ), dan tingkat pelayanan jalan (*Level of Service*/LOS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume lalu lintas tertinggi terjadi pada hari Senin pukul 19.00–20.00 sebesar 1.358 SMP/jam, sedangkan kapasitas jalan Underpass Pekandangan–Jatibarang sebesar 1.223 SMP/jam. Nilai derajat kejenuhan berkisar antara 0,30–1,11, dengan nilai tertinggi sebesar 1,11 yang menunjukkan bahwa volume lalu lintas telah melampaui kapasitas jalan. Tingkat pelayanan jalan didominasi oleh LOS B dan LOS C, namun pada jam puncak menurun hingga LOS F, sehingga menunjukkan bahwa kinerja lalu lintas belum optimal. Berdasarkan hasil evaluasi, direkomendasikan

Jurnal Teknik Indonesia by Fakultas Teknik Undaris
is licensed under Creative Commons Attribution 4.0

penerapan manajemen lalu lintas pada jam puncak, pengendalian hambatan samping, pengaturan kendaraan berat, serta peningkatan kapasitas underpass sebagai solusi jangka panjang untuk meningkatkan kinerja lalu lintas.

Kata Kunci: Underpass Pekandangan–Jatibarang, volume lalu lintas, kapasitas jalan, derajat kejenuhan, tingkat pelayanan jalan, PKJI 2023.

PENDAHULUAN

Transportasi jalan memiliki peran penting dalam mendukung mobilitas masyarakat, distribusi barang, dan aktivitas ekonomi pada suatu wilayah. Peningkatan aktivitas sosial dan ekonomi umumnya diikuti oleh peningkatan pergerakan kendaraan yang dapat memengaruhi kinerja jaringan jalan. Ketidakseimbangan antara pertumbuhan volume lalu lintas dan kapasitas prasarana dapat menyebabkan meningkatnya kepadatan, penurunan kecepatan, antrean, dan waktu perjalanan. Oleh karena itu, evaluasi kinerja lalu lintas diperlukan untuk mengetahui kemampuan suatu ruas jalan dalam melayani arus kendaraan serta mengidentifikasi kondisi ketika kapasitas jalan mulai tidak mampu memenuhi kebutuhan pergerakan [1], [2].

Salah satu prasarana yang memiliki fungsi penting dalam menjaga kelancaran pergerakan lalu lintas adalah underpass. Underpass merupakan fasilitas jalan tidak sebidang yang memungkinkan kendaraan melintas di bawah suatu jaringan transportasi atau fasilitas lain sehingga konflik pergerakan dapat dikurangi. Keberadaan underpass dapat meningkatkan kontinuitas perjalanan karena arus kendaraan tidak harus berhenti akibat konflik dengan perlintasan kereta api maupun arus lalu lintas lainnya. Namun demikian, keberadaan underpass tidak secara otomatis menjamin kinerja lalu lintas tetap baik. Kinerja operasional tetap dipengaruhi oleh karakteristik geometrik, volume lalu lintas, komposisi kendaraan, hambatan samping, dan kapasitas efektif prasarana yang tersedia. Penelitian mengenai kinerja underpass pada beberapa lokasi menunjukkan bahwa evaluasi volume lalu lintas dan kapasitas tetap diperlukan untuk mengetahui kondisi pelayanan aktual serta kebutuhan penanganan pada lokasi tersebut [3], [4].

Underpass Pekandangan–Jatibarang yang berada di Kabupaten Indramayu merupakan salah satu prasarana transportasi yang melayani pergerakan kendaraan pada koridor Pekandangan–Jatibarang. Lokasi ini memiliki karakteristik lalu lintas yang cukup kompleks karena melayani berbagai jenis kendaraan dan berada di kawasan yang dipengaruhi oleh aktivitas perdagangan, permukiman, serta kegiatan masyarakat di sekitar Kecamatan Jatibarang. Kondisi tersebut menyebabkan volume lalu lintas mengalami fluktuasi sepanjang waktu. Permasalahan lain terdapat pada kondisi geometrik underpass yang memiliki lebar efektif sekitar 4,80 m untuk melayani lalu

lintas dua arah. Lebar yang terbatas tersebut menyebabkan ruang gerak kendaraan menjadi terbatas, terutama ketika kendaraan berukuran besar berpapasan, sehingga berpotensi memengaruhi kelancaran arus dan kapasitas ruas jalan.

Evaluasi kinerja lalu lintas pada ruas jalan perkotaan dapat dilakukan dengan mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) Tahun 2023 yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga. PKJI 2023 merupakan pemutakhiran dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 dan digunakan sebagai pedoman teknis dalam perencanaan serta evaluasi kapasitas dan kinerja lalu lintas. Untuk jalan perkotaan, kinerja lalu lintas dapat dianalisis melalui hubungan antara volume lalu lintas dan kapasitas jalan, yang selanjutnya dinyatakan melalui nilai derajat kejenuhan (DJ) serta tingkat pelayanan jalan [1]. Penggunaan PKJI 2023 menjadi penting karena karakteristik lalu lintas dan komposisi kendaraan di Indonesia telah mengalami perubahan dibandingkan kondisi ketika MKJI 1997 disusun.

Beberapa penelitian terdahulu telah menggunakan PKJI 2023 untuk mengevaluasi kinerja ruas jalan. Kariyana et al. menganalisis kinerja Jalan Tukad Gangga dan Jalan Tukad Yeh Aya dengan parameter volume, kapasitas, derajat kejenuhan, dan tingkat pelayanan, dan menunjukkan bahwa kondisi kinerja ruas dipengaruhi oleh hubungan antara volume lalu lintas dan kapasitas jalan [5]. Penelitian lain pada Jalan Sriwijaya Mataram juga menggunakan PKJI 2023 untuk menganalisis karakteristik lalu lintas, kapasitas, derajat kejenuhan, dan tingkat pelayanan pada kondisi jam sibuk [6]. Sementara itu, Jaya et al. melakukan evaluasi kinerja Jalan Serdang dengan PKJI 2023 dan menunjukkan bahwa analisis volume lalu lintas, kapasitas, serta derajat kejenuhan dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat pelayanan ruas jalan [7]. Pada konteks prasarana tidak sebidang, penelitian mengenai Underpass Dewi Sartika Kota Depok menggunakan PKJI 2023 yang dikombinasikan dengan simulasi Vissim untuk mengevaluasi kondisi lalu lintas sebelum dan setelah pembangunan underpass [3]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pendekatan evaluasi kinerja dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan karakteristik lalu lintas dan perubahan kondisi geometrik.

Meskipun penelitian mengenai kinerja ruas jalan dan prasarana underpass telah banyak dilakukan, evaluasi terhadap kondisi eksisting underpass dengan keterbatasan lebar geometrik yang melayani lalu lintas dua arah masih perlu dilakukan secara spesifik pada lokasi penelitian.

Pada Underpass Pekandangan–Jatibarang, kondisi lebar efektif 4,80 m, hambatan samping yang tinggi, serta aktivitas lalu lintas di sekitar kawasan perdagangan berpotensi menyebabkan kapasitas efektif jalan menjadi rendah dibandingkan kebutuhan lalu lintas pada jam puncak. Oleh karena itu, diperlukan pengukuran langsung terhadap volume dan komposisi kendaraan serta evaluasi kapasitas berdasarkan kondisi geometrik dan karakteristik lalu lintas eksisting. Pendekatan tersebut dapat memberikan gambaran kuantitatif mengenai kondisi operasional underpass dan menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan penanganan lalu lintas.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis karakteristik volume lalu lintas pada Underpass Pekandangan–Jatibarang berdasarkan hasil survei lapangan; (2) mengevaluasi kinerja lalu lintas berdasarkan kapasitas jalan, derajat kejenuhan (DJ), dan tingkat pelayanan jalan (Level of Service/LOS) menggunakan PKJI 2023; dan (3) menyusun rekomendasi penanganan berdasarkan kondisi kinerja lalu lintas eksisting. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai tingkat kemampuan Underpass Pekandangan–Jatibarang dalam melayani arus lalu lintas saat ini serta menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan strategi peningkatan kinerja dan kapasitas prasarana pada lokasi penelitian.

LANDASAN TEORI

Karakteristik Lalu Lintas

Karakteristik lalu lintas menggambarkan kondisi pergerakan kendaraan pada suatu ruas jalan yang dapat ditinjau berdasarkan volume lalu lintas, komposisi kendaraan, dan variasi arus menurut waktu. Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik pengamatan dalam periode waktu tertentu dan umumnya dinyatakan dalam kendaraan per jam (kend/jam). Besarnya volume lalu lintas dapat mengalami perubahan berdasarkan waktu akibat aktivitas masyarakat, kegiatan perdagangan, perjalanan kerja, dan aktivitas lainnya. Oleh karena itu, pengamatan volume lalu lintas pada beberapa periode waktu diperlukan untuk memperoleh gambaran kondisi operasional ruas jalan, terutama pada periode dengan volume tertinggi [8].

Dalam analisis kapasitas jalan, setiap jenis kendaraan memiliki karakteristik dimensi dan operasional yang berbeda sehingga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap arus lalu lintas. Data jumlah kendaraan aktual tidak dapat langsung digunakan untuk membandingkan arus lalu lintas dengan kapasitas jalan. Oleh karena itu, volume kendaraan perlu dikonversi menjadi satuan mobil penumpang (SMP) menggunakan

nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP). Konversi tersebut digunakan dalam analisis kapasitas jalan perkotaan berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) Tahun 2023 [1].

Kapasitas Jalan Perkotaan

Kapasitas jalan merupakan kemampuan maksimum suatu ruas jalan dalam melayani arus lalu lintas pada kondisi tertentu. Kapasitas dinyatakan dalam satuan SMP/jam dan dipengaruhi oleh karakteristik geometrik jalan serta kondisi lingkungan dan lalu lintas. Berdasarkan PKJI 2023, kapasitas jalan perkotaan ditentukan dari kapasitas dasar yang disesuaikan dengan faktor lebar jalur lalu lintas, pemisahan arah, hambatan samping, dan ukuran kota [1]. Kapasitas jalan perkotaan dihitung menggunakan persamaan:

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK}$$

dengan:

C = kapasitas jalan (SMP/jam);

C_0 = kapasitas dasar (SMP/jam);

FC_{LJ} = faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas;

FC_{PA} = faktor penyesuaian pemisahan arah;

FC_{HS} = faktor penyesuaian hambatan samping; dan

FC_{UK} = faktor penyesuaian ukuran kota [1].

Dalam penelitian ini, kapasitas dihitung berdasarkan kondisi eksisting Underpass Pekandangan–Jatibarang yang memiliki tipe jalan 2/2-TT dengan lebar efektif 4,80 m. Kondisi tersebut menjadi faktor penting karena keterbatasan lebar jalur lalu lintas dapat mengurangi kapasitas jalan dibandingkan kondisi jalan dengan lebar yang lebih besar. Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa perubahan karakteristik geometrik dan kondisi lalu lintas berpengaruh terhadap kapasitas dan kinerja ruas jalan perkotaan [9], [10].

Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) merupakan nilai yang digunakan untuk mengonversi jumlah kendaraan aktual dari berbagai jenis kendaraan menjadi satuan mobil penumpang. Konversi diperlukan karena setiap jenis kendaraan mempunyai dimensi, karakteristik manuver, dan kebutuhan ruang yang berbeda dalam arus lalu lintas. Dengan menggunakan EMP, seluruh kendaraan dapat dinyatakan dalam satuan yang seragam sehingga dapat digunakan dalam perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan [1].

Pada jalan perkotaan tipe 2/2-TT dengan lebar jalur lalu lintas kurang dari 6 m, nilai EMP ditentukan berdasarkan kelompok kendaraan dan kondisi volume lalu lintas. Berdasarkan PKJI 2023, kelompok kendaraan yang digunakan

dalam penelitian ini terdiri atas sepeda motor (SM), mobil penumpang (MP), dan kendaraan sedang (KS). Nilai EMP yang digunakan adalah 0,35 untuk SM, 1,00 untuk MP, dan 1,20 untuk KS [1]. Konversi volume kendaraan aktual menjadi SMP dilakukan menggunakan persamaan:

$$q = \Sigma\,(ni \times EMPi)$$

dengan:

q = volume lalu lintas (SMP/jam);

n_i = jumlah kendaraan jenis ke-i (kend/jam); dan

EMP_i = nilai ekuivalensi mobil penumpang jenis kendaraan ke-i.

Hasil konversi tersebut selanjutnya digunakan sebagai nilai volume lalu lintas dalam perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan.

Derajat Kejenuhan

Derajat Kejenuhan (DJ) merupakan parameter yang menunjukkan perbandingan antara volume lalu lintas dan kapasitas jalan. Nilai DJ digunakan untuk mengetahui tingkat pemanfaatan kapasitas suatu ruas jalan. Semakin besar nilai DJ, semakin besar pula beban lalu lintas terhadap kapasitas jalan. Nilai DJ yang mendekati kapasitas menunjukkan bahwa ruang pelayanan jalan semakin terbatas, sedangkan nilai DJ yang lebih besar dari 1,00 menunjukkan bahwa volume lalu lintas telah melampaui kapasitas yang tersedia [1]. Derajat kejenuhan dihitung menggunakan persamaan:

$$DJ = q\,/\,C$$

dengan:

DJ = derajat kejenuhan;

q = volume lalu lintas (SMP/jam); dan

C = kapasitas jalan (SMP/jam).

Nilai DJ digunakan untuk mengidentifikasi kondisi lalu lintas pada setiap periode pengamatan dan menentukan periode dengan beban lalu lintas paling tinggi. Parameter ini banyak digunakan dalam evaluasi kinerja ruas jalan berdasarkan PKJI 2023 [9]–[11].

Tingkat Pelayanan Jalan

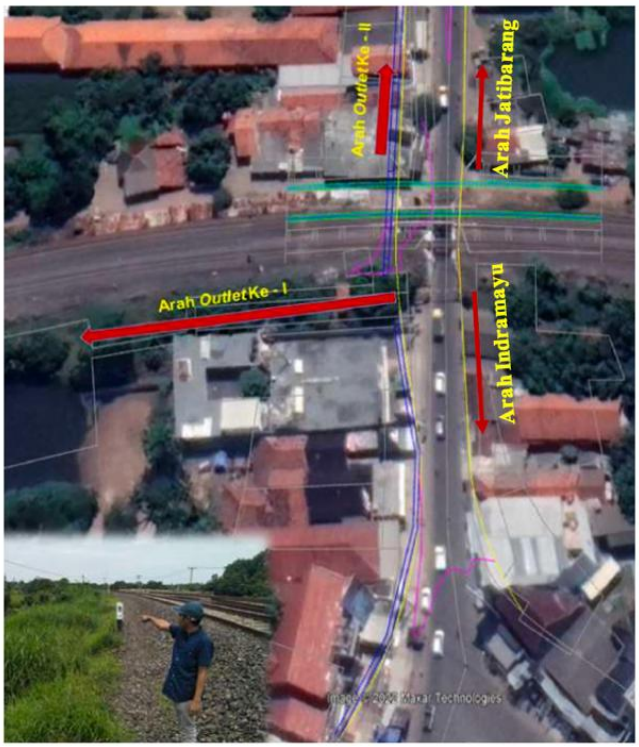
Tingkat pelayanan jalan atau Level of Service (LOS) merupakan indikator yang digunakan untuk menggambarkan kondisi operasional suatu ruas jalan berdasarkan tingkat kemampuan jalan dalam melayani arus lalu lintas. Tingkat pelayanan menunjukkan kualitas arus lalu lintas mulai dari kondisi yang relatif lancar hingga kondisi ketika arus lalu lintas telah mencapai atau melampaui kapasitas jalan. Dalam evaluasi kinerja jalan, nilai derajat kejenuhan digunakan untuk menggambarkan tingkat pemanfaatan kapasitas dan kondisi pelayanan ruas. Peningkatan volume lalu lintas yang tidak diikuti

peningkatan kapasitas menyebabkan nilai DJ meningkat dan kondisi pelayanan jalan menurun. Kondisi tersebut dapat ditandai dengan meningkatnya kepadatan, penurunan kecepatan, antrean, dan tundaan kendaraan [1], [9].

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif evaluatif untuk mengetahui kondisi kinerja lalu lintas pada Underpass Pekandangan–Jatibarang. Analisis dilakukan berdasarkan data volume lalu lintas aktual, kondisi geometrik jalan, dan karakteristik lingkungan jalan. Seluruh perhitungan kapasitas dan kinerja lalu lintas mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) Tahun 2023 [1]. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, pengolahan volume lalu lintas, penentuan kapasitas jalan, perhitungan derajat kejenuhan (DJ), penentuan tingkat pelayanan (*Level of Service*/LOS), serta penyusunan rekomendasi berdasarkan kondisi eksisting.

Penelitian dilaksanakan pada Underpass Pekandangan–Jatibarang, Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat. Underpass tersebut merupakan bagian dari koridor Jalan Pekandangan–Jatibarang dan memiliki fungsi sebagai penghubung pergerakan kendaraan antarkawasan. Kondisi eksisting lokasi penelitian berupa jalan dua arah tanpa median dengan lebar efektif 4,80 m.



Gambar 1. Lokasi Underpass Jatibarang pada Ruas Jalan Pekandangan–Jatibarang

Survei volume lalu lintas dilaksanakan selama tiga hari, yaitu 11–13 Mei 2026, dengan pengamatan pada periode pagi dan sore hingga malam. Pemilihan periode tersebut dilakukan untuk memperoleh variasi volume lalu lintas dan mengidentifikasi jam dengan arus kendaraan tertinggi.

Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan berupa volume lalu lintas

berdasarkan jenis kendaraan, kondisi geometrik jalan, serta kondisi hambatan samping pada lokasi penelitian. Data geometrik yang digunakan meliputi lebar jalur lalu lintas, tipe jalan, dan karakteristik fisik underpass.

Data sekunder diperoleh dari dokumen teknis dan instansi terkait, terutama data mengenai kondisi dan karakteristik lokasi penelitian. Data sekunder digunakan sebagai pelengkap dan pembanding terhadap hasil pengamatan lapangan.

Survei Volume Lalu Lintas

Survei volume lalu lintas dilakukan dengan metode traffic counting, yaitu mencatat jumlah kendaraan yang melewati titik pengamatan berdasarkan jenis kendaraan dan interval waktu pengamatan. Kendaraan yang diamati kemudian dikelompokkan berdasarkan klasifikasi yang digunakan dalam PKJI 2023, yaitu sepeda motor (SM), mobil penumpang (MP), dan kendaraan sedang (KS) [1].

Data hasil survei pada awalnya dinyatakan dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam). Selanjutnya, data tersebut dikonversi menjadi satuan mobil penumpang per jam (SMP/jam) menggunakan nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) sesuai dengan tipe jalan dan kondisi volume lalu lintas berdasarkan PKJI 2023.

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Karakteristik Volume Lalu Lintas

Hasil survei volume lalu lintas pada Underpass Pekandangan–Jatibarang dilakukan selama tiga hari pengamatan, yaitu 11–13 Mei 2026. Survei dilakukan pada periode pagi dan sore hingga malam untuk memperoleh variasi arus lalu lintas serta menentukan periode jam puncak. Data awal berupa jumlah kendaraan aktual berdasarkan jenis kendaraan, kemudian diklasifikasikan sesuai kelompok kendaraan dalam PKJI 2023 dan dikonversi ke satuan mobil penumpang (SMP).

Berdasarkan hasil pengolahan data, volume lalu lintas menunjukkan fluktuasi pada setiap periode pengamatan. Kondisi tertinggi terjadi pada hari Senin pukul 19.00–20.00 dengan volume sebesar 1.358,00 SMP/jam. Tingginya volume pada periode tersebut menunjukkan adanya peningkatan aktivitas perjalanan masyarakat pada sore hingga malam hari di sekitar kawasan Pekandangan–Jatibarang. Tabel 1 menunjukkan rekapitulasi volume lalu lintas hasil konversi kendaraan aktual menjadi SMP/jam.

Berdasarkan Tabel 1, volume lalu lintas tertinggi sebesar 1.358,00 SMP/jam digunakan sebagai volume kritis dalam evaluasi kinerja. Kondisi tersebut kemudian dibandingkan dengan kapasitas eksisting underpass untuk mengetahui

tingkat kejenuhan ruas jalan.

Tabel 1. Rekapitulasi Volume Lalu Lintas

Hari	Waktu	Volume (SMP/jam)
Senin	05.00–06.00	415,10
Senin	06.00–07.00	495,20
Senin	07.00–08.00	727,90
Senin	08.00–09.00	746,40
Senin	09.00–10.00	820,90
Senin	18.00–19.00	1.280,00
Senin	19.00–20.00	1.358,00
Senin	20.00–21.00	616,50
Selasa	05.00–06.00	372,70
Selasa	06.00–07.00	458,10
Selasa	07.00–08.00	799,30
Selasa	08.00–09.00	726,20
Selasa	09.00–10.00	770,90
Selasa	18.00–19.00	886,60
Selasa	19.00–20.00	894,10
Selasa	20.00–21.00	626,10
Rabu	05.00–06.00	433,00
Rabu	06.00–07.00	456,15
Rabu	07.00–08.00	735,05
Rabu	08.00–09.00	716,85
Rabu	09.00–10.00	743,25
Rabu	18.00–19.00	1.104,95
Rabu	19.00–20.00	1.003,55
Rabu	20.00–21.00	597,2

Konversi Volume Kendaraan Menjadi SMP

Data survei yang diperoleh masih berupa jumlah kendaraan aktual. Oleh karena itu, dilakukan konversi menggunakan nilai EMP berdasarkan PKJI 2023. Untuk kondisi jalan perkotaan tipe 2/2-TT dengan lebar jalur lalu lintas kurang dari 6 m, nilai EMP yang digunakan adalah 0,35 untuk sepeda motor (SM), 1,00 untuk mobil penumpang (MP), dan 1,20 untuk kendaraan sedang (KS).

Sebagai contoh, pada hari Senin pukul 19.00–20.00, data kendaraan yang digunakan dalam perhitungan menghasilkan volume sebesar 1.358,00 SMP/jam. Perhitungannya adalah:

$q = (2.000 \times 0,35) + (550 \times 1,00) + (90 \times 1,20)$

$q = 700,00 + 550,00 + 108,00$

$q = 1.358,00$ SMP/jam

Hasil tersebut menunjukkan bahwa volume kendaraan aktual pada periode jam puncak setelah dikonversi berdasarkan nilai EMP menghasilkan beban lalu lintas sebesar 1.358,00 SMP/jam.

Perhitungan Kapasitas Jalan

Berdasarkan kondisi geometrik hasil survei, Underpass Pekandangan–Jatibarang termasuk jalan perkotaan tipe 2/2-TT dengan lebar jalur lalu lintas sebesar 4,80 m. Jalan tidak memiliki median dan pembagian arah lalu lintas sebesar 50:50. Kondisi hambatan samping dikategorikan tinggi, sedangkan jumlah penduduk Kabupaten Indramayu sekitar 1,95 juta jiwa. Perhitungan kapasitas mengacu pada PKJI 2023. Parameter yang digunakan dalam perhitungan disajikan pada Tabel 2

. **Tabel 2.** Parameter Perhitungan Kapasitas

Parameter	Nilai
Tipe jalan	2/2-TT

Parameter	Nilai
Kapasitas dasar (C_0)	2.800 SMP/jam
Lebar jalur lalu lintas	4,80 m
FCLJ	0,56
Pembagian arah	50:50

Berdasarkan parameter tersebut, kapasitas eksisting dihitung sebagai berikut:

C = 2.800 × 0,56 × 1,00 × 0,78 × 1,00

C = 1.223,04 SMP/jam

Dengan pembulatan, kapasitas Underpass Pekandangan–Jatibarang adalah:

C = 1.223 SMP/jam

Nilai tersebut menunjukkan bahwa keterbatasan lebar jalur lalu lintas dan kondisi hambatan samping menyebabkan kapasitas efektif underpass jauh lebih rendah dibandingkan kapasitas dasarnya.

Perhitungan Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan dihitung dengan membandingkan volume lalu lintas terhadap kapasitas jalan menggunakan persamaan 2. Sebagai contoh, pada hari Senin pukul 19.00–20.00 diperoleh volume lalu lintas sebesar 1.358,00 SMP/jam dan kapasitas sebesar 1.223 SMP/jam. Maka:

DJ = 1.358,00 / 1.223

DJ = 1,11

Nilai DJ sebesar 1,11 menunjukkan bahwa volume lalu lintas pada periode tersebut telah melebihi kapasitas jalan yang tersedia. Hasil perhitungan DJ pada seluruh periode pengamatan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan

Hari	Waktu	q (SMP/ jam)	C (SMP/ jam)	DJ
Senin	05.00–06.00	415,10	1.223	0,34
Senin	06.00–07.00	495,20	1.223	0,41
Senin	07.00–08.00	727,90	1.223	0,60
Senin	08.00–09.00	746,40	1.223	0,61
Senin	09.00–10.00	820,90	1.223	0,67
Senin	18.00–19.00	1.280,00	1.223	1,05
Senin	19.00–20.00	1.358,00	1.223	1,11
Senin	20.00–21.00	616,50	1.223	0,50
Selasa	05.00–06.00	372,70	1.223	0,30
Selasa	06.00–07.00	458,10	1.223	0,37
Selasa	07.00–08.00	799,30	1.223	0,65
Selasa	08.00–09.00	726,20	1.223	0,59
Selasa	09.00–10.00	770,90	1.223	0,63
Selasa	18.00–19.00	886,60	1.223	0,73
Selasa	19.00–20.00	894,10	1.223	0,73
Selasa	20.00–21.00	626,10	1.223	0,51
Rabu	05.00–06.00	433,00	1.223	0,35
Rabu	06.00–07.00	456,15	1.223	0,37
Rabu	07.00–08.00	735,05	1.223	0,60
Rabu	08.00–09.00	716,85	1.223	0,59
Rabu	09.00–10.00	743,25	1.223	0,61
Rabu	18.00–19.00	1.104,95	1.223	0,90
Rabu	19.00–20.00	1.003,55	1.223	0,82
Rabu	20.00–21.00	597,20	1.223	0,49

Hasil menunjukkan bahwa DJ memiliki rentang 0,30–1,11. Nilai tertinggi terjadi pada Senin pukul 19.00–20.00 sebesar 1,11. Pada periode tersebut volume lalu lintas telah mencapai sekitar 111% dari kapasitas yang tersedia. Kondisi ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara kebutuhan perjalanan dan kemampuan kapasitas

eksisting underpass.

Analisis Tingkat Pelayanan

Berdasarkan nilai DJ, kondisi operasional Underpass Pekandangan–Jatibarang dapat diklasifikasikan untuk mengetahui tingkat pelayanan jalan. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar periode pengamatan masih berada pada kondisi pelayanan yang relatif stabil, tetapi terdapat periode tertentu dengan kondisi mendekati atau melampaui kapasitas.

Tabel 4. Tingkat Pelayanan Berdasarkan Hasil Analisis

Hari	Waktu	DJ	LOS
Senin	05.00–06.00	0,34	B
Senin	06.00–07.00	0,41	B
Senin	07.00–08.00	0,60	C
Senin	08.00–09.00	0,61	C
Senin	09.00–10.00	0,67	C
Senin	18.00–19.00	1,05	F
Senin	19.00–20.00	1,11	F
Senin	20.00–21.00	0,50	C
Selasa	05.00–06.00	0,30	B
Selasa	06.00–07.00	0,37	B
Selasa	07.00–08.00	0,65	C
Selasa	08.00–09.00	0,59	C
Selasa	09.00–10.00	0,63	C
Selasa	18.00–19.00	0,73	C
Selasa	19.00–20.00	0,73	C
Selasa	20.00–21.00	0,51	C
Rabu	05.00–06.00	0,35	B
Rabu	06.00–07.00	0,37	B
Rabu	07.00–08.00	0,60	C
Rabu	08.00–09.00	0,59	C
Rabu	09.00–10.00	0,61	C
Rabu	18.00–19.00	0,90	E
Rabu	19.00–20.00	0,82	D
Rabu	20.00–21.00	0,49	C

Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi lalu lintas didominasi oleh LOS B dan LOS C, tetapi pada Senin pukul 18.00–20.00 kondisi menurun hingga LOS F. Kondisi terburuk terjadi pada pukul 19.00–20.00 dengan DJ sebesar 1,11. Hasil tersebut menunjukkan bahwa permasalahan kinerja lalu lintas pada underpass bersifat periodik, yaitu paling kritis ketika volume kendaraan mencapai kondisi puncak

Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa permasalahan utama Underpass Pekandangan–Jatibarang bukan hanya disebabkan oleh tingginya volume kendaraan, tetapi juga oleh keterbatasan kapasitas geometrik jalan. Lebar efektif 4,80 m yang melayani lalu lintas dua arah menyebabkan kapasitas dasar 2.800 SMP/jam turun menjadi 1.223 SMP/jam setelah memperhitungkan faktor lebar jalur, pemisahan arah, hambatan samping, dan ukuran kota.

Pada kondisi volume tertinggi sebesar 1.358 SMP/jam, kebutuhan kapasitas telah melampaui kapasitas eksisting sebesar 135 SMP/jam atau sekitar 11%. Kondisi tersebut menghasilkan DJ sebesar 1,11 dan menunjukkan bahwa underpass tidak mampu melayani volume lalu lintas pada jam puncak secara optimal. Temuan ini juga sesuai dengan kondisi lapangan, yaitu

keterbatasan ruang pada underpass menyebabkan kendaraan yang berpapasan, khususnya kendaraan berukuran besar, harus mengurangi kecepatan sehingga berpotensi meningkatkan hambatan terhadap arus kendaraan.

Dengan demikian, peningkatan kapasitas underpass merupakan kebutuhan yang didukung oleh hasil evaluasi kuantitatif, bukan hanya berdasarkan pengamatan kondisi fisik. Penanganan operasional seperti pengendalian hambatan samping dan pengaturan lalu lintas dapat digunakan sebagai langkah jangka pendek, sedangkan peningkatan kapasitas geometrik underpass menjadi alternatif jangka panjang untuk mengantisipasi pertumbuhan volume lalu lintas.

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis volume lalu lintas mengalami fluktuasi berdasarkan waktu pengamatan, dengan volume tertinggi terjadi pada Senin pukul 19.00–20.00 sebesar 1.358 SMP/jam, sehingga periode tersebut merupakan kondisi lalu lintas paling kritis selama survei. Kapasitas eksisting underpass diperoleh sebesar 1.223 SMP/jam, sedangkan nilai derajat kejenuhan berada pada rentang 0,30–1,11, dengan nilai tertinggi sebesar 1,11 pada Senin pukul 19.00–20.00. Nilai tersebut menunjukkan bahwa volume lalu lintas telah melampaui kapasitas jalan yang tersedia, dengan kondisi pelayanan yang didominasi LOS B dan LOS C, tetapi menurun hingga LOS F pada periode puncak. Hasil evaluasi juga menunjukkan bahwa keterbatasan kapasitas akibat kondisi geometrik underpass, khususnya lebar efektif 4,80 m, serta tingginya hambatan samping menjadi faktor yang memengaruhi kinerja lalu lintas. Oleh karena itu, penanganan melalui manajemen lalu lintas dan pengendalian hambatan samping dapat diterapkan sebagai langkah jangka pendek, sedangkan peningkatan kapasitas underpass diperlukan sebagai solusi jangka panjang untuk mengakomodasi volume lalu lintas pada periode puncak.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, No. 09/P/BM/2023, Jakarta, Indonesia, 2023.

[2] I. M. Kariyana, I. N. A. T. Yanta, and T. H. Pamungkas, “Analisis kinerja ruas Jalan Tukad Gangga dan Jalan Tukad Yeh Aya menggunakan PKJI 2023,” Jurnal Teknik Gradien, vol. 16, no. 2, pp. 8–22, 2024, doi: 10.47329/teknik_gradien.v16i02.1307.

[3] A. Damayanto, A. Juhara, R. M. A. Reynaldi, and A. A. Wiansyah, “Evaluasi kinerja lalu lintas sebelum dan setelah pembangunan Underpass Dewi Sartika Kota Depok dengan metode simulasi Vissim,” Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik, vol. 23, no. 2, pp. 179–187, 2024, doi: 10.55893/jt.vol23no2.600.

[4] S. Alam, A. Efendy, A. Fariyadin, and A. Fitrayudha, "Analisis karakteristik lalu lintas dan tingkat pelayanan Jalan Sriwijaya Mataram," axial: Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi, vol. 13, no. 3, 2025, doi: 10.30742/axial.v13i3.5034.

[5] F. H. Jaya, D. N. Afni, and S. Purnama, "Evaluasi kinerja ruas Jalan Serdang dengan metode PKJI 2023 di Kecamatan Tanjung Bintang, Lampung Selatan," Teknika Sains: Jurnal Ilmu Teknik, vol. 10, no. 2, pp. 268–275, 2025, doi: 10.24967/teksis.v10i2.4657.

[6] L. Lisniawati, "Analisis kinerja ruas jalan menggunakan metode PKJI 2023," Jurnal TeKLA, vol. 7, no. 2, 2025, doi: 10.35314/tekla.v7.i2.78.

[7] S. Maruapey, A. Maitimu, and R. Kumbangsila, "Analisa kinerja lalu lintas akibat pembangunan underpass di Jalan Jenderal Sudirman Kota Ambon," KOLONI: Jurnal Multidisiplin Ilmu, vol. 3, no. 1, pp. 106–115, 2024, doi: 10.31004/koloni.v3i1.599.

[8] I. M. Kariyana, I. N. A. T. Yanta, and T. H. Pamungkas, "Analisis kinerja ruas Jalan Tukad Gangga dan Jalan Tukad Yeh Aya menggunakan PKJI 2023," Jurnal Teknik Gradien, vol. 16, no. 2, pp. 8–22, 2024, doi: 10.47329/teknik_gradien.v16i02.1307.

[9] L. Lisniawati, "Analisis kinerja ruas jalan menggunakan metode PKJI 2023," Jurnal TeKLA, vol. 7, no. 2, 2025, doi: 10.35314/tekla.v7.i2.78.

[10] A. A. Fauzi and R. I. Utama, "Analisis kinerja ruas Jalan Gajah Mada Kota Padang dengan metode PKJI 2023 dan VISSIM," Jurnal Applied Science in Civil Engineering, vol. 5, no. 4, 2024, doi: 10.24036/asce.v5i4.119483.

[11] F. H. Jaya, D. N. Afni, and S. Purnama, "Evaluasi kinerja ruas Jalan Serdang dengan metode PKJI 2023 di Kecamatan Tanjung Bintang, Lampung Selatan," Teknika Sains: Jurnal Ilmu Teknik, 2025.

JURNAL TEKNIK INDONESIA - VOL. 07 NO. 02 (Oktober 2026)
P-ISSN 2987-2723
E-ISSN 1987-0933

Analisis Kondisi Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Surface Distress Index (SDI) Sebagai Dasar Penentuan Pemeliharaan Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Kadipaten-Bts. Majalengka/Indramayu)

Suparman, Juny Andry Sulistyo, Pratikso
Universitas Islam Sultan Agung
E-mail Korespondensi: supermenahonk @gmail.com

ABSTRACT

The Kadipaten–Majalengka/Indramayu Boundary Road is one of the provincial roads that plays a strategic role in supporting community mobility as well as the distribution of goods and services. The high traffic volume has the potential to accelerate pavement deterioration, making periodic pavement condition assessment essential for developing appropriate maintenance programs. This study aims to evaluate pavement conditions using the Surface Distress Index (SDI) method, identify the dominant types of pavement distress and their severity levels, and develop maintenance recommendations based on the existing pavement condition. This study employed a quantitative descriptive method with a field visual survey approach. The 20-km road section was divided into 40 segments, each 500 m in length. The survey data were analyzed using the SDI method to determine pavement condition, identify the types and severity of pavement distress, and formulate appropriate maintenance recommendations. The results indicate that the pavement condition was predominantly classified as good, covering 17,516.12 m (87.58%), followed by fair condition for 1,920.46 m (9.60%) and minor damage for 563.42 m (2.82%), with no sections classified as severely damaged. The road serviceability level reached 97.18%, while only 2.82% of the road was categorized as unserviceable. The dominant pavement distresses were settlement (47.40%), alligator cracking (26.97%), potholes (8.41%), rutting (7.79%), and bleeding (6.10%), with settlement identified as the most severe distress based on the SDI value. The recommended treatments include routine maintenance for pavement in good condition, periodic maintenance for fair condition, and rehabilitation for minor damage, while reconstruction is not required. The findings demonstrate that the SDI method provides an objective pavement condition assessment and serves as a reliable basis for developing condition-based pavement maintenance programs.

Keywords: *Surface Distress Index (SDI), pavement condition, pavement distress, road maintenance, pavement condition assessment.*

ABSTRAK

Ruas Jalan Kadipaten–Batas Majalengka/Indramayu merupakan salah satu ruas jalan provinsi yang berperan strategis dalam mendukung mobilitas masyarakat serta distribusi barang dan jasa. Tingginya intensitas lalu lintas berpotensi mempercepat penurunan kondisi perkerasan sehingga diperlukan evaluasi kondisi jalan secara berkala sebagai dasar penyusunan program pemeliharaan yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi perkerasan menggunakan metode Surface Distress Index (SDI), mengidentifikasi jenis kerusakan dominan beserta tingkat keparahannya, serta menyusun rekomendasi penanganan berdasarkan kondisi aktual perkerasan. Penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan survei visual lapangan. Ruas jalan sepanjang 20 km dibagi menjadi 40 segmen masing-masing sepanjang 500 m. Data hasil survei dianalisis menggunakan metode SDI untuk menentukan kondisi perkerasan, mengidentifikasi jenis dan tingkat keparahan kerusakan, serta menyusun rekomendasi pemeliharaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi perkerasan didominasi kategori baik sepanjang 17.516,12 m (87,58%), diikuti kategori sedang sepanjang 1.920,46 m (9,60%) dan rusak ringan sepanjang 563,42 m (2,82%), tanpa ditemukan kondisi rusak berat. Tingkat kemantapan jalan mencapai 97,18%, sedangkan jalan tidak mantap sebesar 2,82%. Kerusakan dominan meliputi amblas (47,40%), retak buaya (26,97%), lubang (8,41%), alur (7,79%), dan kegemukan (bleeding) (6,10%), dengan amblas sebagai kerusakan paling parah berdasarkan nilai SDI. Rekomendasi penanganan meliputi pemeliharaan rutin untuk kondisi baik, pemeliharaan berkala untuk kondisi sedang, dan rehabilitasi untuk kondisi rusak ringan, sedangkan rekonstruksi belum diperlukan. Metode SDI terbukti mampu memberikan penilaian kondisi perkerasan secara objektif sebagai dasar penyusunan

Jurnal Teknik Indonesia by Fakultas Teknik Undaris
is licensed under Creative Commons Attribution 4.0

program pemeliharaan jalan berbasis kondisi aktual.

Kata Kunci: Surface Distress Index (SDI), kondisi perkerasan jalan, kerusakan jalan, pemeliharaan jalan, evaluasi kondisi jalan.

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi yang berperan penting dalam mendukung mobilitas masyarakat, distribusi barang dan jasa, serta aktivitas ekonomi antarwilayah. Kinerja jaringan jalan sangat dipengaruhi oleh kondisi perkerasan karena penurunan kondisi permukaan dapat mengurangi kenyamanan dan keselamatan pengguna serta meningkatkan kebutuhan biaya pemeliharaan. Oleh karena itu, evaluasi kondisi perkerasan secara berkala diperlukan sebagai dasar dalam menentukan bentuk penanganan yang sesuai dengan kondisi aktual jalan [1], [2].

Kerusakan perkerasan jalan dapat berupa retak, lubang, amblas, alur, keriting, kegemukan, retak bahu, retak sambungan, retak pinggir, retak memanjang, dan sungkur. Kerusakan tersebut dapat berkembang secara bertahap akibat kombinasi beban lalu lintas berulang, kondisi lingkungan, kualitas material, sistem drainase, serta umur pelayanan perkerasan. Apabila kerusakan tidak ditangani pada tahap yang tepat, kerusakan permukaan dapat berkembang menjadi kerusakan yang lebih luas dan meningkatkan kebutuhan penanganan pada periode berikutnya [3], [4]. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya sistem penilaian yang mampu mengubah hasil pengamatan visual menjadi indikator kuantitatif untuk mendukung pengambilan keputusan pemeliharaan.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi permukaan perkerasan adalah Surface Distress Index (SDI). SDI merupakan indeks kondisi permukaan yang diperoleh berdasarkan hasil survei visual terhadap karakteristik kerusakan, antara lain luas retakan, lebar retakan, jumlah lubang, dan kedalaman alur. Nilai indeks tersebut selanjutnya digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi perkerasan ke dalam kategori baik, sedang, rusak ringan, dan rusak berat [5]. Penggunaan SDI memberikan keuntungan karena proses penilaian dapat dilakukan melalui survei lapangan yang relatif sederhana, tetapi menghasilkan nilai kuantitatif yang dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kondisi dan penyusunan program pemeliharaan.

Sejumlah penelitian telah menunjukkan penerapan SDI dalam evaluasi kondisi perkerasan. Rahmat dan Apriani [6] menggunakan SDI pada ruas Jalan Pasir Putih Pekanbaru–Kampar dan menunjukkan bahwa

penilaian per segmen dapat digunakan untuk menggambarkan variasi kondisi perkerasan. Penelitian Permadi et al. [7] juga menunjukkan bahwa SDI dapat digunakan bersama parameter kondisi lainnya untuk memberikan gambaran mengenai kondisi permukaan perkerasan dan kebutuhan penanganannya. Sementara itu, Gusnilawati et al. [8] membandingkan metode Bina Marga, Pavement Condition Index (PCI), dan SDI untuk menilai kerusakan jalan, sedangkan Jihad et al. [9] menerapkan SDI untuk mengidentifikasi tingkat kerusakan flexible pavement. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa SDI dapat digunakan sebagai pendekatan kuantitatif dalam mengidentifikasi kondisi permukaan dan mendukung penentuan kebutuhan pemeliharaan.

Meskipun penerapan SDI telah dilakukan pada berbagai ruas jalan, evaluasi yang secara khusus mengintegrasikan kondisi keseluruhan ruas, karakteristik kerusakan dominan, tingkat keparahan, dan rekomendasi penanganan pada ruas Kadipaten–Batas Majalengka/Indramayu masih terbatas. Penelitian terdahulu umumnya berfokus pada penilaian kondisi jalan atau membandingkan SDI dengan metode lain, sehingga informasi mengenai distribusi dan dominasi berbagai jenis kerusakan serta keterkaitannya dengan rekomendasi pemeliharaan pada ruas penelitian ini belum tersedia secara spesifik [6]–[9]. Dengan demikian, diperlukan evaluasi yang tidak hanya menghasilkan klasifikasi kondisi jalan, tetapi juga memberikan gambaran rinci mengenai karakteristik kerusakan sebagai dasar penentuan tindakan pemeliharaan.

Ruas Jalan Kadipaten–Batas Majalengka / Indramayu memiliki panjang sekitar 20 km dan berperan sebagai penghubung antarwilayah Kabupaten Majalengka dan Kabupaten Indramayu. Berdasarkan survei lapangan, kondisi permukaan perkerasan pada ruas tersebut menunjukkan adanya variasi jenis dan tingkat kerusakan. Untuk memperoleh penilaian yang terukur, seluruh ruas penelitian dibagi menjadi 40 segmen dengan panjang masing-masing 500 m dan dievaluasi menggunakan metode SDI.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis tingkat kondisi perkerasan ruas Kadipaten–Batas Majalengka/Indramayu berdasarkan nilai SDI; (2) mengidentifikasi jenis kerusakan dominan dan tingkat keparahannya berdasarkan hasil survei visual; serta (3) menentukan rekomendasi jenis pemeliharaan berdasarkan kondisi perkerasan yang diperoleh. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi kondisi jalan yang terukur dan menjadi dasar teknis dalam penyusunan program pemeliharaan yang lebih tepat sasaran dan

berbasis kondisi aktual perkerasan.

LANDASAN TEORI

Kondisi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan bagian struktur jalan yang berfungsi menerima dan mendistribusikan beban lalu lintas ke lapisan di bawahnya sehingga dapat memberikan pelayanan yang aman, nyaman, dan sesuai dengan fungsi jalan. Selama masa pelayanan, kondisi perkerasan mengalami penurunan akibat pengaruh beban lalu lintas berulang, kondisi lingkungan, kualitas material, sistem drainase, serta umur pelayanan. Penurunan kondisi tersebut ditandai dengan munculnya berbagai jenis kerusakan pada permukaan perkerasan [1], [2].

Evaluasi kondisi perkerasan diperlukan untuk mengetahui tingkat kerusakan yang terjadi dan menentukan bentuk penanganan yang sesuai. Survei kondisi secara visual dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis, lokasi, dimensi, dan tingkat kerusakan pada setiap bagian ruas jalan. Hasil identifikasi tersebut selanjutnya dapat dikonversi menjadi nilai indeks kondisi sehingga kondisi perkerasan dapat dinilai secara kuantitatif. Dalam penelitian ini, penilaian kondisi perkerasan dilakukan menggunakan metode Surface Distress Index (SDI).

Kerusakan Perkerasan Jalan

Kerusakan perkerasan merupakan perubahan kondisi permukaan atau bentuk geometris perkerasan yang menyebabkan penurunan kualitas pelayanan jalan. Kerusakan dapat berkembang akibat kombinasi beban lalu lintas, kondisi material, lingkungan, drainase, serta faktor konstruksi. Jenis kerusakan yang ditemukan pada ruas Kadipaten–Batas Majalengka/Indramayu meliputi amblas, keriting, kegemukan (bleeding), retak halus, retak buaya, retak bahu jalan, retak sambungan, retak pinggir, retak memanjang, lubang, alur, dan sungkur.

Setiap jenis kerusakan memiliki karakteristik dan tingkat keparahan yang berbeda. Kerusakan retak menunjukkan adanya kegagalan atau perubahan pada lapisan perkerasan yang dapat berkembang menjadi kerusakan yang lebih luas apabila tidak ditangani. Lubang menunjukkan kehilangan material pada permukaan perkerasan, sedangkan alur dan amblas merupakan bentuk deformasi yang menyebabkan perubahan elevasi permukaan jalan. Kerusakan seperti kegemukan menunjukkan kondisi berlebihnya aspal pada permukaan, sedangkan keriting dan sungkur merupakan deformasi yang berkaitan dengan perubahan bentuk lapisan perkerasan akibat pengaruh lalu lintas.

Surface Distress Index (SDI)

Surface Distress Index (SDI) merupakan indeks yang digunakan untuk menggambarkan kondisi permukaan perkerasan berdasarkan hasil survei visual terhadap kerusakan jalan. Nilai SDI diperoleh dari hasil penilaian parameter kerusakan yang diamati pada setiap segmen jalan. Nilai tersebut digunakan untuk menggambarkan tingkat kondisi permukaan perkerasan secara kuantitatif [3], [4]. Secara umum, nilai SDI merupakan hasil akumulasi nilai dari parameter kerusakan yang diperoleh pada suatu segmen. Secara konseptual dapat dituliskan sebagai:

$$SDI = \sum_{i=1}^{n} SDI_i$$

dengan SDI merupakan nilai Surface Distress Index, SDI_i merupakan nilai kontribusi dari parameter atau jenis kerusakan ke-i, sedangkan n merupakan jumlah parameter kerusakan yang diperhitungkan.

Parameter Perhitungan SDI

Pada kerusakan yang dinilai berdasarkan luas, persentase luas kerusakan terhadap luas segmen dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat sebaran kerusakan. Persentase kerusakan dihitung menggunakan persamaan:

$$P = \frac{A_d}{A_s} \times 100\%$$

dengan P adalah persentase kerusakan (%), A_d adalah luas area yang mengalami kerusakan (m^2), dan A_s adalah luas area segmen pengamatan (m^2). Hasil pengukuran tersebut selanjutnya digunakan dalam tahapan penilaian SDI sesuai dengan parameter dan kriteria yang ditetapkan dalam pedoman yang digunakan. Nilai masing-masing parameter kemudian menghasilkan nilai SDI akhir untuk setiap jenis kerusakan.

Klasifikasi Kondisi Jalan Berdasarkan SDI

Klasifikasi kondisi perkerasan berdasarkan nilai SDI yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Kondisi Perkerasan Berdasarkan Nilai SDI

Nilai SDI	Kondisi Jalan
< 50	Baik
50–100	Sedang
100–150	Rusak Ringan
> 150	Rusak Berat

Nilai SDI yang semakin tinggi menunjukkan kondisi permukaan perkerasan yang semakin buruk. Berdasarkan klasifikasi tersebut, nilai SDI kurang dari 50 menunjukkan kondisi permukaan yang relatif baik. Nilai 50–100 menunjukkan kondisi sedang, sedangkan nilai 100–150 menunjukkan kerusakan yang telah mencapai kategori rusak ringan. Nilai SDI lebih dari 150 menunjukkan kondisi rusak berat yang memerlukan penanganan lebih intensif.

Analisis Kerusakan Dominan

Selain menentukan kondisi jalan berdasarkan

nilai SDI, identifikasi jenis kerusakan dominan diperlukan untuk mengetahui bentuk kerusakan yang paling banyak terjadi pada ruas yang diteliti. Persentase luas masing-masing jenis kerusakan dihitung dengan persamaan:

$$P_i = \frac{A_i}{A_t} \times 100\%$$

dengan Pi adalah persentase kerusakan jenis ke-i (%), Ai adalah total luas kerusakan jenis ke-i (m²), dan At adalah total luas seluruh jenis kerusakan (m²).

Pemeliharaan Jalan Berdasarkan Kondisi SDI

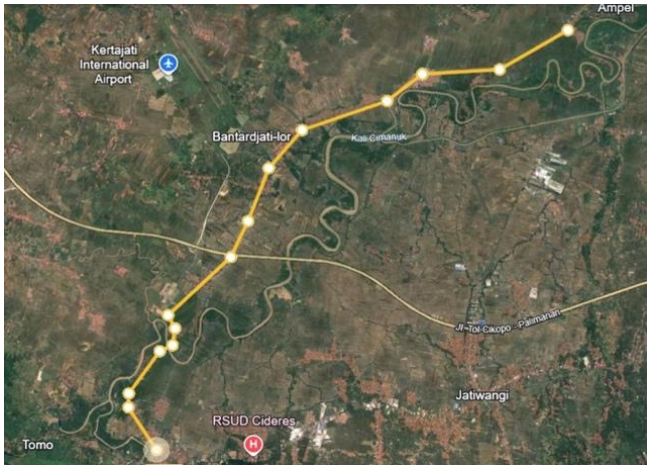
Nilai SDI dapat digunakan sebagai salah satu dasar dalam menentukan jenis penanganan perkerasan. Hubungan antara kondisi jalan dan jenis penanganan yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel 2. Hubungan Kondisi Jalan dan Jenis Pemeliharaan

Tabel 2. Hubungan Kondisi Jalan dan Jenis Pemeliharaan

Kondisi Jalan	Nilai SDI	Jenis Penanganan
Baik	< 50	Pemeliharaan rutin
Sedang	50–100	Pemeliharaan berkala
Rusak ringan	100–150	Rehabilitasi
Rusak berat	> 150	Rekonstruksi

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk mengevaluasi kondisi perkerasan jalan berdasarkan hasil survei visual menggunakan metode Surface Distress Index (SDI). Pendekatan kuantitatif digunakan karena kondisi perkerasan dinyatakan dalam bentuk nilai SDI, persentase kerusakan, serta distribusi kondisi pada setiap segmen jalan. Hasil perhitungan tersebut kemudian digunakan untuk mengidentifikasi jenis kerusakan dominan, menentukan tingkat keparahan kerusakan, dan menyusun rekomendasi jenis pemeliharaan. Pengamatan dilakukan pada ruas Kadipaten – Batas Majalengka / Indramayu. Pembagian segmen dilakukan berdasarkan interval STA 500 m, mulai dari STA 0+000 sampai STA 20+000. Dengan demikian, Setiap segmen diamati untuk memperoleh informasi mengenai lokasi kerusakan, jenis kerusakan, panjang kerusakan, lebar kerusakan, luas kerusakan, dan jumlah kerusakan. Data tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan nilai SDI pada masing-masing jenis kerusakan



Gambar 1. Peta Ruas Jalan Kadipaten–Batas Majalengka/Indramayu

Data Penelitian

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei visual kondisi perkerasan secara langsung pada ruas penelitian. Data yang dikumpulkan meliputi jenis kerusakan, lokasi kerusakan berdasarkan STA, posisi kerusakan pada badan jalan, panjang, lebar, luas, dan jumlah kerusakan.

Data sekunder digunakan sebagai data pendukung dalam memberikan informasi mengenai ruas jalan yang ditinjau dan karakteristik administrasi maupun jaringan jalan.

Survei Kondisi Perkerasan

Survei dilakukan dengan mengidentifikasi kerusakan permukaan perkerasan pada setiap segmen sepanjang 500 m. Jenis kerusakan yang diamati dalam penelitian meliputi amblas, keriting, kegemukan (bleeding), retak halus, retak buaya, retak bahu jalan, retak sambungan, retak pinggir, retak memanjang, lubang, alur, dan sungkur.

Untuk setiap kerusakan, dilakukan pengukuran terhadap parameter yang diperlukan dalam metode SDI. Hasil pengukuran dicatat berdasarkan STA dan posisi kerusakan, yaitu kiri (Ki), kanan (Ka), atau tengah (Tgh). Data hasil survei selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai SDI masing-masing jenis kerusakan pada setiap segmen.

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Hasil Penilaian Kondisi Perkerasan Berdasarkan SDI

Penilaian kondisi perkerasan pada ruas Kadipaten–Batas Majalengka/Indramayu dilakukan terhadap panjang ruas 20.000 m yang dibagi menjadi 40 segmen, dengan panjang masing-masing segmen 500 m. Berdasarkan hasil survei visual dan perhitungan Surface Distress Index (SDI), diperoleh distribusi kondisi perkerasan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi kondisi perkerasan ruas Kadipaten–Batas Majalengka / Indramayu

Kondisi	Panjang (m)	Persentase (%)
Baik	17.516,12	87,58
Sedang	1.920,46	9,60
Rusak ringan	563,42	2,82
Rusak berat	0,00	0,00
Total	20.000,00	100,00

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar ruas berada dalam kondisi baik, yaitu sepanjang 17.516,12 m atau 87,58% dari total ruas. Kondisi sedang mencapai 1.920,46 m atau 9,60%, sedangkan rusak ringan sebesar 563,42 m atau 2,82%. Tidak ditemukan segmen yang masuk kategori rusak berat.

Dengan demikian, sebesar 97,18% ruas berada dalam kondisi mantap, yang merupakan akumulasi kondisi baik dan sedang. Sementara

itu, ruas yang termasuk kondisi tidak mantap hanya sebesar 2,82%, yaitu bagian yang mengalami rusak ringan. Hasil ini menunjukkan bahwa secara umum kondisi struktural/fungsional permukaan ruas masih relatif baik, meskipun terdapat beberapa lokasi yang memerlukan perhatian pemeliharaan.

Analisis Jenis Kerusakan

Hasil survei mengidentifikasi 12 jenis kerusakan, yaitu amblas, keriting, bleeding, retak halus, retak buaya, retak bahu jalan, retak sambungan, retak pinggir, retak memanjang, lubang, alur, dan sungkur. Rekapitulasi hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi jenis kerusakan

Jenis kerusakan	Total panjang (m)	Total luas (m²)	SDI rata-rata
Amblas	9.527,00	13.626,31	110,2
Keriting	120,00	6,00	57,38
Bleeding	4.027,62	1.754,95	85,00
Retak halus	560,00	5,60	76,50
Retak buaya	7.267,52	7.751,87	88,75
Retak bahu jalan	449,10	460,80	48,88
Retak sambungan	26,50	185,50	4,25
Retak pinggir	35,00	245,00	21,25
Retak memanjang	32,00	0,32	2,13
Lubang	3.715,33	2.417,95	87,00
Alur	3.745,00	2.238,44	86,00
Sungkur	140,50	52,15	51,60

Berdasarkan data tersebut, amblas merupakan kerusakan dengan luas terbesar, yaitu 13.626,31 m², diikuti retak buaya sebesar 7.751,87 m². Besarnya luasan amblas menunjukkan bahwa kerusakan deformasi permukaan menjadi salah satu karakteristik utama kondisi perkerasan pada ruas yang ditinjau.

Perhitungan Persentase Dominasi Kerusakan

Penentuan kerusakan dominan dilakukan berdasarkan proporsi luas masing-masing jenis kerusakan terhadap total luas kerusakan yang teridentifikasi. Total luas seluruh kerusakan adalah:

$$At = 13.626{,}31 + 6{,}00 + 1.754{,}95 + 5{,}60 + 7.751{,}87 + 460{,}80 + 185{,}50 + 245{,}00 + 0{,}32 + 2.417{,}95 + 2.238{,}44 + 52{,}15$$

$$At = 28.744{,}89\ m2$$

Sebagai contoh, persentase luas kerusakan amblas dihitung sebagai:

$$P_{amblas} = \frac{13.626{,}31}{28.744{,}89} \times 100\%$$

$$P_{amblas} = 47{,}41\%$$

Sedangkan persentase retak buaya:

$$P_{retak\ buaya} = \frac{7.751{,}87}{28.744{,}89} \times 100\%$$

$$P_{retak\ buaya} = 26{,}97\%$$

Hasil perhitungan seluruh jenis kerusakan disajikan pada Tabel 5.

Hasil tersebut memperlihatkan bahwa amblas merupakan kerusakan paling dominan dengan kontribusi 47,41% dari total luas kerusakan. Retak buaya berada pada urutan kedua dengan

26,97%. Kedua jenis kerusakan tersebut secara kumulatif mencakup 74,38% dari seluruh luas kerusakan yang teridentifikasi.

Tabel 5. Persentase luas masing-masing jenis kerusakan

Jenis kerusakan	Luas (m²)	(%)	Peringkat
Amblas	13.626,31	47,41	1
Retak buaya	7.751,87	26,97	2
Lubang	2.417,95	8,41	3
Alur	2.238,44	7,79	4
Bleeding	1.754,95	6,11	5
Retak bahu jalan	460,80	1,60	6
Retak pinggir	245,00	0,85	7
Retak sambungan	185,50	0,65	8
Sungkur	52,15	0,18	9
Keriting	6,00	0,02	10
Retak halus	5,60	0,02	11
Retak memanjang	0,32	0,00	12
Total	28.744,89	100,00	

Temuan ini menunjukkan bahwa analisis dan penanganan kerusakan pada ruas penelitian terutama perlu diarahkan pada deformasi permukaan dan retak struktural.

Analisis Tingkat Keparahan Kerusakan

Tingkat keparahan dianalisis menggunakan nilai SDI rata-rata masing-masing jenis kerusakan. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai SDI tertinggi terdapat pada amblas sebesar 110,20, kemudian retak buaya sebesar 88,75, lubang sebesar 87,00, alur sebesar 86,00, dan bleeding sebesar 85,00.

Tabel 6. Peringkat tingkat keparahan berdasarkan SDI rata-rata

Peringkat	Jenis kerusakan	SDI rata-rata
1	Amblas	110,20
2	Retak buaya	88,75
3	Lubang	87,00
4	Alur	86,00
5	Bleeding	85,00
6	Retak halus	76,50
7	Keriting	57,38
8	Sungkur	51,60
9	Retak bahu jalan	48,88
10	Retak pinggir	21,25
11	Retak sambungan	4,25
12	Retak memanjang	2,13

Hasil tersebut memperkuat temuan bahwa amblas merupakan kerusakan yang paling signifikan, karena tidak hanya memiliki luas terbesar, tetapi juga mempunyai nilai SDI rata-rata tertinggi. Retak buaya menempati posisi kedua dan menjadi kerusakan yang perlu mendapat perhatian karena luasnya mencapai 7.751,87 m² serta memiliki SDI rata-rata 88,75.

Rekomendasi Pemeliharaan

Rekomendasi pemeliharaan ditentukan berdasarkan kondisi hasil penilaian SDI. Rekap kondisi menunjukkan bahwa 17.516,12 m ruas berada dalam kondisi baik, 1.920,46 m kondisi sedang, dan 563,42 m kondisi rusak ringan. Tidak terdapat ruas dengan kondisi rusak berat.

Tabel 7. Arahan pemeliharaan berdasarkan kondisi jalan

Kondisi	Panjang (m)	(%)	Arahan pemeliharaan
Baik	17.516,12	87,58	Pemeliharaan rutin
Sedang	1.920,46	9,60	Pemeliharaan berkala
Rusak ringan	563,42	2,82	Rehabilitasi/penanganan lokal
Rusak berat	0,00	0,00	—

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa ruas Kadipaten–Batas Majalengka/Indramayu didominasi kondisi baik, tetapi terdapat kerusakan lokal yang perlu ditangani untuk mencegah perkembangan kerusakan. Prioritas teknis terutama diarahkan pada lokasi dengan amblas dan retak buaya, karena kedua kerusakan tersebut memiliki kontribusi luas terbesar dan nilai SDI yang relatif tinggi.

Dengan kondisi 97,18% ruas berada dalam kategori mantap, strategi pemeliharaan yang paling sesuai adalah mempertahankan segmen baik melalui pemeliharaan rutin, melakukan pemeliharaan berkala pada segmen sedang, serta melakukan penanganan lokal pada segmen rusak ringan sebelum berkembang menjadi kerusakan yang lebih berat.

PENUTUP

Berdasarkan hasil survei visual dan analisis Surface Distress Index (SDI) pada ruas Jalan Kadipaten – Batas Majalengka / Indramayu sepanjang 20 km, kondisi perkerasan secara keseluruhan tergolong mantap, dengan 17.516,12 m (87,58%) berada dalam kondisi baik, 1.920,46 m (9,60%) dalam kondisi sedang, dan 563,42 m (2,82%) dalam kondisi rusak ringan, serta tidak ditemukan ruas dalam kondisi rusak berat. Dengan demikian, 97,18% panjang ruas berada dalam kondisi mantap dan 2,82% termasuk kondisi tidak mantap. Berdasarkan jenis kerusakannya, amblas merupakan kerusakan paling dominan dengan luas 13.626,31 m² (47,41%), diikuti retak buaya sebesar 7.751,87 m² (26,97%), lubang sebesar 2.417,95 m² (8,41%), dan alur sebesar 2.238,44 m² (7,79%). Amblas juga memiliki nilai SDI rata-rata tertinggi, yaitu 110,20, sehingga menjadi kerusakan yang paling signifikan dari aspek luasan maupun tingkat keparahan. Berdasarkan kondisi tersebut, pemeliharaan diarahkan secara preventif dan terlokalisasi, yaitu pemeliharaan rutin pada segmen kondisi baik, pemeliharaan berkala pada segmen kondisi sedang, serta penanganan lokal atau rehabilitasi pada segmen rusak ringan, dengan prioritas penanganan pada lokasi yang mengalami amblas dan retak buaya untuk mencegah perkembangan kerusakan menjadi lebih berat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] H. C. Hardiyatmo, Pemeliharaan Jalan Raya. Yogyakarta, Indonesia: Gadjah Mada University Press, 2007.

[2] A. U. Marsyanda, I. Y. D. Januar, L. B. Said, Y. Idrus, and R. B. Alkam, "Analisis kerusakan jalan dan cara penanggulangannya," Jurnal Teknik Sipil MACCA, vol. 7, no. 1, pp. 8–17, 2022.

[3] S. E. Priana, "Analisis faktor penyebab kerusakan jalan," Rang Teknik Jurnal, pp. 86–89, 2018.

[4] L. B. Said, M. Turu, and A. Alifuddin, "Studi kerusakan jalan dan cara penanggulangannya pada Jalan Metro Tanjung Bunga," Konstruksi, vol. 1, no. 4, pp. 36–55, 2023.

[5] Direktorat Jenderal Bina Marga, Panduan Survei Kondisi Jalan, Jakarta, Indonesia: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

[6] H. Rahmat and W. Apriani, "Analisis tingkat kerusakan jalan dengan metode SDI (Studi kasus Jalan Pasir Putih Pekanbaru–Kampar)," Jurnal Rab Construction Research, vol. 7, no. 1, 2022.

[7] D. Permadi, B. W. Widianto, and Y. Hudayat, "Analisis kondisi permukaan perkerasan jalan dengan metode SDI dan RCI serta penanganannya," 2021.

[8] A. Gusnilawati, Y. Chrisnawati, and W. P. Maryunani, "Analisis penilaian faktor kerusakan jalan dengan perbandingan metode Bina Marga, PCI, dan SDI (Studi kasus ruas Jalan Patuk–Dlingo)," Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil, vol. 2, no. 1, pp. 15–24, 2021.

[9] A. Jihad, M. R. Kasim, B. Berlianta, and M. I. Mahendra, "Analisis tingkat kerusakan flexible pavement dengan metode Surface Distress Index (SDI)," Jurnal Cahaya Mandalika, vol. 3, no. 2, pp. 1825–1831, 2023.

JURNAL TEKNIK INDONESIA - VOL. 07 NO. 02 (Oktober 2026)
P-ISSN 2987-2723
E-ISSN 1987-0933

Perumusan Indeks Kualitas Detail Engineering Design Pada Perencanaan Rekonstruksi Jalan (Studi Kasus: UPTD Pengelolaan Jalan dan Jembatan Wilayah Pelayanan VI Kab. Indramayu)

Fajar Firmansyah, Pratikso, Juny Andry Sulistyo
Universitas Islam Sultan Agung
E-mail Korespondensi: justfajardoang04@gmail.com

ABSTRACT

Road infrastructure development requires high-quality Detailed Engineering Design (DED) documents, as they serve as the foundation for construction implementation and significantly influence project quality, schedule, and cost performance. However, the evaluation of DED quality in Indonesia is still predominantly based on administrative compliance and has not yet employed a structured quantitative assessment instrument capable of measuring the substantive quality of the design. This condition may increase technical uncertainty, lead to design changes during construction, and reduce the effectiveness of project quality control. This study aims to determine the weighting of DED quality criteria, calculate the DED quality index, and identify the dominant criteria affecting the quality of road DED documents. This study employed the Analytical Hierarchy Process (AHP) method to determine criteria weights and the weighted scoring method to calculate the DED quality index. Data were collected through questionnaires distributed to 12 expert respondents and through the evaluation of 13 road DED documents in the UPTD Road and Bridge Management Region VI, Indramayu Regency. The results show that the criterion of quality and completeness of planning data has the highest weight of 0.32, followed by compliance of design with technical standards at 0.30, with a Consistency Ratio (CR) of 0.07, indicating consistent judgments. The DED quality index ranges from 4.279 to 4.487, with all documents classified as very good. The highest quality DED document was found on the Karangampel–Jatibarang road section, with an index value of 4.487. This study concludes that the quality of road DED documents is mainly influenced by the quality of planning data and compliance with technical standards, with a cumulative contribution of 62%, indicating that the developed evaluation model can be used as a more objective and measurable quality control instrument for DED documents.

Keywords: *Detail Engineering Design (DED), AHP, weighted scoring, document quality, quality index.*

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur jalan memerlukan dokumen Detail Engineering Design (DED) yang berkualitas karena menjadi dasar pelaksanaan konstruksi dan berpengaruh terhadap mutu, waktu, serta biaya proyek. Namun, evaluasi kualitas dokumen DED di Indonesia masih didominasi oleh pemeriksaan administratif dan belum mampu menilai kualitas desain secara substantif menggunakan instrumen penilaian kuantitatif yang terstruktur. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan ketidakpastian teknis, perubahan desain saat konstruksi, serta menurunkan efektivitas pengendalian mutu proyek. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan bobot kriteria kualitas DED, menghitung indeks kualitas dokumen DED, dan mengidentifikasi kriteria dominan yang memengaruhi kualitas DED jalan. Penelitian ini menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk pembobotan kriteria dan weighted scoring untuk menghitung indeks kualitas DED. Data diperoleh melalui kuesioner kepada 12 responden ahli dan evaluasi terhadap 13 dokumen DED ruas jalan di wilayah UPTD Pengelolaan Jalan dan Jembatan Wilayah Pelayanan VI Kabupaten Indramayu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kriteria kualitas dan kelengkapan data perencanaan memiliki bobot tertinggi sebesar 0,32, diikuti kesesuaian desain terhadap standar teknis sebesar 0,30, dengan nilai Consistency Ratio (CR) sebesar 0,07 yang menunjukkan hasil penilaian konsisten. Nilai indeks kualitas DED berada pada rentang 4,279–4,487, dengan seluruh dokumen berada pada kategori sangat baik. Dokumen DED terbaik terdapat pada ruas Karangampel–Jatibarang dengan nilai indeks 4,487. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kualitas dokumen DED jalan terutama ditentukan oleh kualitas data perencanaan dan kesesuaian desain terhadap standar teknis, dengan kontribusi kumulatif sebesar 62%, sehingga model evaluasi ini dapat digunakan

Jurnal Teknik Indonesia by Fakultas Teknik Undaris
is licensed under Creative Commons Attribution 4.0

sebagai instrumen pengendalian mutu dokumen DED yang lebih objektif dan terukur.

Kata Kunci: Detail Engineering Design (DED), AHP, weighted scoring, kualitas dokumen, indeks kualitas.

PENDAHULUAN

Detail Engineering Design (DED) merupakan bagian penting dalam tahap perencanaan teknis karena menjadi dasar dalam menerjemahkan kebutuhan pekerjaan ke dalam desain yang siap dilaksanakan. Dalam penyelenggaraan infrastruktur jalan, keberadaan DED tidak hanya berkaitan dengan penyediaan gambar teknis, tetapi juga mencakup data perencanaan, perhitungan desain, spesifikasi teknis, dan informasi pendukung yang diperlukan untuk memastikan pekerjaan dapat dilaksanakan sesuai persyaratan. Direktorat Jenderal Bina Marga telah menetapkan prosedur penyiapan dokumen DED pembangunan jalan sebagai bagian dari proses perencanaan teknis [1]. Selain itu, dokumen DED juga menjadi salah satu unsur penting dalam kesiapan pelaksanaan pekerjaan konstruksi jalan [2]. Dengan demikian, kualitas DED merupakan salah satu aspek yang perlu dikendalikan sebelum dokumen digunakan sebagai dasar pelaksanaan konstruksi.

Kualitas dokumen perencanaan memiliki konsekuensi langsung terhadap proses konstruksi. Kesalahan, ketidaklengkapan, dan ketidakkonsistenan desain dapat menimbulkan perubahan pekerjaan, pekerjaan ulang, keterlambatan, peningkatan biaya, serta permasalahan mutu. Penelitian mengenai kualitas dokumen desain menunjukkan bahwa permasalahan desain merupakan salah satu risiko penting dalam keberhasilan proyek konstruksi dan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor pada tingkat perencana, organisasi, maupun proses konstruksi [3]. Studi lain menunjukkan bahwa kesalahan desain dapat berkontribusi terhadap peningkatan biaya, keterlambatan penyelesaian pekerjaan, dan penurunan kualitas konstruksi [4]. Permasalahan tersebut juga dapat muncul akibat gambar kerja yang tidak lengkap serta kurangnya koordinasi antar dokumen desain [5]. Oleh karena itu, pengendalian kualitas DED perlu dilakukan tidak hanya dengan memeriksa keberadaan dokumen, tetapi juga dengan mengevaluasi kualitas substansi teknis yang terkandung di dalamnya.

Dalam konteks penyelenggaraan jalan, kebutuhan terhadap kualitas dokumen desain menjadi semakin penting karena desain harus memenuhi berbagai persyaratan teknis yang saling berkaitan. Pedoman Desain Geometrik Jalan yang diterbitkan Direktorat Jenderal Bina Marga digunakan sebagai salah satu acuan dalam perencanaan geometrik jalan dan menekankan pentingnya desain yang mampu memenuhi aspek

keselamatan, kenyamanan, serta kinerja pelayanan jalan [6]. Di sisi lain, Spesifikasi Umum 2025 untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan menempatkan pemenuhan persyaratan teknis, fungsional, dan keselamatan sebagai bagian penting dalam penyelenggaraan pekerjaan jalan [7]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kualitas DED tidak dapat dinilai hanya dari satu aspek, tetapi perlu mempertimbangkan sejumlah kriteria yang mewakili kualitas data, kesesuaian teknis, kelengkapan dokumen, keterpaduan desain, dan keterlaksanaan desain di lapangan.

Salah satu persoalan dalam evaluasi dokumen DED adalah belum adanya ukuran kuantitatif yang sederhana untuk menggambarkan tingkat kualitas dokumen secara keseluruhan dan membandingkan kualitas antar dokumen. Evaluasi dokumen sering kali dilakukan melalui pemeriksaan kelengkapan dan review teknis secara terpisah, sehingga hasilnya belum selalu dapat direpresentasikan dalam satu nilai yang menunjukkan tingkat kualitas DED. Padahal, keputusan mengenai kualitas suatu dokumen melibatkan berbagai kriteria yang memiliki tingkat kepentingan berbeda. Kualitas data perencanaan, misalnya, dapat memiliki konsekuensi yang berbeda dibandingkan aspek integrasi antar elemen desain. Oleh sebab itu, diperlukan pendekatan yang mampu menentukan tingkat kepentingan setiap kriteria sekaligus menggabungkan hasil penilaian masing-masing kriteria menjadi suatu indeks kualitas.

Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dapat digunakan untuk menangani permasalahan tersebut karena mampu menentukan bobot prioritas dari sejumlah kriteria berdasarkan perbandingan berpasangan dan menyediakan mekanisme pengujian konsistensi penilaian. Penerapan AHP pada bidang konstruksi telah digunakan untuk membantu pengambilan keputusan yang melibatkan berbagai kriteria teknis [8]. Penelitian mengenai kualitas desain pada proyek konstruksi juga menunjukkan bahwa AHP dapat digunakan untuk mengidentifikasi atribut kualitas desain, menentukan bobot kepentingannya, dan menguji konsistensi penilaian responden [9]. Dengan demikian, AHP relevan digunakan untuk memperoleh bobot objektif relatif dari kriteria kualitas DED berdasarkan penilaian tenaga ahli.

Selain menentukan bobot, diperlukan metode untuk menerjemahkan hasil pemeriksaan dokumen DED ke dalam nilai kualitas yang dapat dibandingkan antar ruas. Pendekatan weighted scoring dapat digunakan dengan mengalikan bobot masing-masing kriteria

dengan nilai hasil evaluasi dokumen, kemudian menjumlahkan seluruh kontribusi kriteria menjadi indeks kualitas. Pendekatan ini memungkinkan dokumen DED yang memiliki karakteristik berbeda untuk dievaluasi menggunakan dasar penilaian yang sama. Hasil akhirnya tidak hanya menunjukkan kriteria yang dianggap penting, tetapi juga menghasilkan nilai indeks yang dapat digunakan untuk menyusun peringkat kualitas dokumen.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan pada 13 dokumen DED ruas jalan di wilayah UPTD Pengelolaan Jalan dan Jembatan Wilayah Pelayanan VI Kabupaten Indramayu. Penelitian menggunakan lima kriteria kualitas DED, yaitu kualitas dan kelengkapan data perencanaan, kesesuaian desain terhadap standar teknis, kelengkapan dan konsistensi dokumen DED, integrasi antar elemen desain, serta keterlaksanaan desain (constructability). AHP digunakan untuk menentukan bobot kepentingan kelima kriteria berdasarkan penilaian responden ahli, sedangkan weighted scoring digunakan untuk menghitung indeks kualitas masing-masing dokumen DED berdasarkan hasil evaluasi indikator.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) menentukan bobot kepentingan masing-masing kriteria kualitas DED jalan secara kuantitatif, (2) menentukan nilai indeks kualitas DED sebagai instrumen evaluasi mutu dokumen perencanaan jalan, dan (3) mengidentifikasi kriteria yang paling dominan dalam menentukan kualitas DED. Hasil penelitian diharapkan menghasilkan pendekatan evaluasi yang tidak hanya memberikan penilaian terhadap kualitas masing-masing dokumen, tetapi juga menyediakan dasar kuantitatif untuk membandingkan kualitas DED dan menentukan aspek yang perlu diprioritaskan dalam proses pengendalian mutu perencanaan jalan.

LANDASAN TEORI

Detail Engineering Design (DED) Jalan

Detail Engineering Design (DED) merupakan dokumen perencanaan teknis yang digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Dokumen DED memuat informasi teknis yang diperlukan untuk menerjemahkan kebutuhan pekerjaan menjadi rancangan yang dapat dilaksanakan, antara lain data perencanaan, perhitungan teknis, gambar desain, spesifikasi teknis, serta informasi pendukung lainnya. Dalam penyelenggaraan jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga menetapkan prosedur penyiapan dokumen DED pembangunan jalan sebagai bagian dari proses perencanaan teknis [1]. Dengan demikian, kualitas DED menjadi salah satu aspek penting karena dokumen tersebut menjadi penghubung antara proses

perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan konstruksi.

Kualitas dokumen desain memiliki keterkaitan dengan proses pelaksanaan konstruksi. Dokumen yang tidak lengkap, tidak konsisten, atau mengandung kesalahan desain dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya perubahan desain, pekerjaan ulang, pembengkakan biaya, dan keterlambatan pelaksanaan [5], [9]. Oleh karena itu, evaluasi kualitas DED perlu dilakukan secara sistematis dengan mempertimbangkan berbagai aspek yang menentukan kelayakan dokumen sebagai dasar pelaksanaan konstruksi.

Kualitas Dokumen DED

Kualitas dokumen DED dalam penelitian ini dipahami sebagai tingkat pemenuhan dokumen perencanaan terhadap persyaratan data, standar teknis, kelengkapan informasi, keterpaduan antar elemen desain, serta keterlaksanaan rancangan di lapangan. Pengukuran kualitas tidak hanya mempertimbangkan keberadaan komponen dokumen, tetapi juga tingkat pemenuhan substansi teknis yang terdapat di dalam dokumen.

Berdasarkan kebutuhan evaluasi tersebut, penelitian ini menggunakan lima kriteria kualitas DED, yaitu kualitas dan kelengkapan data perencanaan (C1), kesesuaian desain terhadap standar teknis (C2), kelengkapan dan konsistensi dokumen DED (C3), integrasi antar elemen desain (C4), serta keterlaksanaan desain atau constructability (C5). Kelima kriteria tersebut digunakan untuk merepresentasikan aspek utama yang diperlukan agar suatu dokumen DED dapat digunakan secara efektif sebagai dasar pelaksanaan pekerjaan jalan.

Kualitas dan kelengkapan data perencanaan merupakan dasar dalam menghasilkan desain teknis. Data yang digunakan dalam perencanaan jalan dapat mencakup kondisi geometrik eksisting, topografi, lalu lintas, kondisi perkerasan, geoteknik, hidrologi, serta data lain sesuai kebutuhan desain. Ketidakakuratan atau ketidaklengkapan data dapat menyebabkan parameter desain tidak menggambarkan kondisi aktual. Pedoman Desain Geometrik Jalan menempatkan karakteristik dan kondisi lapangan sebagai bagian penting dalam proses perencanaan jalan [6]. Oleh karena itu, kualitas data perencanaan menjadi salah satu kriteria utama dalam evaluasi DED.

Kesesuaian desain terhadap standar teknis menunjukkan tingkat pemenuhan rancangan terhadap standar, pedoman, dan ketentuan teknis yang berlaku. Dalam perencanaan jalan, kesesuaian tersebut diperlukan agar desain geometrik, struktur perkerasan, drainase, serta elemen pendukung lainnya memenuhi

persyaratan teknis. Pedoman Desain Geometrik Jalan Nomor 13/P/BM/2021 merupakan salah satu acuan teknis dalam perencanaan geometrik jalan di Indonesia [6]. Tingkat kesesuaian desain terhadap standar menjadi bagian penting dalam menentukan kualitas DED karena ketidaksesuaian dapat memengaruhi kelayakan teknis rancangan.

Kelengkapan dan konsistensi dokumen DED berkaitan dengan tersedianya seluruh informasi yang diperlukan untuk memahami dan melaksanakan rancangan serta kesesuaian informasi antarbagian dokumen. Gambar teknis, perhitungan, spesifikasi, volume pekerjaan, dan komponen lainnya harus memberikan informasi yang saling mendukung. Ketidaksesuaian antara gambar, perhitungan, spesifikasi, dan kuantitas dapat menimbulkan kesalahan interpretasi serta meningkatkan risiko perubahan desain pada tahap pelaksanaan [5].

Integrasi antar elemen desain menunjukkan tingkat keterpaduan antara komponen-komponen perencanaan jalan, seperti geometrik, perkerasan, drainase, bangunan pelengkap, dan elemen teknis lainnya. Setiap elemen harus dirancang berdasarkan parameter yang saling berhubungan sehingga tidak terjadi konflik desain. Integrasi yang baik diperlukan agar perubahan atau penyesuaian pada satu komponen tidak menimbulkan ketidaksesuaian pada komponen lainnya.

Keterlaksanaan desain atau constructability menunjukkan tingkat kemudahan suatu rancangan untuk diterapkan pada kondisi konstruksi yang sebenarnya. Aspek ini mempertimbangkan kesesuaian desain dengan metode pelaksanaan, kondisi lapangan, ketersediaan material, sumber daya, akses pekerjaan, serta batasan pelaksanaan. Desain yang memenuhi persyaratan teknis tetapi sulit dilaksanakan tetap dapat menimbulkan perubahan desain dan pekerjaan ulang. Oleh karena itu, constructability digunakan sebagai salah satu kriteria dalam menilai kualitas DED.

Analytical Hierarchy Process (AHP)

AHP dikembangkan oleh Saaty dan banyak digunakan pada permasalahan pengambilan keputusan yang melibatkan beberapa kriteria dengan tingkat kepentingan yang berbeda [10]. Dalam penelitian ini, AHP digunakan untuk menentukan bobot kepentingan lima kriteria kualitas DED.

Perbandingan antar kriteria dilakukan menggunakan skala fundamental AHP dari 1 sampai 9. Nilai 1 menunjukkan bahwa dua kriteria memiliki tingkat kepentingan yang sama, sedangkan nilai 9 menunjukkan bahwa salah satu kriteria memiliki tingkat kepentingan yang

sangat mutlak dibandingkan kriteria lainnya. Hasil perbandingan berpasangan selanjutnya dinormalisasi untuk memperoleh bobot prioritas masing-masing kriteria.

Bobot kriteria yang diperoleh dari AHP digunakan untuk menunjukkan kontribusi relatif setiap kriteria terhadap kualitas DED. Semakin besar bobot suatu kriteria, semakin tinggi tingkat kepentingannya dalam menentukan kualitas dokumen. Dengan demikian, bobot AHP tidak menunjukkan nilai kualitas suatu dokumen, tetapi menunjukkan tingkat kepentingan kriteria yang digunakan dalam proses pembentukan indeks kualitas.

Konsistensi penilaian responden perlu diperiksa karena perbandingan berpasangan dilakukan berdasarkan penilaian manusia. Nilai Consistency Index (CI) dihitung dengan persamaan:

$$CI = \frac{(\lambda max - n)}{(n-1)} \quad (1)$$

dengan λmax merupakan nilai eigen maksimum dan n merupakan jumlah kriteria. Selanjutnya, tingkat konsistensi penilaian dihitung menggunakan Consistency Ratio (CR):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

dengan RI merupakan Random Index. Penilaian AHP dinyatakan konsisten apabila nilai CR ≤ 0,10 [10], [11]. Dalam penelitian ini terdapat lima kriteria sehingga pengujian konsistensi digunakan untuk memastikan bahwa hubungan kepentingan antar kelima kriteria yang diberikan responden masih berada dalam batas konsistensi yang dapat diterima.

Skala Penilaian Kualitas DED

Penilaian kualitas dokumen DED dilakukan menggunakan skala 1 sampai 5 terhadap indikator pada masing-masing kriteria. Skor 1 menunjukkan tingkat pemenuhan indikator yang sangat rendah, sedangkan skor 5 menunjukkan tingkat pemenuhan indikator yang sangat tinggi. Skala tersebut digunakan untuk mengubah hasil pemeriksaan terhadap dokumen DED menjadi data kuantitatif yang dapat dihitung dan dibandingkan antar dokumen.

Nilai setiap kriteria diperoleh dengan menghitung rata-rata skor indikator yang membentuk kriteria tersebut. Apabila suatu kriteria memiliki sejumlah indikator, maka nilai rata-rata kriteria dihitung menggunakan persamaan:

$$Xij = \frac{\Sigma xijk}{m} \quad (3)$$

Nilai rata-rata kriteria tersebut selanjutnya menjadi dasar untuk menghitung kontribusi masing-masing kriteria terhadap indeks kualitas DED. Dengan demikian, proses penilaian

dilakukan secara bertingkat, yaitu dari skor indikator, kemudian menjadi nilai rata-rata kriteria, dan selanjutnya menjadi indeks kualitas dokumen DED.

Indeks Kualitas DED

Indeks diperoleh dengan menggabungkan nilai pencapaian setiap kriteria dengan bobot kepentingan kriteria yang diperoleh melalui AHP. Kontribusi masing-masing kriteria terhadap indeks kualitas dihitung dengan persamaan:

$$IKij = \frac{wj}{Xij} \quad (4)$$

Selanjutnya, indeks kualitas total dokumen DED dihitung dengan persamaan:

$$IKDED_i = \sum(wj \times Xij) \quad (5)$$

Karena jumlah bobot seluruh kriteria AHP sama dengan 1, nilai indeks kualitas DED berada pada rentang yang sama dengan skala penilaian indikator, yaitu 1 sampai 5. Nilai indeks yang semakin mendekati 5 menunjukkan tingkat pemenuhan kualitas DED yang semakin tinggi. Nilai indeks selanjutnya digunakan untuk membandingkan kualitas 13 dokumen DED dan menentukan urutan atau peringkat kualitas masing-masing dokumen.

Dengan pendekatan tersebut, AHP dan weighted scoring memiliki fungsi yang berbeda tetapi saling melengkapi. AHP digunakan untuk menentukan seberapa penting masing-masing kriteria, sedangkan penilaian skala 1–5 digunakan untuk menentukan seberapa baik masing-masing dokumen memenuhi kriteria tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengembangkan dan menerapkan model evaluasi kualitas dokumen Detail Engineering Design (DED) jalan. Penelitian dilakukan pada 13 dokumen DED ruas jalan yang berada dalam wilayah kerja UPTD Pengelolaan Jalan dan Jembatan Wilayah Pelayanan VI Kabupaten Indramayu. Dokumen tersebut memiliki karakteristik yang berbeda dari sisi panjang ruas, lebar jalan, jenis perkerasan, jenis pekerjaan, dan tahun penyusunan. Perbedaan karakteristik tersebut digunakan untuk memperoleh variasi objek dalam penerapan model evaluasi kualitas DED.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Data penelitian terdiri atas data primer dan data

sekunder. Data primer diperoleh melalui kuesioner kepada responden ahli yang digunakan untuk menentukan tingkat kepentingan antar kriteria menggunakan AHP serta memberikan penilaian terhadap kualitas indikator pada dokumen DED. Data sekunder berupa dokumen DED 13 ruas jalan, standar dan pedoman teknis perencanaan jalan, serta data pendukung mengenai ruas jalan yang menjadi objek penelitian.

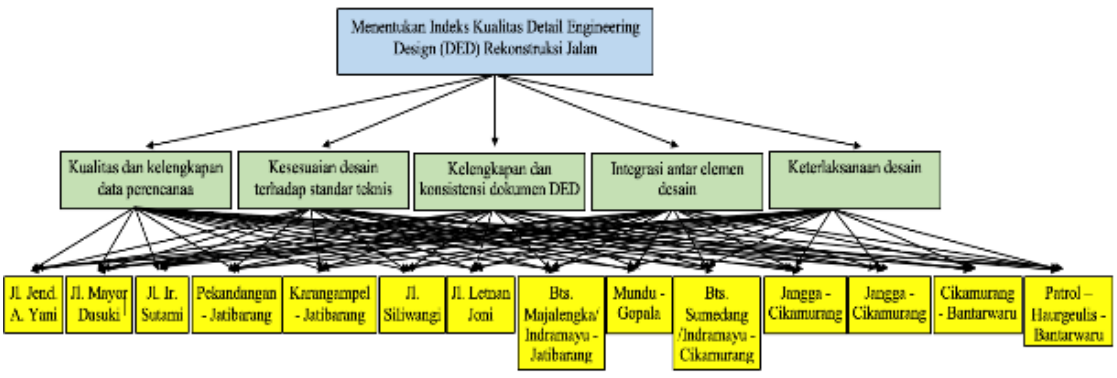
Responden Penelitian

Responden penelitian ditentukan secara purposive berdasarkan kompetensi dan pengalaman yang relevan dengan perencanaan serta evaluasi dokumen DED jalan. Responden berjumlah 12 orang yang terdiri atas tenaga ahli jalan, surveyor, operator atau drafter CAD, akademisi, reviewer DED, kontraktor, dan konsultan. Responden memiliki latar belakang pendidikan minimal diploma atau sarjana pada bidang yang relevan serta pengalaman kerja minimal 5 tahun pada bidang jalan, perencanaan, survei, penyusunan gambar teknis, review DED, konstruksi, atau kegiatan akademik yang berkaitan dengan infrastruktur jalan.

Variabel dan Kriteria Penelitian

Evaluasi kualitas DED menggunakan lima kriteria utama. Kriteria C1 adalah kualitas dan kelengkapan data perencanaan, C2 adalah kesesuaian desain terhadap standar teknis, C3 adalah kelengkapan dan konsistensi dokumen DED, C4 adalah integrasi antar elemen desain, dan C5 adalah keterlaksanaan desain (constructability). Setiap kriteria dijabarkan menjadi sejumlah indikator yang digunakan sebagai dasar pemeriksaan dan pemberian skor terhadap masing-masing dokumen DED.

Penilaian indikator menggunakan skala 1 sampai 5. Nilai 1 menunjukkan tingkat pemenuhan indikator yang sangat rendah, sedangkan nilai 5 menunjukkan tingkat pemenuhan indikator yang sangat tinggi.



Gambar 2. Diagram Analytical Hierarchy Process (AHP)

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Analisis Bobot Kriteria dengan AHP

Perbandingan berpasangan dilakukan terhadap lima kriteria kualitas DED. Karena terdapat lima kriteria, jumlah perbandingan berpasangan yang dinilai adalah:

$$= \frac{5(5-1)}{2} = 10$$

Hasil pembobotan menunjukkan bahwa C1 memperoleh bobot sebesar 0,32 dan menjadi kriteria dengan prioritas tertinggi. C2 memperoleh bobot 0,30, C3 sebesar 0,18, C5 sebesar 0,11, dan C4 sebesar 0,09. Jumlah bobot tersebut adalah:

$$= 0{,}32 + 0{,}30 + 0{,}18 + 0{,}09 + 0{,}11$$

$$= 1{,}00$$

Dengan demikian, seluruh bobot telah memenuhi persyaratan jumlah bobot sebesar 1 atau 100%.

Tabel 1. Bobot Prioritas Kriteria Kualitas DED

Kriteria	Bobot	Prioritas
C1 – Kualitas dan kelengkapan data perencanaan	0,32	1
C2 – Kesesuaian desain terhadap standar teknis	0,30	2
C3 – Kelengkapan dan konsistensi dokumen DED	0,18	3
C5 – Keterlaksanaan desain (constructability)	0,11	4
C4 – Integrasi antar elemen desain	0,09	5
Total	1,00	

Berdasarkan hasil tersebut, C1 dan C2 memiliki bobot gabungan sebesar:

$$0{,}32 + 0{,}30 = 0{,}62$$

atau 62%. Artinya, kualitas dan kelengkapan data perencanaan serta kesesuaian desain terhadap standar teknis merupakan dua aspek yang memiliki kontribusi kepentingan terbesar dalam model evaluasi kualitas DED.

Uji Konsistensi AHP

Uji konsistensi dilakukan untuk memastikan bahwa hubungan perbandingan antar kriteria yang diberikan responden tidak saling bertentangan secara signifikan. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh nilai eigen maksimum sebesar:

$\lambda max = 5{,}30$

Dengan jumlah kriteria sebanyak lima, nilai Consistency Index dihitung menggunakan persamaan 1:

$$CI = \frac{(5{,}30-5)}{(5-1)} = \frac{(0{,}30)}{(4)}$$

$$= 0{,}075 = 0{,}05$$

Nilai Consistency Ratio diperoleh berdasarkan persamaan 2:

$$CR = \frac{0{,}075}{1{,}12} = 0{,}067 = 0{,}07$$

Nilai CR sebesar 0,07 lebih kecil dari batas konsistensi 0,10. Dengan demikian, hasil perbandingan berpasangan responden dapat dinyatakan konsisten dan bobot yang dihasilkan dapat digunakan dalam perhitungan indeks kualitas DED.

Analisis Nilai Kriteria pada Dokumen DED

Setelah bobot kriteria diperoleh, tahap berikutnya adalah menghitung nilai kualitas masing-masing dokumen DED. Setiap kriteria terdiri atas sejumlah indikator yang dinilai menggunakan skala 1–5. Nilai indikator kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh nilai kriteria.

Sebagai contoh, pada dokumen R1, kriteria C1 memiliki empat indikator dengan nilai rata-rata indikator sebesar 4,667; 4,250; 4,500; dan 4,250. Nilai rata-rata C1 dihitung menggunakan persamaan 3:

$$X_C = \frac{(4{,}667 + 4{,}250 + 4{,}500 + 4{,}250)}{4}$$

$$= \frac{17{,}667}{4} = 4{,}417$$

Dengan cara yang sama, diperoleh nilai rata-rata seluruh kriteria pada R1 sebesar 4,417 untuk C1, 4,396 untuk C2, 4,313 untuk C3, 4,167 untuk C4, dan 4,250 untuk C5.

Nilai tersebut kemudian dikalikan dengan bobot AHP masing-masing kriteria untuk memperoleh kontribusi setiap kriteria terhadap indeks kualitas DED.

Perhitungan Indeks Kualitas DED

Indeks kualitas DED dihitung dengan mengalikan nilai rata-rata masing-masing kriteria dengan bobot AHP, kemudian menjumlahkan seluruh hasil perkalian tersebut. Pada R1, perhitungannya berdasarkan persamaan 5:

$$IKDED_R1 = (0{,}32 \times 4{,}417) + (0{,}30 \times 4{,}396) + (0{,}18 \times 4{,}313) + (0{,}09 \times 4{,}167) + (0{,}11 \times 4{,}250)$$

$$IKDED_R1 = 4{,}35$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa indeks kualitas R1 berada pada tingkat yang tinggi. Perhitungan yang sama dilakukan terhadap seluruh dokumen DED sehingga diperoleh nilai indeks masing-masing ruas.

Tabel 2. Hasil Indeks Kualitas DED

Dokumen	Indeks Kualitas	Posisi
R1	4,350	—
R2	4,351	—
R3	4,354	—
R4	4,353	—
R5	4,487	Tertinggi
R6	4,347	—
R7	4,279	Terendah
R8	4,362	—

Dokumen	Indeks Kualitas	Posisi
R10	4,392	—
R11	4,342	—
R12	4,375	—
R13	4,417	—

Berdasarkan data penelitian, nilai indeks DED yang diperoleh berada pada rentang 4,279–4,487. Nilai tertinggi diperoleh R5 sebesar 4,487, sedangkan nilai terendah diperoleh R7 sebesar 4,279.

Penentuan Peringkat Dokumen DED

Peringkat ditentukan berdasarkan nilai indeks kualitas. Dokumen dengan nilai indeks lebih tinggi memperoleh peringkat lebih baik. Secara matematis, urutan peringkat dilakukan dengan mengurutkan nilai IKDED dari nilai terbesar ke nilai terkecil.

Berdasarkan data tersebut, R5 menjadi dokumen dengan nilai indeks tertinggi, sedangkan R7 menjadi dokumen dengan nilai indeks terendah. Perbedaan antara keduanya adalah:

$4{,}487 - 4{,}279 = 0{,}208$

Selisih sebesar 0,208 menunjukkan bahwa terdapat variasi kualitas antar dokumen, meskipun seluruh nilai indeks berada pada rentang yang relatif berdekatan.

Analisis Kriteria Dominan

Kriteria dominan ditentukan berdasarkan bobot AHP karena bobot menunjukkan tingkat kepentingan relatif setiap aspek dalam pembentukan indeks kualitas DED. Berdasarkan hasil analisis, C1 – kualitas dan kelengkapan data perencanaan merupakan kriteria dominan dengan bobot 0,32. C2 berada pada posisi kedua dengan bobot 0,30.

Kedua kriteria tersebut memiliki bobot kumulatif sebesar 0,62 atau 62%. Sementara itu, tiga kriteria lainnya memiliki bobot kumulatif:

$0{,}18 + 0{,}09 + 0{,}11 = 0{,}38$ atau 38%.

Hasil tersebut memperlihatkan bahwa model penilaian lebih menekankan aspek kualitas data dasar dan kepatuhan desain terhadap standar teknis. Temuan ini memiliki implikasi langsung terhadap proses pengendalian mutu DED, karena peningkatan kualitas pada dua aspek tersebut berpotensi memberikan pengaruh terbesar terhadap kualitas dokumen secara keseluruhan.

PENUTUP

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap 13 dokumen Detail Engineering Design (DED) ruas jalan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan weighted scoring, diperoleh tiga kesimpulan utama.

Pertama, bobot kepentingan kriteria kualitas DED menunjukkan bahwa kualitas dan kelengkapan data perencanaan (C1) merupakan

kriteria dengan prioritas tertinggi sebesar 0,32 (32%), diikuti kesesuaian desain terhadap standar teknis (C2) sebesar 0,30 (30%), kelengkapan dan konsistensi dokumen DED (C3) sebesar 0,18 (18%), keterlaksanaan desain (C5) sebesar 0,11 (11%), dan integrasi antar elemen desain (C4) sebesar 0,09 (9%). Hasil pengujian menghasilkan Consistency Ratio (CR) sebesar 0,07, sehingga pembobotan dinyatakan konsisten.

Kedua, indeks kualitas 13 dokumen DED berada pada rentang 4,279–4,487 pada skala 1–5. Nilai tersebut menunjukkan tingkat kualitas dokumen yang tinggi. Dokumen dengan nilai indeks tertinggi adalah R5 sebesar 4,487, sedangkan nilai terendah adalah R7 sebesar 4,279. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan weighted scoring mampu menghasilkan ukuran kuantitatif yang dapat digunakan untuk membandingkan kualitas dokumen DED antar ruas.

Ketiga, kualitas dan kelengkapan data perencanaan (C1) merupakan kriteria dominan dalam model evaluasi dengan bobot 32%, disusul kesesuaian desain terhadap standar teknis sebesar 30%. Kedua kriteria tersebut memberikan kontribusi kepentingan kumulatif sebesar 62%, sehingga peningkatan kualitas data dasar perencanaan dan kepatuhan desain terhadap standar teknis menjadi aspek utama yang perlu diperhatikan dalam pengendalian mutu dokumen DED jalan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, SOP/UPM/DJBM-134 tentang Prosedur Penyiapan Dokumen Desain (Desain Engineering Design atau DED) Pembangunan Jalan. Jakarta, Indonesia: Direktorat Jenderal Bina Marga.

[2] Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum, Spesifikasi Umum 2025 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan, Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga No. 07/SE/Db/2025. Jakarta, Indonesia, 2025.

[3] A. Andi and T. Minato, “Design documents quality in the Japanese construction industry: Factors influencing and impacts on construction process,” International Journal of Project Management, vol. 21, no. 7, pp. 537–546, 2003, doi: 10.1016/S0263-7863(02)00083-2.

[4] P. E. D. Love, R. Lopez, J. Edwards, and J. G. Irani, “Moving beyond the cost and schedule overruns: The challenges of promoting design quality in construction projects,” Production Planning & Control, vol. 23, no. 2–3, pp. 157–167, 2012.

[5] D. F. Fuadie, Y. Rahmawati, and C. Utomo, “Factors of design errors in construction project (A review),” in Proc. 3rd Int. Conf. Civil Engineering Research (ICCER), Surabaya, Indonesia, 2017.

[6] Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Pedoman Desain Geometrik Jalan, Pedoman No. 13/P/BM/2021, Surat Edaran Direktur

Jenderal Bina Marga No. 20/SE/Db/2021. Jakarta, Indonesia, 2021.

[7] R. O. Olatunji, O. I. Ibidapo, and L. Y. Adedayo, "Assessing the impact of design errors in construction project in selected construction companies in Lagos State," International Journal of Research and Innovation in Social Science, vol. 9, no. 5, pp. 2543–2553, 2025, doi: 10.47772/IJRISS.2025.905000197.

[8] N. S. Mahdi and N. F. Hassan, "Designing and application of mathematical model: A multi-objectives for assessment the quality of the project: A case study at Saad Public Construction Company," Journal of Economics and Administrative Sciences, vol. 24, no. 103, pp. 477–501, 2018, doi: 10.33095/jeas.v24i103.125.

[9] L. Z. Qing, F. A. Mohd-Rahim, M. Mahdzir, M. H. Mustafa, and A. Alashwal, "Design errors' impact on construction project costs," Journal of Construction in Developing Countries, vol. 30, no. 2, pp. 25–47, 2025, doi: 10.21315/jcdc.2025.30.2.2.

[10] T. L. Saaty, "How to make a decision: The analytic hierarchy process," European Journal of Operational Research, vol. 48, no. 1, pp. 9–26, 1990, doi: 10.1016/0377-2217(90)90057-I.

[111 T. L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process," International Journal of Services Sciences, vol. 1, no. 1, pp. 83–98, 2008, doi: 10.1504/IJSSCI.2008.017590.

JURNAL TEKNIK INDONESIA - VOL. 07 NO. 02 (Oktober 2026)
P-ISSN 2987-2723
E-ISSN 1987-0933

Analisis Pengaruh Volume Lalu Lintas Terhadap Tingkat Kerusakan Perkerasan Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Budur - Susukan - Tegalgubug)

Agus Kosasih, Juny Andry Sulistyo, Pratikso
Universitas Islam Sultan Agung
E-mail Korespondensi: aguskosasih0877@gmail.com

ABSTRACT

Increasing traffic volume is one of the primary factors contributing to the accelerated deterioration of road pavements, particularly on roads with high traffic mobility. The Budur–Susukan–Tegalgubug Road in Cirebon Regency exhibits various types of surface distress; however, no quantitative study has specifically measured the effect of traffic volume on pavement deterioration along this road section. This study aimed to analyze traffic volume characteristics, evaluate the level of pavement deterioration based on the type and extent of surface distress, and determine the influence of traffic volume on pavement deterioration. This research employed a quantitative approach through field surveys. Primary data were collected from traffic volume surveys and pavement distress identification across eight observation segments. Traffic volume was analyzed using Average Daily Traffic (ADT), while the relationship between traffic volume and pavement deterioration was examined using simple linear regression with the assistance of IBM SPSS Statistics. The results indicate that traffic volume ranged from 2,315 to 2,379 passenger car units per day (pcu/day). Pavement deterioration was classified as moderate, with distress percentages ranging from 6.40% to 14.87%, predominantly consisting of alligator cracking, longitudinal cracking, raveling, rutting, edge deterioration, and patching. The regression analysis produced the equation $Y = -295.407 + 0.131X$, with a correlation coefficient (R) of 0.900, a coefficient of determination (R^2) of 0.811, and a significance value of 0.002 (<0.05). These findings indicate that traffic volume has a positive and statistically significant effect on pavement deterioration, explaining 81.1% of the variation in pavement deterioration, while the remaining 18.9% is influenced by other factors beyond the scope of this study.

Keywords: *Traffic Volume, Average Daily Traffic (ADT), Pavement Deterioration, Simple Linear Regression.*

ABSTRAK

Peningkatan volume lalu lintas berkontribusi terhadap percepatan kerusakan perkerasan jalan, khususnya pada ruas jalan dengan mobilitas kendaraan yang tinggi. Ruas Jalan Budur–Susukan–Tegalgubug di Kabupaten Cirebon menunjukkan berbagai bentuk kerusakan permukaan, namun belum terdapat kajian kuantitatif yang mengukur besarnya pengaruh volume lalu lintas terhadap tingkat kerusakan perkerasan. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik volume lalu lintas, kondisi tingkat kerusakan perkerasan jalan, serta pengaruh volume lalu lintas terhadap tingkat kerusakan perkerasan pada ruas jalan tersebut. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif melalui survei lapangan. Data diperoleh dari survei volume lalu lintas dan identifikasi kerusakan permukaan jalan pada delapan segmen pengamatan. Volume lalu lintas dianalisis menggunakan Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), sedangkan hubungan antara volume lalu lintas dan tingkat kerusakan dianalisis menggunakan regresi linier sederhana dengan bantuan IBM SPSS Statistics. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume lalu lintas berkisar antara 2.315–2.379 smp/hari, sedangkan tingkat kerusakan perkerasan berada pada kategori kerusakan sedang dengan persentase 6,40%–14,87%, yang didominasi oleh retak kulit buaya, retak memanjang, pelepasan butiran, alur roda, kerusakan tepi, dan tambalan. Hasil regresi menghasilkan persamaan $Y = -295,407 + 0,131X$, dengan nilai $R = 0,900$, $R^2 = 0,811$, dan signifikansi 0,002 (<0,05). Hasil tersebut menunjukkan bahwa volume lalu lintas berpengaruh positif dan signifikan terhadap tingkat kerusakan perkerasan jalan, dengan kontribusi sebesar 81,1%, sedangkan 18,9% dipengaruhi oleh faktor lain di luar model penelitian.

Kata Kunci: Volume Lalu Lintas, LHR, Kerusakan Perkerasan Jalan, Regresi Linier Sederhana, Jalan Budur–Susukan–Tegalgubug.

Jurnal Teknik Indonesia by Fakultas Teknik Undaris
is licensed under Creative Commons Attribution 4.0

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi yang berperan penting dalam mendukung mobilitas masyarakat, distribusi barang, dan aktivitas ekonomi antarwilayah. Peningkatan aktivitas transportasi menyebabkan volume kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan semakin besar sehingga perkerasan menerima pembebanan secara berulang. Beban lalu lintas yang bekerja secara terus-menerus dapat mempercepat penurunan kinerja perkerasan apabila tidak diimbangi dengan kapasitas struktur perkerasan dan pemeliharaan yang memadai. Kerusakan perkerasan pada akhirnya dapat menurunkan tingkat pelayanan, kenyamanan, dan keselamatan pengguna jalan.

Volume lalu lintas merupakan salah satu faktor yang berhubungan dengan perkembangan kerusakan perkerasan. Semakin tinggi intensitas kendaraan yang melintas, semakin besar pula frekuensi pembebanan yang diterima lapisan perkerasan. Pengaruh tersebut semakin penting pada ruas yang melayani pergerakan kendaraan campuran, termasuk kendaraan berat, karena pembebanan berulang dapat mempercepat munculnya kerusakan seperti retak kulit buaya, retak memanjang, pelepasan butiran, alur, dan kerusakan tepi. Yoder dan Witczak menjelaskan bahwa kinerja perkerasan sangat berkaitan dengan pembebanan lalu lintas yang bekerja selama umur pelayanan jalan [1].

Sejumlah penelitian telah mengkaji keterkaitan antara lalu lintas dan kondisi perkerasan. Muzakki dan Putra menganalisis kerusakan jalan berdasarkan umur jalan dan volume lalu lintas pada Jalan Lingkar Timur Kabupaten Sidoarjo dan menemukan bahwa volume lalu lintas serta umur jalan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingkat kerusakan, dengan kontribusi sebesar 87,3% pada arah Surabaya–Sidoarjo dan 67% pada arah Sidoarjo–Surabaya [2]. Wardani et al. juga menunjukkan bahwa volume kendaraan berkaitan dengan penurunan kondisi perkerasan pada Jalan Raya Semarang–Boja, dengan kerusakan dominan berupa berbagai jenis retak perkerasan [3]. Temuan tersebut menunjukkan bahwa lalu lintas merupakan salah satu faktor penting dalam proses deteriorasi perkerasan.

Penelitian lainnya lebih banyak menggunakan pendekatan penilaian kondisi dan prioritas penanganan. Palilati et al. menggunakan Metode Bina Marga untuk mengidentifikasi kerusakan dan menentukan kebutuhan pemeliharaan pada ruas Jalan Rambutan, Kota Gorontalo [4]. Marsyanda et al. mengidentifikasi kerusakan pada Jalan Poros Makassar–Maros dan menentukan penanganan berdasarkan nilai

urutan prioritas Metode Bina Marga [5]. Agusmaniza dan Fadhila juga menggunakan Metode Bina Marga untuk menentukan tingkat kerusakan dan program pemeliharaan pada ruas Jalan Ujong Beurasok [6]. Sementara itu, Wahyudi membandingkan metode Bina Marga dan Pavement Condition Index (PCI) dalam mengevaluasi kondisi perkerasan dan menentukan alternatif penanganan jalan [7]. Penelitian-penelitian tersebut memberikan dasar penting dalam identifikasi kondisi perkerasan, tetapi fokus utamanya masih pada penilaian kondisi dan penentuan program penanganan.

Kajian mengenai beban kendaraan juga telah menunjukkan pengaruh lalu lintas terhadap deteriorasi perkerasan. Bagaskara et al. dan Putra et al. menunjukkan bahwa pertumbuhan lalu lintas dan kendaraan dengan beban berlebih dapat mempercepat penurunan umur rencana jalan [8], [9]. Purwahono et al. menemukan bahwa kendaraan overload meningkatkan damage factor secara signifikan dan menyebabkan penurunan umur rencana perkerasan [10]. Di sisi lain, penelitian yang lebih baru oleh Ismawati dan Fitriyanti, Utami dan An-Nisa, serta Tarigan et al. secara langsung mengkaji pengaruh volume kendaraan terhadap tingkat kerusakan jalan pada beberapa ruas dengan perkerasan kaku [11]–[13]. Mulyana et al. juga mengkaji pengaruh karakteristik lalu lintas terhadap kondisi perkerasan menggunakan indikator IRI dan SDI [14]. Hasil berbagai penelitian tersebut memperkuat pentingnya variabel lalu lintas dalam evaluasi kondisi perkerasan.

Meskipun demikian, masih terdapat kesenjangan pada pendekatan analisis yang digunakan. Sebagian penelitian terdahulu berfokus pada penentuan nilai kondisi dan prioritas penanganan menggunakan Bina Marga atau PCI, sedangkan penelitian yang mengukur secara langsung hubungan statistik antara volume lalu lintas dan tingkat kerusakan berdasarkan persentase luas kerusakan aktual pada setiap segmen masih relatif terbatas. Selain itu, belum ditemukan kajian yang secara spesifik menganalisis hubungan tersebut pada Ruas Jalan Budur–Susukan–Tegalgubug di Kabupaten Cirebon. Kondisi ini menunjukkan perlunya pendekatan kuantitatif yang tidak hanya mengidentifikasi jenis kerusakan, tetapi juga mengukur tingkat kerusakan dan menguji besarnya pengaruh volume lalu lintas secara statistik.

Ruas Jalan Budur–Susukan–Tegalgubug merupakan salah satu ruas jalan yang mendukung konektivitas antarwilayah dan aktivitas masyarakat di Kabupaten Cirebon. Hasil pengamatan lapangan menunjukkan

adanya berbagai kerusakan permukaan dengan tingkat penyebaran yang berbeda antarsegmen. Variasi tersebut memberikan peluang untuk menguji apakah perbedaan volume lalu lintas antarsegmen berkaitan dengan perbedaan tingkat kerusakan perkerasan. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang menghubungkan volume lalu lintas sebagai variabel bebas dengan tingkat kerusakan perkerasan sebagai variabel terikat berdasarkan kondisi aktual setiap segmen.

Penelitian ini menggunakan persentase luas kerusakan sebagai indikator tingkat kerusakan perkerasan. Pendekatan tersebut memungkinkan kondisi kerusakan pada setiap segmen dinyatakan dalam ukuran kuantitatif yang selanjutnya dapat dianalisis menggunakan regresi linier sederhana. Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya menghasilkan informasi mengenai jenis dan tingkat kerusakan jalan, tetapi juga memberikan ukuran empiris mengenai kekuatan hubungan dan besarnya kontribusi volume lalu lintas terhadap variasi tingkat kerusakan perkerasan.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik volume lalu lintas pada Ruas Jalan Budur–Susukan–Tegalgubug, menganalisis tingkat kerusakan perkerasan berdasarkan jenis dan luas kerusakan permukaan, serta menentukan besarnya pengaruh volume lalu lintas terhadap tingkat kerusakan perkerasan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi kuantitatif mengenai keterkaitan volume lalu lintas dengan deteriorasi perkerasan serta menjadi dasar yang lebih objektif dalam evaluasi dan perencanaan pemeliharaan jalan.

LANDASAN TEORI

Volume Lalu Lintas dan Lalu Lintas Harian Rata-rata

Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu titik atau ruas jalan dalam periode waktu tertentu. Volume lalu lintas menjadi salah satu parameter penting dalam evaluasi kondisi perkerasan karena kendaraan memberikan pembebanan secara berulang terhadap struktur jalan. Semakin besar intensitas kendaraan yang melintasi suatu ruas, semakin tinggi pula frekuensi pembebanan yang diterima oleh perkerasan selama masa pelayanan jalan. Pembebanan yang berlangsung secara berulang dapat menyebabkan akumulasi deformasi dan penurunan kinerja perkerasan apabila kapasitas struktur tidak mampu mengakomodasi beban lalu lintas yang bekerja [1].

Dalam penelitian ini, karakteristik volume lalu lintas dinyatakan menggunakan Lalu Lintas

Harian Rata-rata (LHR). LHR merupakan nilai rata-rata jumlah kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan dalam satu hari dan digunakan untuk menggambarkan karakteristik volume lalu lintas pada lokasi penelitian. Perhitungan LHR dilakukan dengan membandingkan jumlah kendaraan yang diamati dengan jumlah hari pengamatan, yang secara matematis dinyatakan sebagai:

$$LHR = \frac{\sum Q}{n}$$

Volume lalu lintas memiliki keterkaitan dengan pembebanan yang diterima oleh struktur perkerasan. Semakin tinggi volume kendaraan, semakin sering lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas sehingga potensi terjadinya penurunan kondisi perkerasan juga semakin besar. Hubungan antara volume lalu lintas dan kondisi perkerasan telah ditunjukkan dalam beberapa penelitian terdahulu yang menemukan adanya pengaruh volume kendaraan terhadap kerusakan jalan [2], [3].

Kerusakan Perkerasan Jalan

Kerusakan perkerasan jalan merupakan kondisi menurunnya kemampuan perkerasan dalam memberikan pelayanan akibat pengaruh lalu lintas, kondisi lingkungan, karakteristik material, kondisi struktur, dan faktor pemeliharaan. Kerusakan dapat terjadi pada permukaan maupun bagian struktural perkerasan dan dapat berkembang dari kerusakan ringan menjadi kerusakan yang lebih serius apabila tidak ditangani.

Pada perkerasan lentur, kerusakan yang umum ditemukan antara lain retak kulit buaya (alligator cracking), retak memanjang (longitudinal cracking), pelepasan butiran (raveling), alur (rutting), kerusakan tepi (edge distress), dan tambalan (patching). Setiap jenis kerusakan memiliki karakteristik dan mekanisme yang berbeda, tetapi keberadaannya secara keseluruhan dapat digunakan untuk menggambarkan penurunan kondisi permukaan perkerasan.

Identifikasi kerusakan secara visual merupakan tahap penting dalam memperoleh kondisi aktual jalan. Beberapa penelitian terdahulu menggunakan Metode Bina Marga untuk mengidentifikasi jenis kerusakan dan menentukan prioritas penanganan jalan [4]–[6]. Penilaian kondisi juga dapat dilakukan menggunakan metode Pavement Condition Index (PCI), seperti yang digunakan Wahyudi dalam membandingkan kondisi perkerasan berdasarkan PCI dan Bina Marga [7].

Berbeda dengan penelitian yang menggunakan nilai indeks kondisi atau urutan prioritas sebagai indikator utama, penelitian ini menggunakan persentase luas kerusakan terhadap luas segmen

jalan sebagai indikator kuantitatif tingkat kerusakan. Pendekatan tersebut memungkinkan tingkat kerusakan antarsegmen dibandingkan berdasarkan besarnya area perkerasan yang mengalami kerusakan.

Persentase Luas Kerusakan

Tingkat kerusakan perkerasan dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan persentase luas permukaan jalan yang mengalami kerusakan terhadap luas keseluruhan segmen yang diamati. Pendekatan ini digunakan untuk mengubah hasil survei visual menjadi nilai kuantitatif sehingga tingkat kerusakan setiap segmen dapat dibandingkan secara objektif. Persentase luas kerusakan dihitung menggunakan persamaan:

$$Pk = \frac{Lk}{Ls} \times 100\% \quad (1)$$

dengan Pk adalah persentase kerusakan (%), Lk adalah luas total kerusakan pada segmen (m²), dan Ls adalah luas total segmen jalan yang diamati (m²). Luas masing-masing kerusakan diperoleh melalui pengukuran dimensi kerusakan di lapangan. Untuk kerusakan yang memiliki bentuk yang dapat didekati sebagai persegi panjang, luas kerusakan dihitung berdasarkan perkalian panjang dan lebar:

$$Lk = p \times l \quad (2)$$

dengan p merupakan panjang kerusakan (m) dan l merupakan lebar kerusakan (m). Apabila dalam satu segmen ditemukan beberapa lokasi atau jenis kerusakan, luas seluruh kerusakan dijumlahkan untuk memperoleh luas total kerusakan segmen.

Klasifikasi Tingkat Kerusakan Perkerasan

Dalam penelitian ini, tingkat kerusakan perkerasan ditentukan berdasarkan persentase luas kerusakan terhadap luas total segmen jalan. Klasifikasi tingkat kerusakan yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Kerusakan Perkerasan

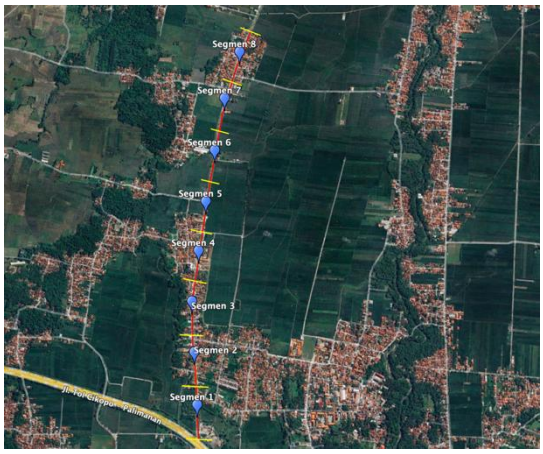
Persentase Luas Kerusakan	Tingkat Kerusakan
0–5%	Ringan
>5–15%	Sedang
>15%	Berat

Berdasarkan klasifikasi tersebut, semakin besar persentase luas kerusakan maka semakin tinggi tingkat kerusakan perkerasan pada segmen yang diamati. Klasifikasi ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menginterpretasikan kondisi masing-masing segmen pada Ruas Jalan Budur–Susukan–Tegalgubug.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif analitik untuk menganalisis hubungan dan pengaruh volume lalu lintas terhadap tingkat kerusakan perkerasan jalan. Lokasi penelitian berada pada

Ruas Jalan Budur–Susukan–Tegalgubug, Kabupaten Cirebon, dengan unit analisis berupa delapan segmen jalan, yaitu STA 0+175–2+575. Variabel bebas (X) adalah volume lalu lintas, sedangkan variabel terikat (Y) adalah tingkat kerusakan perkerasan jalan.



Gambar 1. Pembagian Segmen Penelitian

Berdasarkan pembagian tersebut, setiap segmen akan menjadi satu unit analisis yang terdiri atas data volume lalu lintas dan data kondisi kerusakan perkerasan jalan.

Tabel 2. Klasifikasi Tingkat Kerusakan Perkerasan

Segmen	STA Awal	STA Akhir	Panjang Segmen (m)
I	0+175	0+475	300
II	0+475	0+775	300
III	0+775	1+075	300
IV	1+075	1+375	300
V	1+375	1+675	300
VI	1+675	1+975	300
VII	1+975	2+275	300
VIII	2+275	2+575	300

Data primer diperoleh melalui survei traffic counting dan survei visual kondisi perkerasan. Volume kendaraan dikelompokkan menjadi sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV), kemudian dikonversi ke satuan mobil penumpang (smp) menggunakan nilai ekivalensi MC = 0,25, LV = 1,00, dan HV = 1,20. LHR dihitung berdasarkan hasil konversi tersebut sehingga diperoleh volume lalu lintas dalam satuan smp/hari. Data kondisi perkerasan diperoleh melalui identifikasi jenis kerusakan dan pengukuran dimensi kerusakan pada setiap segmen, sedangkan dokumentasi foto digunakan sebagai pendukung hasil survei. Penilaian dibatasi pada kerusakan permukaan secara visual tanpa pengujian struktural seperti FWD dan coring.

Tingkat kerusakan perkerasan ditentukan berdasarkan perbandingan luas total kerusakan dengan luas segmen jalan. Luas setiap kerusakan dihitung dari hasil pengukuran panjang dan lebar, kemudian dijumlahkan untuk memperoleh luas kerusakan total. Persentase kerusakan dihitung dengan persamaan 1.

Analisis data dilakukan dalam tiga tahap, yaitu analisis karakteristik LHR, analisis tingkat kerusakan, dan analisis hubungan volume lalu

lintas dengan tingkat kerusakan. Hubungan kedua variabel diuji menggunakan korelasi Pearson, sedangkan besarnya pengaruh dianalisis menggunakan regresi linier sederhana dengan bantuan IBM SPSS Statistics. Model regresi dinyatakan sebagai:

$$Y = a + bX \quad (3)$$

dengan Y adalah persentase kerusakan, X adalah volume lalu lintas, a adalah konstanta, dan b adalah koefisien regresi. Kekuatan hubungan dinilai melalui koefisien korelasi (R), sedangkan kontribusi volume lalu lintas terhadap variasi tingkat kerusakan ditentukan melalui koefisien determinasi (R^2). Pengujian signifikansi dilakukan pada α=0,05, dengan volume lalu lintas dinyatakan berpengaruh signifikan apabila nilai signifikansi <0,05. Pendekatan analisis ini sesuai dengan rancangan penelitian yang secara khusus menggunakan korelasi Pearson dan R^2) untuk mengukur hubungan kuantitatif antara volume lalu lintas dan tingkat kerusakan.

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Analisis Volume Lalu Lintas

Hasil pengolahan data survei menunjukkan bahwa volume lalu lintas pada Ruas Jalan Budur–Susukan–Tegalgubug memiliki variasi antarsegmen yang relatif kecil. Nilai volume lalu lintas terendah terdapat pada Segmen I sebesar 2.315 kendaraan/hari, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada Segmen V sebesar 2.379 kendaraan/hari. Rekapitulasi volume lalu lintas setiap segmen disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Volume Lalu Lintas pada Setiap Segmen

Segmen	STA	Volume Lalu Lintas (kendaraan/hari)
I	0+175–0+475	2.315
II	0+475–0+775	2.338
III	0+775–1+075	2.352
IV	1+075–1+375	2.364
V	1+375–1+675	2.379
VI	1+675–1+975	2.367
VII	1+975–2+275	2.341
VIII	2+275–2+575	2.322

Berdasarkan Tabel 3, volume lalu lintas meningkat dari Segmen I hingga Segmen V, kemudian menurun pada Segmen VI sampai Segmen VIII. Rentang volume hanya sebesar 64 kendaraan/hari, yaitu dari 2.315 hingga 2.379 kendaraan/hari. Pola tersebut menunjukkan bahwa karakteristik volume lalu lintas relatif homogen sepanjang ruas, tetapi tetap terdapat variasi yang cukup untuk digunakan dalam analisis hubungan dengan tingkat kerusakan perkerasan.

Data volume lalu lintas tersebut selanjutnya dipasangkan dengan nilai persentase kerusakan pada segmen yang sama. Dengan demikian, diperoleh delapan pasangan data yang digunakan

sebagai dasar analisis korelasi dan regresi.

Analisis Tingkat Kerusakan Perkerasan

Analisis tingkat kerusakan dilakukan berdasarkan luas kerusakan permukaan dibandingkan dengan luas setiap segmen. Setiap segmen memiliki luas 1.500 m², yang diperoleh dari panjang segmen sekitar 300 m dan lebar perkerasan rata-rata 5 m. Persentase kerusakan dihitung menggunakan persamaan 1. Sebagai contoh, pada Segmen I diperoleh luas total kerusakan sebesar 96 m². Dengan luas segmen sebesar 1.500 m², persentase kerusakan dihitung sebagai berikut:

$$P = \frac{96}{1.500} \times 100\% = 6{,}40\%$$

Dengan prosedur yang sama, diperoleh hasil tingkat kerusakan pada seluruh segmen sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tingkat Kerusakan Perkerasan Setiap Segmen

Segmen	Persentase (%)	Kategori
I	6,40	Sedang
II	7,87	Sedang
III	10,87	Sedang
IV	14,27	Sedang
V	14,87	Sedang
VI	14,73	Sedang
VII	12,40	Sedang
VIII	9,47	Sedang

Hasil menunjukkan bahwa seluruh segmen termasuk kategori kerusakan sedang. Persentase kerusakan terendah terdapat pada Segmen I sebesar 6,40%, sedangkan tertinggi pada Segmen V sebesar 14,87%. Segmen IV, V, dan VI memiliki tingkat kerusakan paling tinggi, masing-masing sebesar 14,27%, 14,87%, dan 14,73%, sehingga ketiganya berada sangat dekat dengan batas atas kategori kerusakan sedang.

Kerusakan yang ditemukan didominasi oleh retak kulit buaya, pelepasan butiran, retak memanjang, alur roda, kerusakan tepi, dan tambalan. Pola luas kerusakan juga menunjukkan kecenderungan yang relatif sama dengan pola volume lalu lintas, terutama pada Segmen IV–VI yang memiliki volume dan persentase kerusakan relatif tinggi.

Hubungan Volume Lalu Lintas dengan Tingkat Kerusakan

Untuk mengetahui hubungan antara volume lalu lintas dan tingkat kerusakan perkerasan, kedua variabel dibandingkan pada delapan segmen penelitian. Rekapitulasi pasangan data disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Tingkat Kerusakan Perkerasan Setiap Segmen

Segmen	Volume Lalu Lintas (kendaraan /hari)	Kerusakan (%)
I	2.315	6,40
II	2.338	7,87
III	2.352	10,87
IV	2.364	14,27

Segmen	Volume Lalu Lintas (kendaraan /hari)	Kerusakan (%)
V	2.379	14,87
VI	2.367	14,73
VII	2.341	12,40
VIII	2.322	9,47

Secara visual, peningkatan volume lalu lintas cenderung diikuti oleh peningkatan persentase kerusakan. Kecenderungan tersebut terlihat dari Segmen I yang memiliki volume 2.315 kendaraan/hari dan kerusakan 6,40%, sedangkan Segmen V memiliki volume tertinggi sebesar 2.379 kendaraan/hari dengan kerusakan 14,87%. Pola ini menunjukkan hubungan positif antara kedua variabel dan selanjutnya diuji secara statistik menggunakan korelasi Pearson dan regresi linier sederhana.

Analisis Korelasi

Analisis korelasi Pearson digunakan untuk mengetahui kekuatan dan arah hubungan antara volume lalu lintas dan tingkat kerusakan perkerasan. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh koefisien korelasi sebesar:

$$r = 0{,}900$$

Nilai tersebut berada pada rentang 0,80–1,00, sehingga hubungan antara volume lalu lintas dan tingkat kerusakan termasuk kategori sangat kuat. Nilai positif menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel bersifat searah, yaitu peningkatan volume lalu lintas cenderung diikuti peningkatan tingkat kerusakan perkerasan.

Hasil ini menunjukkan bahwa variasi volume lalu lintas antarsegmen memiliki hubungan yang kuat dengan variasi persentase kerusakan perkerasan pada ruas yang diteliti.

Analisis Regresi Linier Sederhana

Regresi linier sederhana digunakan untuk mengetahui bentuk hubungan dan besarnya pengaruh volume lalu lintas terhadap tingkat kerusakan perkerasan. Berdasarkan hasil pengolahan menggunakan IBM SPSS Statistics, diperoleh persamaan regresi:

$$Y = -295{,}407 + 0{,}131X$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa koefisien regresi volume lalu lintas bernilai positif sebesar 0,131. Artinya, secara matematis setiap peningkatan 1 kendaraan/hari pada volume lalu lintas diperkirakan diikuti peningkatan persentase kerusakan sebesar 0,131% berdasarkan model yang diperoleh. Nilai tersebut merupakan koefisien model pada rentang data penelitian dan tidak dimaksudkan sebagai hubungan kausal absolut di luar rentang pengamatan.

Hasil Model Summary menunjukkan nilai R = 0,900 dan R^2 = 0,811. Dengan demikian:

$$R^2 = 0{,}811 \times 100\% = 81{,}1\%$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa 81,1% variasi

tingkat kerusakan perkerasan dapat dijelaskan oleh volume lalu lintas, sedangkan 18,9% lainnya berkaitan dengan faktor lain yang tidak dimasukkan dalam model. Nilai Adjusted R Square sebesar 0,779 menunjukkan bahwa setelah penyesuaian terhadap jumlah sampel dan variabel, kemampuan penjelasan model tetap sebesar 77,9%. Sementara itu, Standard Error of the Estimate sebesar 1,52639 menunjukkan besarnya galat estimasi model.

Uji Signifikansi Model

Kelayakan model regresi diuji menggunakan uji F. Hasil analisis menunjukkan nilai F hitung sebesar 25,684 dengan nilai signifikansi 0,002. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05, model regresi dinyatakan signifikan. Dengan demikian, model yang menggunakan volume lalu lintas sebagai variabel prediktor secara statistik mampu menjelaskan variasi tingkat kerusakan perkerasan.

Selanjutnya, uji t digunakan untuk menguji pengaruh volume lalu lintas secara parsial terhadap tingkat kerusakan. Hasil pengujian menghasilkan t hitung = 5,068 dengan Sig. = 0,002. Karena 0,002 < 0,05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. H_0 dalam penelitian ini menyatakan bahwa volume lalu lintas tidak berpengaruh signifikan terhadap tingkat kerusakan perkerasan, sedangkan H_1 menyatakan bahwa volume lalu lintas berpengaruh signifikan terhadap tingkat kerusakan perkerasan.

Dengan demikian, hasil uji statistik membuktikan bahwa volume lalu lintas berpengaruh positif dan signifikan terhadap tingkat kerusakan perkerasan jalan pada Ruas Jalan Budur–Susukan–Tegalgubug. Hasil ini memperkuat temuan bahwa segmen dengan volume lalu lintas relatif lebih tinggi cenderung memiliki persentase kerusakan yang lebih besar. Hasil Model Summary, ANOVA, dan koefisien regresi dalam dokumen penelitian menunjukkan konsistensi antara kekuatan hubungan, kelayakan model, dan signifikansi pengaruh variabel volume lalu lintas.

Sintesis Hasil Analisis

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan pola yang konsisten antara volume lalu lintas dan tingkat kerusakan perkerasan. Volume lalu lintas berada pada rentang 2.315–2.379 kendaraan/hari, sedangkan tingkat kerusakan berada pada rentang 6,40–14,87% dan seluruhnya termasuk kategori sedang. Hubungan kedua variabel sangat kuat dengan R = 0,900, sementara nilai R^2 = 0,811 menunjukkan bahwa volume lalu lintas menjelaskan 81,1% variasi tingkat kerusakan pada delapan segmen yang dianalisis. Signifikansi model sebesar 0,002 dan

nilai t = 5,068 semakin memperkuat bahwa pengaruh tersebut signifikan secara statistik.

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis volume lalu lintas dan tingkat kerusakan perkerasan pada Ruas Jalan Budur–Susukan–Tegalgubug, dapat disimpulkan bahwa volume lalu lintas pada delapan segmen berkisar antara 2.315–2.379 kendaraan/hari, dengan volume tertinggi pada Segmen V sebesar 2.379 kendaraan/hari dan terendah pada Segmen I sebesar 2.315 kendaraan/hari. Tingkat kerusakan perkerasan berada pada rentang 6,40–14,87% dan seluruh segmen termasuk kategori kerusakan sedang, dengan kerusakan dominan berupa retak kulit buaya, retak memanjang, pelepasan butiran, alur roda, kerusakan tepi, dan tambalan.

Analisis statistik menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat dan positif antara volume lalu lintas dan tingkat kerusakan perkerasan, dengan nilai R = 0,900. Hasil regresi menghasilkan persamaan Y = −295,407 + 0,131X dan nilai R^2 = 0,811, yang menunjukkan bahwa volume lalu lintas mampu menjelaskan 81,1% variasi tingkat kerusakan perkerasan, sedangkan 18,9% dipengaruhi faktor lain di luar model. Pengaruh tersebut terbukti signifikan berdasarkan nilai t = 5,068 dan Sig. = 0,002 < 0,05.

DAFTAR PUSTAKA

[1] E. J. Yoder and M. W. Witczak, Principles of Pavement Design, 2nd ed. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, 1975.

[2] A. H. Muzakki and H. K. Putra, “Analisis kerusakan jalan ditinjau dari umur jalan dan volume lalu lintas (Studi kasus: Jalan Lingkar Timur–Kabupaten Sidoarjo),” 2021.

[3] A. Wardani et al., “Analisis kerusakan jalan akibat volume kendaraan: Studi kasus Jalan Raya Semarang Boja Km 38–42,” 2020.

[4] M. P. Palilati et al., “Analisis pengaruh volume kendaraan terhadap tingkat kerusakan jalan dengan metode Bina Marga,” 2024.

[5] A. U. Marsyanda et al., “Analisis kerusakan jalan dan cara penanggulangannya (Studi kasus Jalan Poros Makassar–Maros),” 2022.

[6] R. Agusmaniza and F. D. Fadhila, “Analisa tingkat kerusakan jalan dengan metode Bina Marga (Studi kasus Jalan Ujung Beurasok STA 0+000–STA 0+700),” 2019.

[7] F. Wahyudi, “Analisa kerusakan perkerasan jalan menurut metode Bina Marga dan PCI (Pavement Condition Index) serta alternatif penanganannya (Studi kasus ruas Jalan Kota Bangun–Gusik),” 2018.

[11] I. Ismawati and F. Fitriyanti, “Pengaruh volume kendaraan terhadap tingkat kerusakan jalan pada perkerasan rigid di Desa Labokong, Kabupaten Soppeng,” Jurnal Teknik Sipil Universitas Lamappapoleonro, 2023.

[12] A. Utami and Z. A. An-Nisa, “Pengaruh volume kendaraan terhadap tingkat kerusakan jalan pada perkerasan kaku di Kota Tangerang,” Ge-STRAM: Jurnal

Perencanaan dan Rekayasa Sipil, 2024.

[13] G. Tarigan, J. Sarifah, and R. H. Permana, "Pengaruh volume kendaraan terhadap tingkat kerusakan jalan pada perkerasan rigid di Kota Tebing Tinggi," Buletin Utama Teknik, 2025.

[14] S. Mulyana, E. Walujodjati, and S. Fauzyah, "Pengaruh karakteristik lalu lintas terhadap kondisi perkerasan jalan menggunakan IRI dan SDI," Jurnal Konstruksi, Institut Teknologi Garut, 2025.

JURNAL TEKNIK INDONESIA - VOL. 07 NO. 02 (Oktober 2026)
P-ISSN 2987-2723
E-ISSN 1987-0933

Analisis Perbandingan Efisiensi Sistem Ruspin Dan Metode Konvensional Pada Pembangunan Rumah Berbasis Komunitas Dan Swadaya Di Kabupaten Brebes

Irfanuddin, Kartono Wibowo, Soedarsono
Universitas Islam Sultan Agung
E-mail Korespondensi: supermenahonk @gmail.com

ABSTRACT

This study aims to analyze the efficiency level of the Instant Panel Superior House System (RUSPIN) and conventional construction methods in house construction and to determine the efficiency differences between the two methods in terms of cost, time, work quality, labor productivity, and ease of implementation. The study employed a quantitative comparative approach involving 80 respondents, consisting of 40 respondents from the RUSPIN group and 40 respondents from the conventional group. Data were collected using a Likert-scale questionnaire and analyzed through descriptive analysis, validity testing, reliability testing, Shapiro–Wilk normality testing, and the Mann–Whitney U test. The descriptive analysis showed that the RUSPIN system had a higher efficiency level than the conventional method for all research variables, namely cost efficiency (4.4000; 3.2375), time efficiency (4.4375; 3.2875), work quality (4.1525; 3.9062), labor productivity (4.4250; 3.8563), and ease of implementation (4.4812; 2.5000). The Mann–Whitney U test results indicated that all variables had Asymp. Sig. (2-tailed) values < 0.001, indicating significant differences between the RUSPIN system and conventional construction methods. The mean rank values of the RUSPIN group were higher than those of the conventional group for all research variables. Based on the findings, it can be concluded that the RUSPIN system is descriptively and statistically more efficient than conventional construction methods in terms of cost, time, work quality, labor productivity, and ease of implementation in house construction. Therefore, the RUSPIN system has the potential to become a more effective and efficient alternative construction method for public housing development.

Keywords: *RUSPIN, conventional construction, cost efficiency, time efficiency, labor productivity, work quality, ease of implementation.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat efisiensi sistem Rumah Unggul Sistem Panel Instan (RUSPIN) dan metode konstruksi konvensional pada pembangunan rumah serta mengetahui perbedaan efisiensi antara kedua metode tersebut ditinjau dari aspek biaya, waktu, kualitas hasil pekerjaan, produktivitas tenaga kerja, dan kemudahan pelaksanaan. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif komparatif dengan jumlah responden sebanyak 80 orang, terdiri atas 40 responden kelompok RUSPIN dan 40 responden kelompok konvensional. Data dikumpulkan melalui kuesioner skala Likert dan dianalisis menggunakan analisis deskriptif, uji validitas, uji reliabilitas, uji normalitas Shapiro–Wilk, dan uji Mann–Whitney U. Hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa sistem RUSPIN memiliki tingkat efisiensi lebih tinggi dibandingkan metode konvensional pada seluruh variabel penelitian, yaitu efisiensi biaya (4,4000; 3,2375), efisiensi waktu (4,4375; 3,2875), kualitas hasil pekerjaan (4,1525; 3,9062), produktivitas tenaga kerja (4,4250; 3,8563), dan kemudahan pelaksanaan (4,4812; 2,5000). Hasil uji Mann–Whitney U menunjukkan seluruh variabel memiliki nilai signifikansi Asymp. Sig. (2-tailed) < 0,001, sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara sistem RUSPIN dan metode konstruksi konvensional. Nilai mean rank kelompok RUSPIN lebih tinggi dibandingkan kelompok konvensional pada seluruh variabel penelitian. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sistem RUSPIN secara deskriptif maupun statistik lebih efisien dibandingkan metode konstruksi konvensional pada aspek biaya, waktu, kualitas hasil pekerjaan, produktivitas tenaga kerja, dan kemudahan pelaksanaan pembangunan rumah, sehingga berpotensi menjadi alternatif metode konstruksi yang lebih efektif dan efisien untuk pembangunan perumahan masyarakat.

Kata Kunci: RUSPIN, konstruksi konvensional, efisiensi biaya, efisiensi waktu, produktivitas tenaga

Jurnal Teknik Indonesia by Fakultas Teknik Undaris
is licensed under Creative Commons Attribution 4.0

kerja, kualitas pekerjaan, kemudahan pelaksanaan.

PENDAHULUAN

Penyediaan rumah yang layak dan terjangkau merupakan salah satu kebutuhan penting dalam pembangunan permukiman di Indonesia. Kebutuhan tersebut menjadi semakin kompleks pada kelompok masyarakat berpenghasilan rendah (MBR), karena keterbatasan daya beli berhadapan dengan meningkatnya biaya lahan dan biaya konstruksi. Kondisi tersebut mendorong perlunya inovasi dalam teknologi dan metode pembangunan rumah yang tidak hanya mampu memenuhi persyaratan teknis, tetapi juga dapat dilaksanakan secara efisien dari aspek biaya, waktu, tenaga kerja, kualitas, dan kemudahan pelaksanaan. Permasalahan keterjangkauan perumahan juga masih menjadi perhatian di Kabupaten Brebes, terutama dalam penyediaan rumah berbasis komunitas dan rumah swadaya bagi masyarakat yang membutuhkan dukungan pembangunan perumahan. Dokumen penelitian mencatat bahwa kebutuhan perumahan bagi MBR di Kabupaten Brebes berkaitan dengan keterbatasan daya beli, akses pembiayaan, harga lahan, dan biaya konstruksi yang belum selalu sesuai dengan kemampuan masyarakat. [1]

Metode konstruksi konvensional masih banyak digunakan dalam pembangunan rumah karena relatif dikenal oleh pelaksana dan masyarakat serta memiliki ketersediaan tenaga kerja yang luas. Namun, pelaksanaan konstruksi secara konvensional yang sebagian besar dilakukan di lokasi proyek dapat menghadapi berbagai kendala, seperti ketergantungan terhadap kondisi lapangan, penggunaan material yang kurang terkendali, kebutuhan tenaga kerja yang relatif besar, serta waktu pelaksanaan yang lebih panjang. Kondisi tersebut dapat memengaruhi efisiensi keseluruhan pembangunan rumah, khususnya apabila pembangunan dilakukan dalam jumlah besar dan dengan keterbatasan sumber daya. Oleh karena itu, diperlukan alternatif teknologi konstruksi yang mampu meningkatkan produktivitas dan mengurangi ketergantungan terhadap pekerjaan yang dilakukan secara konvensional di lapangan.

Salah satu alternatif teknologi yang dikembangkan untuk mendukung pembangunan rumah adalah Rumah Unggul Sistem Panel Instan (RUSPIN). RUSPIN merupakan sistem konstruksi berbasis komponen dan panel yang diproduksi secara lebih terstandar dan selanjutnya dirakit pada lokasi pembangunan. Pendekatan tersebut memberikan karakteristik yang berbeda dibandingkan metode konvensional karena sebagian proses pekerjaan dapat dilakukan melalui sistem komponen yang

lebih terkontrol. Penggunaan komponen panel juga berpotensi mempercepat proses pemasangan dan mengurangi kompleksitas pekerjaan di lapangan. Dalam penerapannya, RUSPIN telah digunakan dalam pembangunan rumah berbasis komunitas di Kabupaten Brebes sejak tahun 2021, antara lain di Desa Paguyangan dan Desa Cilibur, sehingga tersedia objek pembangunan yang dapat dibandingkan dengan pembangunan rumah swadaya yang menggunakan metode konvensional. [2]

Efisiensi RUSPIN dibandingkan metode konvensional telah menjadi perhatian dalam beberapa penelitian terdahulu, tetapi hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa keunggulan teknologi prefabrikasi tidak selalu sama pada setiap lokasi dan kondisi proyek. Umam [3], misalnya, menunjukkan bahwa penggunaan RUSPIN dapat menghasilkan waktu pelaksanaan yang lebih cepat dibandingkan konstruksi konvensional, tetapi dari sisi biaya selisihnya relatif kecil dan pada kondisi tertentu konstruksi konvensional dapat lebih murah. Penelitian Pratama [4] yang membandingkan metode konvensional, RISHA, dan RUSPIN menunjukkan bahwa RUSPIN memiliki biaya pembangunan yang lebih rendah dan waktu pelaksanaan yang lebih singkat dibandingkan metode lainnya. Pada sisi lain, Rafik et al. [5] menemukan bahwa biaya pembangunan RUSPIN dapat lebih tinggi dibandingkan metode konvensional pada lokasi tertentu akibat faktor biaya pengiriman panel hasil fabrikasi.

Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa kajian mengenai RUSPIN masih banyak difokuskan pada aspek tertentu, seperti perbandingan biaya dan waktu, kesesuaian terhadap ketentuan teknis, atau kenyamanan hunian. Syifa dan Zain [6] membahas manajemen pembangunan perumahan berbasis komunitas bagi MBR dan menunjukkan bahwa pelaksanaan pembangunan dengan sistem RUSPIN telah mengacu pada ketentuan teknis yang berlaku. Sementara itu, kajian Aqliansyah et al. [7] lebih menekankan aspek kenyamanan hunian. Dengan demikian, masih terdapat ruang penelitian untuk melakukan evaluasi yang lebih komprehensif dengan membandingkan RUSPIN dan metode konvensional berdasarkan beberapa dimensi efisiensi secara bersamaan. Dokumen penelitian sebelumnya juga mengidentifikasi bahwa kajian terdahulu belum secara langsung mengintegrasikan aspek efisiensi biaya, waktu, kualitas, produktivitas tenaga kerja, dan kemudahan pelaksanaan dalam konteks pembangunan rumah berbasis komunitas dan swadaya di Kabupaten Brebes.

Berdasarkan kondisi tersebut, efisiensi penerapan metode konstruksi dalam penelitian ini tidak hanya dipahami sebagai kemampuan mengurangi biaya atau mempercepat waktu pembangunan. Efisiensi dianalisis secara multidimensi melalui lima variabel, yaitu efisiensi biaya, efisiensi waktu, kualitas hasil pekerjaan, produktivitas tenaga kerja, dan kemudahan pelaksanaan. Kelima variabel tersebut dinilai berdasarkan persepsi stakeholder yang terlibat langsung dalam pelaksanaan pembangunan rumah. Setiap variabel diukur menggunakan empat item pernyataan dengan skala Likert lima tingkat, sehingga diperoleh data kuantitatif yang dapat digunakan untuk membandingkan kedua metode konstruksi secara statistik.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif komparatif dengan melibatkan 80 responden, yang terdiri atas 40 responden kelompok RUSPIN dan 40 responden kelompok konstruksi konvensional. Analisis dilakukan melalui statistik deskriptif untuk mengetahui tingkat efisiensi masing-masing metode berdasarkan nilai rata-rata, kemudian dilanjutkan dengan pengujian statistik inferensial untuk mengetahui signifikansi perbedaan antara kedua kelompok. Pengujian kualitas instrumen dilakukan melalui uji validitas dan reliabilitas, sedangkan pengujian distribusi data digunakan sebagai dasar dalam menentukan metode statistik perbandingan. Hasil penelitian selanjutnya dibandingkan pada kelima variabel sehingga keunggulan dan perbedaan penerapan kedua metode dapat ditunjukkan secara kuantitatif.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat efisiensi penerapan sistem RUSPIN dan metode konstruksi konvensional pada pembangunan rumah berbasis komunitas dan swadaya di Kabupaten Brebes berdasarkan persepsi stakeholder, serta menganalisis perbedaan efisiensi antara kedua metode konstruksi tersebut. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan bukti empiris mengenai tingkat keunggulan RUSPIN pada aspek biaya, waktu, kualitas hasil pekerjaan, produktivitas tenaga kerja, dan kemudahan pelaksanaan, sekaligus menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah, pelaksana konstruksi, dan pemangku kepentingan dalam menentukan metode pembangunan rumah yang lebih efisien dan sesuai dengan karakteristik pelaksanaan di daerah.

LANDASAN TEORI

Efisiensi Metode Konstruksi

Efisiensi konstruksi menunjukkan kemampuan suatu metode dalam mencapai hasil pembangunan dengan penggunaan sumber daya secara optimal. Efisiensi tidak hanya ditinjau dari

biaya dan waktu, tetapi juga dari kualitas hasil pekerjaan, produktivitas tenaga kerja, dan kemudahan pelaksanaan. Pada penelitian ini, kelima aspek tersebut digunakan untuk membandingkan kinerja sistem RUSPIN dan metode konstruksi konvensional [7]–[4].

Sistem RUSPIN dan Konstruksi Konvensional

Rumah Unggul Sistem Panel Instan (RUSPIN) merupakan teknologi konstruksi berbasis komponen panel yang dirakit di lokasi pembangunan. Penggunaan komponen yang lebih terstandar memungkinkan proses pemasangan dilakukan secara lebih sistematis dan berpotensi mempercepat pelaksanaan konstruksi serta meningkatkan kemudahan pekerjaan [8], [9]. Sementara itu, metode konvensional sebagian besar melaksanakan proses pembentukan dan pemasangan material secara langsung di lokasi proyek. Perbedaan karakteristik kedua metode tersebut menjadi dasar untuk membandingkan efisiensi pelaksanaannya.

Indikator Efisiensi

Efisiensi biaya menunjukkan kemampuan metode konstruksi dalam mengoptimalkan penggunaan biaya material dan tenaga kerja. Efisiensi waktu menunjukkan kemampuan menyelesaikan pekerjaan secara lebih cepat sesuai target. Kualitas hasil pekerjaan berkaitan dengan mutu dan konsistensi hasil konstruksi, sedangkan produktivitas tenaga kerja menunjukkan kemampuan tenaga kerja menghasilkan pekerjaan secara efektif. Kemudahan pelaksanaan berkaitan dengan kemudahan pemasangan, penggunaan material, dan pelaksanaan pekerjaan di lapangan [8], [4]–[12]. Pada teknologi konstruksi modular, penggunaan komponen yang telah diproduksi sebelumnya dapat mengurangi sebagian pekerjaan di lapangan dan berpotensi meningkatkan kecepatan serta produktivitas. Namun, tingkat efisiensi tetap dipengaruhi oleh kondisi proyek, biaya material, transportasi, tenaga kerja, dan sistem pelaksanaan sehingga perlu dibuktikan melalui perbandingan pada kondisi aktual [7], [4].

Pengukuran Efisiensi

Penelitian ini menggunakan kuesioner dengan skala Likert lima tingkat untuk mengukur persepsi stakeholder terhadap lima indikator efisiensi. Nilai rata-rata (mean) digunakan untuk menentukan tingkat efisiensi masing-masing metode. Interpretasi mean dibagi menjadi lima kategori, yaitu 1,00–1,80 sangat tidak efisien; 1,81–2,60 tidak efisien; 2,61–3,40 cukup efisien; 3,41–4,20 efisien; dan 4,21–5,00 sangat efisien.

Analisis Perbedaan

Perbedaan tingkat efisiensi antara kelompok RUSPIN dan konvensional dianalisis secara statistik. Setelah dilakukan uji normalitas, data yang tidak memenuhi asumsi normalitas dianalisis menggunakan Mann–Whitney U. Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara dua kelompok independen. Hipotesis penelitian adalah H_0: tidak terdapat perbedaan efisiensi antara RUSPIN dan konstruksi konvensional, sedangkan H_1: terdapat perbedaan efisiensi antara kedua metode. Keputusan dilakukan pada taraf signifikansi 5%, dengan nilai Asymp. Sig. < 0,05 menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif komparatif untuk membandingkan tingkat efisiensi sistem Rumah Unggul Sistem Panel Instan (RUSPIN) dengan metode konstruksi konvensional pada pembangunan rumah. Efisiensi dianalisis berdasarkan lima variabel, yaitu efisiensi biaya, efisiensi waktu, kualitas hasil pekerjaan, produktivitas tenaga kerja, dan kemudahan pelaksanaan. Lokasi Penelitian akan dilakukan di 4 tempat, perumahan Berbasis Komunitas terletak di Desa Paguyangan, Cilibur, Kecamatan Paguyangan (-7.29125, 109.0572086) sedangkan untuk Rumah Swadaya Desa Kebogadung, Bojong, Kecamatan Jatibarang (-6.9457, 109.04180). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah pihak yang terlibat langsung dalam pembangunan rumah menggunakan sistem RUSPIN maupun metode konstruksi konvensional. Responden meliputi kontraktor, mandor, pengawas, tenaga teknis, fasilitator, dan masyarakat yang memiliki pengalaman atau pengetahuan terhadap pelaksanaan pembangunan rumah. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan purposive sampling, dengan kriteria responden memiliki keterlibatan langsung dalam pekerjaan konstruksi, memahami proses pelaksanaan pembangunan, serta bersedia memberikan

penilaian melalui kuesioner. Jumlah sampel sebanyak 80 responden, terdiri atas 40 responden kelompok RUSPIN dan 40 responden kelompok konvensional. Pembagian jumlah yang sama digunakan agar perbandingan kedua kelompok dapat dilakukan secara seimbang.

Variabel dan Instrumen Penelitian

Variabel penelitian terdiri atas lima aspek efisiensi. Masing-masing variabel diukur menggunakan empat item pernyataan dengan skala Likert 1–5. Struktur variabel penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Kode	Jumlah Item
Efisiensi Biaya	X_1	4
Efisiensi Waktu	X_2	4
Kualitas Hasil Pekerjaan	X_3	4
Produktivitas Tenaga Kerja	X_4	4
Kemudahan Pelaksanaan	X_5	4

Skala penilaian yang digunakan adalah skor 1 sampai 5, dengan skor yang semakin tinggi menunjukkan penilaian efisiensi yang semakin baik. Nilai rata-rata setiap variabel kemudian diklasifikasikan menjadi lima kategori, yaitu sangat tidak efisien (1,00–1,80), tidak efisien (1,81–2,60), cukup efisien (2,61–3,40), efisien (3,41–4,20), dan sangat efisien (4,21–5,00).

Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data primer diperoleh melalui penyebaran kuesioner kepada responden kelompok RUSPIN dan kelompok konvensional. Data yang terkumpul selanjutnya diperiksa, dikodekan, dan diolah menggunakan perangkat lunak statistik. Tahapan pengolahan data meliputi uji validitas, uji reliabilitas, analisis statistik deskriptif, uji normalitas, dan uji perbedaan.

Uji validitas digunakan untuk mengetahui kemampuan setiap item pernyataan dalam mengukur variabel penelitian. Uji reliabilitas digunakan untuk mengetahui konsistensi internal instrumen menggunakan nilai Cronbach's Alpha. Instrumen dinyatakan reliabel apabila nilai Cronbach's Alpha memenuhi batas penerimaan yang digunakan dalam penelitian.

Analisis Data

Analisis deskriptif digunakan untuk mengetahui tingkat efisiensi masing-masing metode konstruksi. Analisis dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata (mean) setiap variabel pada kelompok RUSPIN dan kelompok konvensional. Hasil tersebut kemudian dibandingkan berdasarkan kategori efisiensi dan selisih nilai rata-rata untuk menunjukkan metode yang memiliki tingkat efisiensi lebih tinggi.

Selanjutnya dilakukan uji normalitas menggunakan Shapiro–Wilk untuk menentukan karakteristik distribusi data. Karena jumlah responden pada masing-masing kelompok

adalah 40 orang, pengujian Shapiro–Wilk digunakan sebagai dasar evaluasi distribusi data. Apabila data tidak berdistribusi normal, pengujian perbedaan dilakukan menggunakan Mann–Whitney U.

Uji Mann–Whitney U digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara tingkat efisiensi kelompok RUSPIN dan kelompok konvensional. Pengujian dilakukan pada tingkat signifikansi 5% dengan hipotesis:

H_0: Tidak terdapat perbedaan efisiensi antara sistem RUSPIN dan metode konstruksi konvensional.

H_1: Terdapat perbedaan efisiensi antara sistem RUSPIN dan metode konstruksi konvensional.

H_0 ditolak apabila nilai Asymp. Sig. (2-tailed) < 0,05. Selain nilai signifikansi, nilai Mean Rank kedua kelompok digunakan untuk menunjukkan arah perbedaan, yaitu kelompok dengan Mean Rank lebih tinggi menunjukkan kecenderungan penilaian efisiensi yang lebih tinggi.

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Analisis Deskriptif Tingkat Efisiensi

Analisis deskriptif dilakukan untuk mengetahui tingkat efisiensi sistem Rumah Unggul Sistem Panel Instan (RUSPIN) dan metode konstruksi konvensional berdasarkan lima variabel penelitian, yaitu efisiensi biaya, efisiensi waktu, kualitas hasil pekerjaan, produktivitas tenaga kerja, dan kemudahan pelaksanaan. Penelitian melibatkan 80 responden yang terdiri atas 40 responden kelompok RUSPIN dan 40 responden kelompok konvensional. Setiap variabel diukur menggunakan empat item pernyataan dengan skala Likert 1–5.

Nilai rata-rata setiap variabel dihitung dengan membagi jumlah skor seluruh responden dengan jumlah responden. Secara matematis, perhitungan nilai rata-rata dapat dituliskan sebagai:

$$Mean = \frac{\Sigma X}{n}$$

Interpretasi nilai rata-rata menggunakan interval yang telah ditetapkan, yaitu 1,00–1,80 termasuk kategori sangat tidak efisien, 1,81–2,60 tidak efisien, 2,61–3,40 cukup efisien, 3,41–4,20 efisien, dan 4,21–5,00 sangat efisien. Hasil analisis deskriptif antara sistem RUSPIN dan metode konstruksi konvensional disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, sistem RUSPIN memperoleh nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan metode konstruksi konvensional pada seluruh variabel penelitian. Pada aspek efisiensi biaya, RUSPIN memperoleh nilai mean sebesar 4,4000 dan termasuk kategori sangat

efisien, sedangkan metode konvensional memperoleh mean sebesar 3,2375 dan termasuk kategori cukup efisien. Selisih nilai mean kedua metode sebesar 1,1625 menunjukkan adanya perbedaan penilaian efisiensi biaya yang cukup besar.

Tabel 2. Rekapitulasi Analisis Deskriptif Efisiensi

Variabel	Mean RUSPIN	Kategori	Mean Konvensional	Kategori	Selisih Mean
Efisiensi Biaya	4,4000	Sangat Efisien	3,2375	Cukup Efisien	1,1625
Efisiensi Waktu	4,4375	Sangat Efisien	3,2875	Cukup Efisien	1,1500
Kualitas Hasil Pekerjaan	4,1525	Sangat Efisien	3,9062	Efisien	0,2463
Produktivitas Tenaga Kerja	4,4250	Sangat Efisien	3,8563	Efisien	0,5687
Kemudahan Pelaksanaan	4,4812	Sangat Efisien	2,5000	Tidak Efisien	1,9812

Pada aspek efisiensi waktu, sistem RUSPIN memperoleh mean sebesar 4,4375 atau termasuk kategori sangat efisien, sedangkan metode konvensional memperoleh mean sebesar 3,2875 atau kategori cukup efisien. Dengan demikian, terdapat selisih sebesar 1,1500 poin. Hasil tersebut menunjukkan bahwa responden menilai RUSPIN memiliki kemampuan yang lebih baik dalam memberikan efisiensi waktu pelaksanaan dibandingkan metode konvensional.

Pada aspek kualitas hasil pekerjaan, RUSPIN memperoleh mean sebesar 4,1525, sedangkan metode konvensional memperoleh mean sebesar 3,9062. RUSPIN berada pada kategori sangat efisien, sementara metode konvensional berada pada kategori efisien. Selisih mean sebesar 0,2463 merupakan selisih paling kecil di antara kelima variabel. Meskipun demikian, nilai rata-rata RUSPIN tetap menunjukkan kecenderungan penilaian yang lebih tinggi.

Pada aspek produktivitas tenaga kerja, nilai mean RUSPIN sebesar 4,4250 termasuk kategori sangat efisien, sedangkan metode konvensional memperoleh mean sebesar 3,8563 yang termasuk kategori efisien. Selisih sebesar 0,5687 menunjukkan bahwa RUSPIN memiliki penilaian produktivitas tenaga kerja yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional.

Perbedaan paling besar terdapat pada aspek

kemudahan pelaksanaan. Sistem RUSPIN memperoleh mean sebesar 4,4812 dan termasuk kategori sangat efisien, sedangkan metode konvensional memperoleh mean sebesar 2,5000 yang termasuk kategori tidak efisien. Selisih sebesar 1,9812 menunjukkan bahwa aspek kemudahan pelaksanaan merupakan dimensi yang memberikan perbedaan penilaian paling besar antara kedua metode.

Secara keseluruhan, hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa sistem RUSPIN memperoleh kategori sangat efisien pada kelima variabel penelitian. Sementara itu, metode konvensional memperoleh kategori cukup efisien pada aspek biaya dan waktu, kategori efisien pada kualitas hasil pekerjaan dan produktivitas tenaga kerja, serta kategori tidak efisien pada kemudahan pelaksanaan. Dengan demikian, berdasarkan analisis deskriptif, RUSPIN menunjukkan tingkat efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan metode konstruksi konvensional pada seluruh aspek yang diteliti.

Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui distribusi data pada masing-masing kelompok sebelum dilakukan pengujian perbedaan. Uji normalitas menggunakan metode Shapiro–Wilk karena jumlah responden pada masing-masing kelompok adalah 40 orang. Dasar pengambilan keputusan adalah apabila nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, data dianggap berdistribusi normal. Sebaliknya, apabila nilai signifikansi kurang dari atau sama dengan 0,05, data dinyatakan tidak berdistribusi normal.

Tabel 2. Rekapitulasi Analisis Deskriptif Efisien

Variabel	Sig. RUSPIN	Keputusan	Sig. Konvensional	Keputusan
Efisiensi Biaya	0,003	Tidak Normal	0,221	Normal
Efisiensi Waktu	<0,001	Tidak Normal	0,084	Normal
Kualitas Hasil Pekerjaan	<0,001	Tidak Normal	0,236	Normal
Produktivitas Tenaga Kerja	0,001	Tidak Normal	<0,001	Tidak Normal
Kemudahan Pelaksanaan	<0,001	Tidak Normal	<0,001	Tidak Normal

Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa tidak terdapat variabel yang berdistribusi normal pada kedua kelompok secara bersamaan. Pada efisiensi biaya, efisiensi waktu, dan kualitas hasil pekerjaan, kelompok RUSPIN memiliki data yang tidak normal, sedangkan kelompok konvensional berdistribusi normal. Pada produktivitas tenaga kerja dan

kemudahan pelaksanaan, data pada kedua kelompok tidak berdistribusi normal.

Berdasarkan kondisi tersebut, pengujian perbedaan tidak menggunakan Independent Sample t-Test, tetapi menggunakan Mann–Whitney U. Penggunaan uji Mann–Whitney U dilakukan karena terdapat data yang tidak memenuhi asumsi normalitas pada kelompok yang dibandingkan.

Uji Mann–Whitney U

Uji Mann–Whitney U digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan tingkat efisiensi yang signifikan antara sistem RUSPIN dan metode konstruksi konvensional. Uji ini digunakan untuk membandingkan dua kelompok independen ketika data tidak memenuhi asumsi normalitas.

Hipotesis yang digunakan dalam pengujian adalah:

H_0: Tidak terdapat perbedaan efisiensi antara sistem RUSPIN dan metode konstruksi konvensional.

H_1: Terdapat perbedaan efisiensi antara sistem RUSPIN dan metode konstruksi konvensional.

Pengambilan keputusan dilakukan pada tingkat signifikansi 5 persen. Apabila nilai Asymp. Sig. (2-tailed) lebih kecil dari 0,05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Sebaliknya, apabila nilai signifikansi lebih besar atau sama dengan 0,05, maka H_0 tidak ditolak.

Dalam penelitian ini, masing-masing kelompok terdiri atas 40 responden. Hasil uji Mann–Whitney U berdasarkan Mean Rank dan nilai signifikansinya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Uji Mann–Whitney U

Variabel	Mean Rank RUSPIN	Mean Rank Konvensional	Asymp. Sig. (2-tailed)	Keputusan
Efisiensi Biaya	59,44	21,56	<0,001	H_0 ditolak
Efisiensi Waktu	58,73	22,28	<0,001	H_0 ditolak
Kualitas Hasil Pekerjaan	54,61	26,39	<0,001	H_0 ditolak
Produktivitas Tenaga Kerja	53,06	24,94	<0,001	H_0 ditolak
Kemudahan Pelaksanaan	50,50	20,50	<0,001	H_0 ditolak

Berdasarkan Tabel 3, seluruh variabel memiliki nilai Asymp. Sig. (2-tailed) kurang dari 0,001. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan tingkat signifikansi 0,05, sehingga H_0 ditolak pada seluruh variabel. Dengan demikian, terdapat perbedaan yang

signifikan antara sistem RUSPIN dan metode konstruksi konvensional pada seluruh aspek efisiensi yang diteliti.

Pada variabel efisiensi biaya, kelompok RUSPIN memiliki Mean Rank sebesar 59,44, sedangkan kelompok konvensional sebesar 21,56. Selisih Mean Rank sebesar 37,88 menunjukkan bahwa peringkat penilaian efisiensi biaya kelompok RUSPIN jauh lebih tinggi dibandingkan kelompok konvensional. Hasil tersebut konsisten dengan analisis deskriptif, yaitu mean RUSPIN sebesar 4,4000 dibandingkan mean konvensional sebesar 3,2375.

Pada variabel efisiensi waktu, Mean Rank kelompok RUSPIN sebesar 58,73, sedangkan kelompok konvensional sebesar 22,28. Selisih Mean Rank sebesar 36,45 menunjukkan kecenderungan penilaian efisiensi waktu yang lebih tinggi pada sistem RUSPIN. Hasil ini juga sejalan dengan selisih mean sebesar 1,1500 pada analisis deskriptif.

Pada variabel kualitas hasil pekerjaan, kelompok RUSPIN memiliki Mean Rank sebesar 54,61 dan kelompok konvensional sebesar 26,39. Selisih Mean Rank sebesar 28,22 menunjukkan bahwa penilaian kualitas hasil pekerjaan pada kelompok RUSPIN lebih tinggi. Walaupun selisih mean kedua kelompok relatif kecil, yaitu 0,2463, hasil uji Mann–Whitney menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tetap signifikan secara statistik dengan nilai signifikansi kurang dari 0,001.

Pada variabel produktivitas tenaga kerja, Mean Rank kelompok RUSPIN sebesar 53,06, sedangkan kelompok konvensional sebesar 24,94. Selisih Mean Rank sebesar 28,12 menunjukkan kecenderungan produktivitas yang lebih tinggi pada kelompok RUSPIN. Hasil ini sejalan dengan nilai mean RUSPIN sebesar 4,4250 dan konvensional sebesar 3,8563.

Pada variabel kemudahan pelaksanaan, kelompok RUSPIN memiliki Mean Rank sebesar 50,50 dan kelompok konvensional sebesar 20,50. Selisih Mean Rank sebesar 30,00 menunjukkan adanya perbedaan penilaian yang cukup besar. Temuan tersebut semakin kuat apabila dibandingkan dengan hasil analisis deskriptif, dimana RUSPIN memperoleh mean 4,4812 sedangkan metode konvensional hanya memperoleh 2,5000. Selisih mean sebesar 1,9812 merupakan selisih terbesar dari seluruh variabel penelitian.

Perbandingan Efisiensi RUSPIN dan Konvensional

Hasil analisis deskriptif dan uji Mann–Whitney U menunjukkan pola hasil yang konsisten. Sistem RUSPIN memiliki nilai mean yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional pada

kelima variabel. Hasil pengujian inferensial juga menunjukkan bahwa Mean Rank kelompok RUSPIN lebih tinggi pada seluruh variabel dengan nilai signifikansi kurang dari 0,001

Tabel 4. Perbandingan Efisiensi Kedua Metode

Variabel	Selisih Mean	Selisih Mean Rank	Signifikansi	Kesimpulan
Efisiensi Biaya	1,1625	37,88	<0,001	RUSPIN lebih efisien
Efisiensi Waktu	1,1500	36,45	<0,001	RUSPIN lebih efisien
Kualitas Hasil Pekerjaan	0,2463	28,22	<0,001	RUSPIN lebih unggul
Produktivitas Tenaga Kerja	0,5687	28,12	<0,001	RUSPIN lebih produktif
Kemudahan Pelaksanaan	1,9812	30,00	<0,001	RUSPIN lebih mudah

Berdasarkan Tabel 4, perbedaan paling besar berdasarkan nilai mean terdapat pada variabel kemudahan pelaksanaan, yaitu sebesar 1,9812 poin. Perbedaan berikutnya terdapat pada efisiensi biaya sebesar 1,1625 poin dan efisiensi waktu sebesar 1,1500 poin. Sementara itu, produktivitas tenaga kerja memiliki selisih sebesar 0,5687 poin dan kualitas hasil pekerjaan memiliki selisih paling kecil sebesar 0,2463 poin.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa keunggulan sistem RUSPIN tidak hanya terlihat pada satu aspek tertentu. RUSPIN memperoleh penilaian lebih tinggi pada aspek ekonomi melalui efisiensi biaya, aspek waktu melalui efisiensi waktu, aspek mutu melalui kualitas hasil pekerjaan, aspek sumber daya manusia melalui produktivitas tenaga kerja, serta aspek pelaksanaan melalui kemudahan pelaksanaan. Seluruh perbedaan tersebut juga terbukti signifikan secara statistik berdasarkan nilai Asymp. Sig. (2-tailed) <0,001.

Dengan demikian, analisis kuantitatif menunjukkan bahwa sistem RUSPIN memiliki tingkat efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan metode konstruksi konvensional pada seluruh variabel penelitian. Hasil analisis deskriptif memberikan gambaran mengenai besarnya perbedaan tingkat efisiensi, sedangkan uji Mann–Whitney U memberikan bukti statistik bahwa perbedaan tersebut signifikan. Kedua hasil tersebut secara bersama-sama memberikan dasar empiris bahwa RUSPIN merupakan metode konstruksi yang lebih efisien dibandingkan metode konvensional dalam konteks pembangunan rumah yang menjadi objek penelitian.

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis perbandingan sistem Rumah Unggul Sistem Panel Instan (RUSPIN) dan metode konstruksi konvensional, dapat disimpulkan bahwa sistem RUSPIN menunjukkan tingkat efisiensi yang lebih tinggi pada seluruh aspek yang diteliti. Hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa nilai rata-rata RUSPIN lebih tinggi dibandingkan metode konvensional pada efisiensi biaya, efisiensi waktu, kualitas hasil pekerjaan, produktivitas tenaga kerja, dan kemudahan pelaksanaan. Nilai rata-rata RUSPIN masing-masing sebesar 4,4000; 4,4375; 4,1525; 4,4250; dan 4,4812. Sementara itu, metode konvensional memperoleh nilai rata-rata masing-masing sebesar 3,2375; 3,2875; 3,9062; 3,8563; dan 2,5000. Perbedaan terbesar terdapat pada aspek kemudahan pelaksanaan dengan selisih mean sebesar 1,9812, sedangkan perbedaan terkecil terdapat pada kualitas hasil pekerjaan dengan selisih sebesar 0,2463.

Hasil uji Mann–Whitney U juga menunjukkan bahwa seluruh variabel memiliki nilai Asymp. Sig. (2-tailed) <0,001, sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara sistem RUSPIN dan metode konstruksi konvensional. Nilai Mean Rank RUSPIN juga lebih tinggi pada seluruh variabel, yaitu 59,44 dibandingkan 21,56 pada efisiensi biaya; 58,73 dibandingkan 22,28 pada efisiensi waktu; 54,61 dibandingkan 26,39 pada kualitas hasil pekerjaan; 53,06 dibandingkan 24,94 pada produktivitas tenaga kerja; serta 50,50 dibandingkan 20,50 pada kemudahan pelaksanaan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa keunggulan RUSPIN tidak hanya terlihat berdasarkan nilai rata-rata, tetapi juga terbukti secara statistik.

Secara keseluruhan, sistem RUSPIN dapat dipertimbangkan sebagai alternatif metode konstruksi yang lebih efisien dibandingkan metode konvensional pada pembangunan rumah, khususnya dalam aspek biaya, waktu, kualitas hasil pekerjaan, produktivitas tenaga kerja, dan kemudahan pelaksanaan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. U. L. Umam, Kajian Pembangunan dan Pembiayaan Perumahan Murah, 2023.

[2] C. N. Syifa and N. R. Zain, “Analisis manajemen pembangunan perumahan berbasis komunitas bagi masyarakat berpenghasilan rendah (MBR),” 2022.

[3] Y. M. Pratama, “Analisis proyek pembangunan rumah hunian dengan metode konvensional, RISHA dan RUSPIN,” 2023.

[4] A. Rafik, R. F. Cahyani, and H. Kiswanto, “Perbandingan anggaran biaya antara rumah konvensional dengan rumah teknologi RUSPIN,” Jurnal Gradasi Teknik Sipil, 2024.

[5] M. R. A. Aqliansyah and Y. Yoyok, “Analisa kenyamanan rumah subsidi instan panel (RUSPIN) PB. Mandiri Karanganyar,” 2024.

[6] R. S. Agustiningtyas, P. G. Sena, and P. R. Suryantini, “Rumah Sistem Panel Instan (RUSPIN): Solusi inovatif membangun rumah,” 2020.
[7] S. Hadi and R. F., “The implementation of prefabricated construction in Indonesia: A case study on RUSPIN (Rumah Sistem Panel Instan),” 2021.
[8] S. Sulistiana et al., “Analisis perbandingan performa teknologi panel modular RISHA, RUSPIN, dan BRIKON untuk konstruksi rumah,” 2024.
[9] P. Pramitaningrum and H. Nugraha, “Peluang industrialisasi rumah sistem panel instan (RUSPIN),” 2023.
[10] C. Carissa et al., “Analisis perbandingan teknologi panel modular RISHA, RUSPIN, dan BRIKON,” 2024.
[11] A. R. Lo, “Kajian produktivitas dan efisiensi konstruksi modular,” 2023.
[12] Y. M. Pratama, “Analisis proyek pembangunan rumah hunian dengan metode konvensional, RISHA dan RUSPIN,” 2023.

JURNAL TEKNIK INDONESIA - VOL. 07 NO. 02 (Oktober 2026)
P-ISSN 2987-2723
E-ISSN 1987-0933

Analisis Pengaruh Volume Lalu Lintas Terhadap Tingkat Kerusakan Perkerasan Jalan (Studi Kasus Jalan Kasepuhan–Kalitanjung)

Muhammad Daffa Putra Susanto, Juny Andry Sulistyo, Pratikso
Universitas Islam Sultan Agung
E-mail Korespondensi: psdaffa@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to analyze pavement distress conditions, examine the relationship between traffic volume and pavement condition, and determine maintenance priorities along the Jalan Kasepuhan–Kalitanjung corridor. The Surface Distress Index (SDI) method was used to evaluate pavement conditions, while statistical analysis using SPSS was employed to determine the relationship between Average Daily Traffic (ADT) and SDI values. The research data were obtained through pavement condition surveys and traffic surveys conducted on six road sections. The results showed that SDI values ranged from 72.00 to 93.83, indicating that all road sections were classified as fair condition. The highest SDI value was found on Jalan Kesambi (93.83), while the lowest was on Jalan Pulasaren (72.00). Statistical analysis indicated an average ADT of 2,352.50 vehicles/day and an average SDI of 86.04. The Pearson correlation analysis produced a correlation coefficient of 0.345 with a significance value of 0.503 (> 0.05), indicating a positive but weak and statistically insignificant relationship between ADT and SDI. Simple linear regression analysis resulted in the equation SDI = -185.580 + 0.115(ADT) with a coefficient of determination R^2 = 0.119, meaning that ADT explains only 11.9% of the variation in pavement condition. Based on the combination of SDI and ADT values, the maintenance priority order was Jalan Kesambi, Jalan Kalitanjung, Jalan Lawanggada, Jalan Ariodinoto, Jalan Kasepuhan, and Jalan Pulasaren. In general, the pavement condition along the study corridor is still capable of serving traffic demand; however, a periodic maintenance program is required to prevent further deterioration.

Keywords: *Surface Distress Index, ADT, road distress, pavement condition, maintenance priority.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi kerusakan perkerasan jalan, hubungan volume lalu lintas terhadap kondisi jalan, serta menentukan prioritas pemeliharaan pada koridor Jalan Kasepuhan–Kalitanjung. Metode yang digunakan adalah Surface Distress Index (SDI) untuk menilai kondisi perkerasan jalan dan analisis statistik menggunakan SPSS untuk mengetahui hubungan antara Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dan nilai SDI. Data penelitian diperoleh melalui survei kondisi jalan dan survei lalu lintas pada enam ruas jalan penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai SDI berada pada rentang 72,00–93,83, sehingga seluruh ruas termasuk dalam kategori sedang. Nilai SDI tertinggi terdapat pada Jalan Kesambi sebesar 93,83, sedangkan nilai terendah terdapat pada Jalan Pulasaren sebesar 72,00. Analisis statistik menunjukkan rata-rata LHR sebesar 2.352,50 kendaraan/hari dan rata-rata SDI sebesar 86,04. Hasil uji korelasi Pearson menghasilkan koefisien korelasi sebesar 0,345 dengan nilai signifikansi 0,503 (> 0,05), yang menunjukkan hubungan positif tetapi lemah dan tidak signifikan antara LHR dan SDI. Analisis regresi linier sederhana menghasilkan persamaan SDI = -185,580 + 0,115(LHR) dengan nilai koefisien determinasi R^2 = 0,119, sehingga LHR hanya menjelaskan 11,9% variasi kondisi jalan. Berdasarkan kombinasi nilai SDI dan LHR, prioritas pemeliharaan berturut-turut adalah Jalan Kesambi, Jalan Kalitanjung, Jalan Lawanggada, Jalan Ariodinoto, Jalan Kasepuhan, dan Jalan Pulasaren. Secara umum, kondisi perkerasan jalan pada koridor penelitian masih dapat melayani lalu lintas, namun memerlukan program pemeliharaan berkala agar kerusakan tidak berkembang menjadi lebih berat.

Kata Kunci: Surface Distress Index, LHR, kerusakan jalan, perkerasan jalan, prioritas pemeliharaan.

Jurnal Teknik Indonesia by Fakultas Teknik Undaris
is licensed under Creative Commons Attribution 4.0

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi yang berperan penting dalam mendukung mobilitas masyarakat, distribusi barang, serta aktivitas ekonomi suatu wilayah. Kinerja jalan tidak hanya ditentukan oleh kapasitas pelayanan lalu lintas, tetapi juga oleh kondisi perkerasan yang secara langsung menerima beban kendaraan dan mengalami deteriorasi selama masa pelayanan. Penurunan kondisi perkerasan yang tidak ditangani secara tepat dapat menyebabkan berkurangnya kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan serta meningkatkan kebutuhan biaya pemeliharaan. Oleh karena itu, penilaian kondisi perkerasan secara berkala diperlukan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan pemeliharaan jalan secara efektif dan tepat sasaran [1], [2].

Kerusakan perkerasan jalan dapat berupa retak, deformasi, lubang, alur, bleeding, maupun berbagai bentuk kerusakan permukaan lainnya. Tingkat kerusakan tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain beban dan volume lalu lintas, kondisi lingkungan, karakteristik material, kualitas konstruksi, umur perkerasan, drainase, serta kegiatan pemeliharaan. Volume lalu lintas menjadi salah satu faktor yang penting diperhatikan karena pengulangan beban kendaraan dapat mempercepat proses deteriorasi perkerasan, terutama apabila kondisi struktur dan kualitas perkerasan tidak mampu mengakomodasi beban lalu lintas yang bekerja [3], [4]. Namun demikian, hubungan antara volume lalu lintas dan kerusakan jalan tidak selalu bersifat sederhana karena kondisi perkerasan juga dipengaruhi oleh faktor teknis dan lingkungan lainnya.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menilai kondisi perkerasan berdasarkan kerusakan permukaan adalah Surface Distress Index (SDI). Metode SDI merupakan pendekatan penilaian kondisi jalan berdasarkan hasil survei visual terhadap karakteristik kerusakan permukaan. Dalam pedoman survei kondisi jalan Bina Marga, penilaian SDI mempertimbangkan parameter kerusakan seperti luas dan lebar retak, jumlah lubang, serta kerusakan alur atau bekas roda. Nilai yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menggambarkan tingkat kondisi perkerasan dan menjadi salah satu dasar dalam menentukan kebutuhan penanganan jalan [5]. Penerapan SDI pada berbagai penelitian menunjukkan bahwa metode ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kondisi perkerasan dan mendukung penyusunan rekomendasi pemeliharaan berdasarkan kondisi aktual jalan [6]–[8].

Selain kondisi fisik perkerasan, data volume lalu lintas dapat digunakan untuk memberikan gambaran mengenai tingkat pemanfaatan suatu

ruas jalan. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menggambarkan intensitas lalu lintas pada suatu ruas. Secara teoritis, peningkatan volume lalu lintas dan frekuensi pembebanan dapat meningkatkan potensi terjadinya kerusakan perkerasan. Beberapa penelitian telah mengkaji hubungan antara volume kendaraan dan kerusakan jalan, namun hasil yang diperoleh dapat berbeda bergantung pada karakteristik ruas, struktur perkerasan, dan faktor lingkungan. Dengan demikian, analisis statistik diperlukan untuk mengetahui apakah kecenderungan hubungan antara LHR dan kondisi perkerasan pada suatu lokasi benar-benar memiliki hubungan yang signifikan.

Penelitian mengenai kondisi jalan menggunakan SDI telah banyak dilakukan, baik untuk menentukan tingkat kerusakan maupun rekomendasi pemeliharaan. Penelitian Hidayatullah [6], misalnya, menggunakan SDI dan PCI untuk mengevaluasi kondisi jalan serta menghubungkannya dengan kebutuhan penanganan. Penelitian Vikram et al. [7] juga menunjukkan bahwa SDI dapat digunakan sebagai salah satu pendekatan untuk mengevaluasi kondisi permukaan perkerasan dan mendukung perencanaan pemeliharaan. Sementara itu, penelitian lain menunjukkan bahwa karakteristik lalu lintas, khususnya kendaraan dengan beban tinggi, dapat menjadi salah satu faktor yang berkontribusi terhadap perkembangan kerusakan perkerasan [8]. Meskipun demikian, kajian yang secara khusus menguji hubungan statistik antara LHR dan nilai SDI pada beberapa ruas yang berada dalam satu koridor jalan masih relatif terbatas.

Koridor Jalan Kasepuhan–Kalitanjung di Kota Cirebon merupakan salah satu koridor yang terdiri atas beberapa ruas yang saling terhubung, yaitu Jalan Kasepuhan, Jalan Ariodinoto, Jalan Pulasaren, Jalan Lawanggada, Jalan Kesambi, dan Jalan Kalitanjung. Keenam ruas tersebut memiliki karakteristik panjang, jumlah segmen pengamatan, volume lalu lintas, dan tingkat kerusakan yang berbeda. Hasil pengolahan awal penelitian menunjukkan bahwa nilai LHR pada keenam ruas berada pada rentang 2.315–2.379 kendaraan/hari, sedangkan nilai SDI berada pada rentang 72,00–93,83. Kondisi tersebut menunjukkan adanya variasi tingkat kerusakan meskipun perbedaan volume lalu lintas antar ruas relatif kecil.

Kondisi tersebut menjadi dasar penting untuk tidak hanya menilai tingkat kerusakan secara deskriptif, tetapi juga menguji hubungan antara volume lalu lintas dan kondisi perkerasan secara statistik. Analisis tersebut diperlukan untuk mengetahui apakah peningkatan LHR pada koridor penelitian benar-benar berkaitan dengan peningkatan nilai SDI atau justru terdapat faktor

lain yang lebih dominan memengaruhi kondisi perkerasan. Hasil analisis selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar dalam menyusun rekomendasi pemeliharaan berdasarkan kondisi aktual masing-masing ruas.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi perkerasan pada Ruas Jalan Kasepuhan–Kalitanjung berdasarkan metode Surface Distress Index (SDI), menganalisis hubungan volume lalu lintas (LHR) terhadap kondisi perkerasan berdasarkan nilai SDI, serta menentukan skala prioritas pemeliharaan dan rekomendasi penanganan berdasarkan hasil analisis kondisi jalan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi berbasis data mengenai kondisi perkerasan dan keterkaitannya dengan volume lalu lintas, sekaligus menjadi bahan pertimbangan dalam penyusunan program pemeliharaan jalan pada koridor penelitian.

LANDASAN TEORI

Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan struktur yang berfungsi menerima beban lalu lintas dan meneruskannya ke lapisan tanah dasar dengan tingkat tegangan yang masih dapat ditoleransi. Selama masa pelayanan, kondisi perkerasan akan mengalami penurunan akibat pengulangan beban kendaraan, pengaruh air dan lingkungan, kualitas material, kondisi tanah dasar, umur perkerasan, serta kualitas pelaksanaan dan pemeliharaan. Penurunan kondisi tersebut ditunjukkan melalui munculnya berbagai jenis kerusakan pada permukaan jalan yang pada akhirnya dapat menurunkan kenyamanan, keselamatan, dan tingkat pelayanan jalan [9], [10].

Evaluasi kondisi perkerasan diperlukan untuk mengetahui tingkat kerusakan aktual dan menentukan kebutuhan penanganan. Penilaian dapat dilakukan melalui survei kondisi permukaan dengan mengidentifikasi jenis, tingkat, dan luas kerusakan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa metode penilaian berbasis kondisi permukaan dapat digunakan untuk memberikan gambaran tingkat kerusakan dan menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan pemeliharaan jalan [11], [7].

Kerusakan Perkerasan Jalan

Kerusakan perkerasan merupakan kondisi menurunnya kemampuan lapisan perkerasan dalam memberikan pelayanan akibat adanya perubahan bentuk, retak, kehilangan material, maupun kerusakan permukaan. Kerusakan dapat disebabkan oleh kombinasi faktor lalu lintas dan faktor nonlalu lintas. Beban kendaraan yang berulang dapat menyebabkan deformasi dan kelelahan pada perkerasan, sedangkan air, perubahan temperatur, kualitas material, drainase, serta kondisi tanah dasar dapat

mempercepat perkembangan kerusakan [10].

Pada penelitian ini, kerusakan perkerasan dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu kerusakan retak, deformasi, dan kerusakan permukaan. Kerusakan retak meliputi retak bahu, retak pinggir, retak memanjang, retak sambungan, retak kulit buaya, dan retak halus. Kerusakan deformasi meliputi amblas, rutting, sungkur, lubang, dan alur, sedangkan kerusakan permukaan meliputi bleeding. Identifikasi terhadap berbagai jenis kerusakan tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan kondisi perkerasan menggunakan nilai Surface Distress Index (SDI).

Surface Distress Index (SDI)

Dalam penilaiannya, SDI menggunakan beberapa parameter utama, yaitu persentase luas retak, rata-rata lebar retak, jumlah lubang, dan rata-rata kedalaman bekas roda atau rutting [14].

Berdasarkan metadata resmi Badan Pusat Statistik, SDI merupakan skala kinerja jalan yang diperoleh dari pengamatan visual terhadap kerusakan jalan. Empat variabel utama yang digunakan dalam perhitungan SDI adalah persentase luas retak, rata-rata lebar retak, jumlah lubang, dan rata-rata kedalaman bekas roda [14]. Pendekatan ini juga digunakan dalam berbagai penelitian kondisi perkerasan jalan di Indonesia untuk mengidentifikasi tingkat kerusakan dan menentukan kebutuhan penanganan [11], [15].

Perhitungan SDI dilakukan secara bertahap berdasarkan parameter kerusakan yang diamati. Nilai awal diperoleh dari persentase luas retak, kemudian disesuaikan berdasarkan lebar retak, jumlah lubang, dan kondisi rutting. Dengan demikian, nilai akhir SDI merepresentasikan tingkat kerusakan permukaan perkerasan berdasarkan kombinasi beberapa parameter kerusakan [14], [16].

Tabel 1. Klasifikasi Kondisi Jalan Berdasarkan Nilai SDI

Nilai SDI	Kondisi Jalan
< 50	Baik
50–100	Sedang
100–150	Rusak Ringan
> 150	Rusak Berat

Nilai SDI pada penelitian ini digunakan sebagai indikator kondisi perkerasan atau variabel terikat (Y). Semakin besar nilai SDI, semakin tinggi tingkat kerusakan perkerasan yang terjadi. Penggunaan SDI sebagai indikator kondisi perkerasan juga telah diterapkan pada penelitian sebelumnya untuk mengevaluasi kondisi ruas jalan dan menentukan kebutuhan pemeliharaan [11], [15], [17].

Lalu Lintas Harian Rata-rata

Data LHR digunakan untuk menggambarkan intensitas penggunaan suatu ruas dan merupakan

salah satu parameter penting dalam evaluasi kinerja serta perencanaan jalan. Data LHR pada jaringan jalan juga digunakan oleh instansi penyelenggara jalan sebagai informasi dasar mengenai karakteristik lalu lintas suatu ruas. Data LHR tahunan, misalnya, dipublikasikan oleh Dinas Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah sebagai bagian dari data lalu lintas jalan [18].

Dalam penelitian ini, LHR digunakan sebagai variabel bebas (X), sedangkan SDI digunakan sebagai variabel terikat (Y). Hubungan keduanya dianalisis secara statistik untuk mengetahui apakah variasi volume lalu lintas memiliki hubungan yang signifikan dengan variasi kondisi perkerasan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis kondisi perkerasan jalan berdasarkan nilai Surface Distress Index (SDI) serta mengetahui hubungan antara volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) dan kondisi perkerasan. Penelitian dilaksanakan pada koridor Jalan Kasepuhan–Kalitanjung, Kota Cirebon, yang terdiri atas enam ruas, yaitu Jalan Kasepuhan, Jalan Ariodinoto, Jalan Pulasaren, Jalan Lawanggada, Jalan Kesambi, dan Jalan Kalitanjung. Data kondisi jalan diperoleh melalui survei kerusakan perkerasan, sedangkan data lalu lintas diperoleh melalui survei volume kendaraan pada masing ruas.

Objek penelitian berupa kondisi perkerasan pada enam ruas jalan yang berada pada koridor Jalan Kasepuhan–Kalitanjung. Ruas penelitian memiliki karakteristik panjang dan jumlah segmen pengamatan yang berbeda.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer meliputi hasil survei kondisi perkerasan dan volume lalu lintas pada lokasi penelitian. Survei kondisi perkerasan dilakukan dengan mengidentifikasi kerusakan berupa retak bahu, retak pinggir, retak memanjang, retak sambungan, retak kulit buaya, retak halus, amblas, rutting, sungkur, lubang, alur, dan bleeding. Data tersebut digunakan untuk menentukan nilai SDI.

Data volume lalu lintas digunakan untuk memperoleh nilai LHR pada setiap ruas jalan. Data sekunder digunakan sebagai data pendukung berupa informasi ruas jalan dan

referensi teknis yang berkaitan dengan penilaian kondisi perkerasan menggunakan metode SDI.

Analisis Statistik

Analisis statistik dilakukan untuk mengetahui hubungan antara LHR dan SDI. Tahap pertama berupa statistik deskriptif yang meliputi nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasi. Selanjutnya dilakukan uji normalitas menggunakan Shapiro–Wilk karena jumlah observasi penelitian relatif kecil.

Apabila data memenuhi asumsi normalitas, hubungan antara LHR dan SDI dianalisis menggunakan korelasi Pearson. Koefisien korelasi digunakan untuk mengetahui arah dan kekuatan hubungan kedua variabel, sedangkan nilai signifikansi digunakan untuk menentukan apakah hubungan tersebut signifikan secara statistik pada taraf signifikansi 5%.

Analisis selanjutnya menggunakan regresi linier sederhana untuk mengetahui bentuk hubungan LHR terhadap SDI. Model regresi dinyatakan sebagai:

$$SDI = a + b(LHR) \quad (1)$$

dengan SDI sebagai nilai kondisi perkerasan, LHR sebagai volume lalu lintas harian rata-rata, a sebagai konstanta, dan b sebagai koefisien regresi. Nilai R^2 digunakan untuk mengetahui proporsi variasi SDI yang dapat dijelaskan oleh LHR.

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Lintas Identifikasi dan Rekapitulasi Kerusakan Perkerasan

Hasil survei kondisi perkerasan pada enam ruas dalam koridor Jalan Kasepuhan–Kalitanjung menunjukkan adanya tiga kelompok utama kerusakan, yaitu kerusakan retak, deformasi, dan kerusakan permukaan. Kelompok kerusakan retak terdiri atas retak bahu, retak pinggir, retak memanjang, retak sambungan, retak kulit buaya, dan retak halus. Kelompok deformasi meliputi amblas, rutting, sungkur, lubang, dan alur, sedangkan kerusakan permukaan yang teridentifikasi berupa bleeding.

Rekapitulasi luas kerusakan menunjukkan bahwa Jalan Kesambi dan Jalan Kalitanjung memiliki luasan kerusakan yang relatif paling besar. Pada kelompok kerusakan retak, luas kerusakan pada Jalan Kesambi mencapai 3.574,50 m² dan Jalan Kalitanjung sebesar 2.959,10 m². Pada kelompok deformasi, luas kerusakan amblas masing-masing sebesar 1.260,00 m² pada Jalan Kesambi dan 2.913,20 m² pada Jalan Kalitanjung. Besarnya luasan kerusakan tersebut menjadi salah satu dasar dalam penilaian kondisi perkerasan menggunakan SDI.

Lintas Identifikasi dan Rekapitulasi Kerusakan Perkerasan

Perhitungan SDI dilakukan berdasarkan hasil

pengukuran kerusakan pada setiap segmen. Parameter yang digunakan meliputi luas retak, lebar retak, jumlah lubang, dan kedalaman rutting. Nilai SDI dihitung secara bertahap berdasarkan parameter kerusakan, kemudian hasil setiap segmen direkapitulasi untuk memperoleh nilai kondisi pada masing-masing ruas.

Sebagai contoh, pada Jalan Kasepuhan diperoleh nilai SDI sebesar 86,00. Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan klasifikasi kondisi SDI, yaitu nilai kurang dari 50 termasuk kondisi baik, nilai 50–100 termasuk kondisi sedang, nilai 100–150 termasuk rusak ringan, dan nilai lebih dari 150 termasuk rusak berat.

Hasil rekapitulasi nilai SDI pada masing-masing ruas ditunjukkan pada Tabel 2 sampai Tabel 4

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai SDI Berdasarkan Kelompok Kerusakan Retak

Ruas Jalan	Retak Bahu	Retak Pinggir	Retak Memanjang	Retak Sambungan	Retak Kulit Buaya	Retak Halus
Jalan Kasepuhan	86	86	86	86	86	86
Jalan Ariodinoto	86	86	86	86	86	86
Jalan Pulasaren	72	72	72	72	72	72
Jalan Lawanggada	86	86	86	86	86	86
Jalan Kesambi	93,83	93,83	93,83	93,83	93,83	93,83
Jalan Kalitanjung	92,4	92,4	92,4	92,4	92,4	92,4

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai SDI Berdasarkan Kelompok Kerusakan Deformasi

Ruas Jalan	Amblas	Rutting	Sungkur	Lubang	Alur
Jalan Kasepuhan	26	26	86	86	86
Jalan Ariodinoto	56	26	86	86	86
Jalan Pulasaren	56	26	72	72	72
Jalan Lawanggada	56	26	86	86	86
Jalan Kesambi	56	26	93,83	93,83	93,83
Jalan Kalitanjung	56	26	92,4	92,4	92,4

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai SDI Berdasarkan Kelompok Kerusakan Permukaan

Ruas Jalan	Bleeding
Jalan Kasepuhan	86
Jalan Ariodinoto	86
Jalan Pulasaren	72
Jalan Lawanggada	86
Jalan Kesambi	93,83
Jalan Kalitanjung	92,4

Berdasarkan hasil tersebut, nilai SDI pada kelompok kerusakan retak berada pada rentang 72,00–93,83. Nilai tertinggi terdapat pada Jalan Kesambi sebesar 93,83, sedangkan nilai terendah terdapat pada Jalan Pulasaren sebesar 72,00. Pada kelompok deformasi, kerusakan rutting memiliki nilai SDI 26,00 pada seluruh ruas dan termasuk kategori baik. Kerusakan amblas memiliki nilai SDI 26,00 pada Jalan Kasepuhan dan 56,00 pada ruas lainnya. Sementara itu, kerusakan sungkur, lubang, dan alur berada pada rentang 72,00–93,83.

Kondisi Perkerasan Berdasarkan SDI

Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa seluruh ruas penelitian berada dalam kategori kondisi sedang, dengan nilai SDI keseluruhan berada pada rentang 72,00–93,83. Jalan Kesambi memiliki nilai SDI tertinggi sebesar 93,83, diikuti Jalan Kalitanjung sebesar 92,40. Kedua ruas tersebut menunjukkan tingkat kerusakan relatif paling tinggi dibandingkan ruas lainnya. Sebaliknya, Jalan Pulasaren memiliki nilai SDI sebesar 72,00 dan merupakan ruas dengan kondisi relatif paling baik di antara enam ruas penelitian, meskipun masih termasuk kategori sedang.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa meskipun seluruh ruas masih berada dalam kategori sedang, terdapat perbedaan tingkat kerusakan antar ruas. Jalan Kesambi dan Jalan Kalitanjung perlu mendapatkan perhatian lebih karena nilai SDI keduanya mendekati batas atas kategori sedang, yaitu 100. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pemeliharaan berkala untuk mencegah peningkatan nilai SDI menjadi kategori rusak ringan.

Tabel 5. Kondisi Perkerasan Berdasarkan Nilai SDI

Ruas Jalan	Nilai SDI	Kondisi
Jalan Kasepuhan	86,00	Sedang
Jalan Ariodinoto	86,00	Sedang
Jalan Pulasaren	72,00	Sedang
Jalan Lawanggada	86,00	Sedang
Jalan Kesambi	93,83	Sedang
Jalan Kalitanjung	92,40	Sedang

Analisis Statistik LHR dan SDI

Tabel 6. Data LHR dan SDI

Ruas Jalan	**LHR (kendaraan/ hari)**	**SDI**
Jalan Kasepuhan	2.315	86,00
Jalan Ariodinoto	2.338	86,00
Jalan Pulasaren	2.352	72,00
Jalan Lawanggada	2.364	86,00
Jalan Kesambi	2.379	93,83
Jalan Kalitanjung	2.367	92,40

Analisis statistik dilakukan untuk mengetahui hubungan antara volume lalu lintas dan kondisi perkerasan. LHR digunakan sebagai variabel bebas (X), sedangkan SDI digunakan sebagai variabel terikat (Y). Data yang digunakan merupakan enam pasangan data ruas jalan

sebagaimana disajikan pada Tabel 6.

Hasil statistik deskriptif menunjukkan bahwa LHR memiliki nilai minimum 2.315 kendaraan/hari, maksimum 2.379 kendaraan/hari, rata-rata 2.352,50 kendaraan/hari, dan standar deviasi 23,072 kendaraan/hari. Nilai SDI memiliki nilai minimum 72,00, maksimum 93,83, rata-rata 86,04, dan standar deviasi 7,723.

Uji normalitas Shapiro–Wilk menghasilkan nilai signifikansi sebesar 0,761 untuk LHR dan 0,131 untuk SDI. Kedua nilai tersebut lebih besar dari 0,05 sehingga data LHR dan SDI memenuhi asumsi normalitas dan dapat dilanjutkan dengan analisis parametrik.

Analisis Korelasi Pearson

Analisis korelasi Pearson digunakan untuk mengetahui arah dan kekuatan hubungan antara LHR dan SDI. Hasil pengolahan data menghasilkan koefisien korelasi sebesar r = 0,345 dengan nilai signifikansi 0,503.

Nilai koefisien korelasi positif menunjukkan bahwa hubungan LHR dan SDI memiliki arah yang sama, yaitu peningkatan LHR cenderung diikuti peningkatan nilai SDI. Namun, nilai korelasi sebesar 0,345 menunjukkan bahwa kekuatan hubungan tersebut relatif rendah. Nilai signifikansi sebesar 0,503 lebih besar dari 0,05 sehingga hubungan LHR terhadap SDI tidak signifikan secara statistik pada tingkat kepercayaan 95%.

Dengan demikian, pada enam ruas yang dianalisis, belum terdapat bukti statistik yang cukup untuk menyatakan bahwa perbedaan volume lalu lintas berhubungan secara signifikan dengan perbedaan kondisi perkerasan berdasarkan SDI.

Analisis Regresi Linier Sederhana

Regresi linier sederhana digunakan untuk mengetahui bentuk hubungan antara LHR dan SDI. Berdasarkan hasil pengolahan data, persamaan regresi yang diperoleh adalah:

$$SDI = -185{,}580 + 0{,}115\ LHR$$

Koefisien regresi sebesar 0,115 menunjukkan kecenderungan bahwa setiap peningkatan satu kendaraan/hari diperkirakan meningkatkan nilai SDI sebesar 0,115 poin. Koefisien tersebut memiliki arah positif, sehingga secara matematis peningkatan volume lalu lintas memiliki kecenderungan diikuti peningkatan tingkat kerusakan perkerasan.

Nilai koefisien determinasi yang diperoleh adalah $R^2 = 0{,}119$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa LHR hanya mampu menjelaskan sekitar 11,9% variasi nilai SDI, sedangkan 88,1% variasi kondisi perkerasan dijelaskan oleh faktor

lain yang tidak dimasukkan dalam model penelitian.

Hasil uji signifikansi menghasilkan nilai t = 0,735 dengan nilai signifikansi 0,503. Karena nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, koefisien regresi LHR tidak signifikan secara statistik. Dengan demikian, meskipun model menunjukkan kecenderungan positif, peningkatan LHR belum dapat dinyatakan sebagai faktor yang secara signifikan memengaruhi nilai SDI pada lokasi penelitian.

Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa perbedaan kondisi perkerasan antar ruas kemungkinan lebih banyak berkaitan dengan faktor selain volume lalu lintas, seperti umur dan struktur perkerasan, kualitas material dan konstruksi, kondisi drainase, beban kendaraan berat, kondisi lingkungan, serta riwayat pemeliharaan.

Prioritas Pemeliharaan dan Rekomendasi Penanganan

Prioritas pemeliharaan ditentukan berdasarkan hasil evaluasi kondisi perkerasan dan karakteristik lalu lintas masing-masing ruas. Ruas dengan nilai SDI lebih tinggi menunjukkan tingkat kerusakan yang lebih tinggi, sedangkan LHR digunakan untuk menggambarkan tingkat pemanfaatan ruas. Berdasarkan kedua parameter tersebut, Jalan Kesambi memiliki tingkat kepentingan penanganan paling tinggi karena memiliki nilai SDI tertinggi, yaitu 93,83, sekaligus LHR tertinggi sebesar 2.379 kendaraan/hari.

Tabel 7. Urutan Prioritas Pemeliharaan

Prioritas	Ruas Jalan	LHR	SDI	Kondisi
I	Jalan Kesambi	2.379	93,83	Sedang
II	Jalan Kalitanjung	2.367	92,40	Sedang
III	Jalan Lawanggada	2.364	86,00	Sedang
IV	Jalan Ariodinoto	2.338	86,00	Sedang
V	Jalan Kasepuhan	2.315	86,00	Sedang
VI	Jalan Pulasaren	2.352	72,00	Sedang

Jalan Kesambi dan Jalan Kalitanjung perlu mendapatkan perhatian lebih awal karena memiliki nilai SDI paling tinggi. Penanganan dapat diarahkan pada pemeliharaan berkala berupa perbaikan retak, perbaikan kerusakan permukaan, penanganan deformasi lokal, dan pelapisan ulang pada bagian yang secara teknis telah memenuhi kebutuhan overlay. Ruas dengan nilai SDI lebih rendah tetap memerlukan pemeliharaan berkala untuk mencegah perkembangan kerusakan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa prioritas penanganan tidak semata-mata ditentukan oleh volume lalu lintas. Hal ini sejalan dengan hasil analisis statistik yang menunjukkan hubungan LHR–SDI positif tetapi tidak signifikan. Oleh karena itu, kondisi aktual perkerasan berdasarkan SDI tetap menjadi pertimbangan utama dalam

penyusunan program pemeliharaan.

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis kondisi perkerasan menggunakan metode Surface Distress Index (SDI) dan analisis statistik hubungan Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) terhadap kondisi perkerasan pada koridor Jalan Kasepuhan–Kalitanjung, dapat disimpulkan bahwa kondisi seluruh ruas berada pada kategori sedang dengan nilai SDI antara 72,00–93,83. Jalan Kesambi memiliki nilai SDI tertinggi sebesar 93,83, sedangkan Jalan Pulasaren memiliki nilai terendah sebesar 72,00. Hasil analisis Pearson menunjukkan hubungan positif tetapi lemah antara LHR dan SDI dengan nilai korelasi 0,345 dan signifikansi 0,503, sehingga hubungan tersebut tidak signifikan secara statistik. Analisis regresi menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,119, yang menunjukkan bahwa LHR hanya menjelaskan 11,9% variasi nilai SDI, sedangkan 88,1% dipengaruhi oleh faktor lain di luar model. Berdasarkan kondisi tersebut, Jalan Kesambi dan Jalan Kalitanjung perlu memperoleh perhatian penanganan lebih awal karena memiliki nilai SDI dan volume lalu lintas relatif tinggi. Secara umum, penanganan pada koridor penelitian diarahkan pada pemeliharaan berkala, terutama perbaikan retak, deformasi lokal, dan kerusakan permukaan untuk mencegah perkembangan kerusakan menjadi lebih berat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Y. Prayoga, H. Herman, I. Farida, M. Fathir, and G. M. Lawalata, “Prioritas Pemeliharaan Jalan Kabupaten Berdasarkan Ketersediaan Alokasi Anggaran,” Jurnal Konstruksi, vol. 21, no. 2, pp. 281–288, Nov. 2023, doi: 10.33364/konstruksi/v.21-2.1550.

[2] T. A. Pangestu, S. Anjarwati, and T. Marhendi, “Analisis Skala Prioritas Pemeliharaan Jalan Provinsi Kabupaten Banyumas Metode Analytical Hierarchy Process (AHP),” CIVeng: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, vol. 4, no. 1, 2023, doi: 10.30595/civeng.v4i1.14492.

[3] R. D. Pangesti, B. H. Sulistiawati, H. L. Wahyono, Junaidi, and G. L. Goro, “Prioritas Pemeliharaan Jalan Berbasis Treatment Priority Index (TPI) di Jalan Perkerasan Aspal,” Bangun Rekaprima, vol. 10, no. 1, pp. 48–56, Apr. 2024, doi: 10.32497/bangunrekaprima.v10i1.5473.

[4] D. Jumas, V. Ariani, E. Rita, Sesmiwati, and A. Rozaan, “Optimasi Pemeliharaan Jalan: Model Pengambilan Keputusan Multi-Kriteria untuk Prioritas di Kabupaten Pasaman,” Jurnal Teknik Sipil, vol. 31, no. 3, pp. 327–334, Dec. 2024, doi: 10.5614/jts.2024.31.3.10.

[5] M. A. P. Judhono, A. Sjafruddin, and S. S. Wibowo, “Model Prioritisasi Penanganan Jalan Kota Jambi Berbasis Metode Analytical Hierarchy Process,” Jurnal Talenta Sipil, vol. 8, no. 2, 2025.

[6] R. Hidayatullah, “Analisis Kerusakan Jalan Menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI) dan Surface Distress Index

(SDI) Jalan Imam Bonjol-Tangerang," Jurnal Proyek Teknik Sipil, vol. 9, no. 1, pp. 67–72, Apr. 2026, doi: 10.14710/potensi.2026.29313.

[7] D. Vikram, Erizal, and Apriadi, "Analysis of Road Surfacing Using the Pavement Condition Index (PCI) and Surface Distress Index (SDI)," J. Sustain. Infrastructure, vol. 10, no. 2, pp. 337–346, Oct. 2025, doi: 10.29244/jsil.10.2.337-346.

[8] A. Zulmi, M. Mulizar, and G. Fitri, "Evaluasi Tingkat Kerusakan Permukaan Jalan dan Penanganannya Menggunakan Metode Bina Marga," Jurnal Sipil Sains Terapan, vol. 1, no. 1, 2018.

[9] S. Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung, Indonesia: Nova, 1999.

[10] F. L. Roberts, P. S. Kandhal, E. R. Brown, D.-Y. Lee, and T. W. Kennedy, Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction, 2nd ed. Lanham, MD, USA: NAPA Research and Education Foundation, 1996.

[11] A. Gusnilawati, "Analisis penilaian faktor kerusakan jalan dengan perbandingan metode Bina Marga, metode PCI (Pavement Condition Index), dan metode SDI (Surface Distress Index)," Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil, vol. 2, no. 1, 2021, doi: 10.31002/jris.v2i1.3388.

[12] T. T. Kusumaningroem, "Evaluasi kerusakan ruas jalan dengan menggunakan metode Surface Distress Index (SDI)," Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2019.

[13] Badan Pusat Statistik, "Surface Distress Index (SDI)," Metadata Indikator Statistik, 2025.

[14] N. Khoriana, M. J. Alkas, and E. Budiman, "Evaluasi tingkat kondisi lapisan permukaan jalan dengan menggunakan metode Surface Distress Index (BM 2011) dan metode Bina Marga 1990," Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, vol. 8, no. 1, 2024, doi: 10.30872/ts.v8i1.16027.

[15] Direktorat Jenderal Bina Marga, Manual Survei Kondisi Jalan untuk Pemeliharaan Rutin, Jakarta, Indonesia: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2011.

[16] M. Zaki, E. Rihandiar, D. Setiawan, and Ilham, "Analisis kerusakan jalan berdasarkan metode Surface Distress Index (SDI)," Jurnal Momen Teknik Sipil Suryakancana, vol. 8, no. 2, 2025, doi: 10.35194/jmts.v8i02.5888.

[17] Dinas PU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah, "Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR)."

[18] D. C. Montgomery, E. A. Peck, and G. G. Vining, Introduction to Linear Regression Analysis, 5th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2012.

JURNAL TEKNIK INDONESIA - VOL. 07 NO. 02 (Oktober 2026)
P-ISSN 2987-2723
E-ISSN 1987-0933

Analisis Kondisi Dan Prioritas Penanganan Struktur Atas Jembatan Monjot Menggunakan Metode Bridge Management System (BMS) Dan Analytical Hierarchy Process (AHP)

Buddy Achmad Setiady, Pratikso, Juny Andry Sulistyo
Universitas Islam Sultan Agung
E-mail Korespondensi: buddy.setiady1711@gmail.com

ABSTRACT

Bridges are essential transportation infrastructures that play a vital role in maintaining regional connectivity. Therefore, the condition of bridge structural elements must be periodically evaluated to ensure safety and serviceability. The Bridge Management System (BMS) is widely used to assess the condition of bridge elements; however, it cannot determine maintenance priorities when several elements have the same level of deterioration. Therefore, this study integrates the Bridge Management System (BMS) and the Analytical Hierarchy Process (AHP) to establish priority recommendations for the maintenance of the Monjot Bridge superstructure. This study aims to evaluate the condition of the Monjot Bridge superstructure using the BMS method and determine maintenance priorities through the integration of the BMS and AHP methods. Data were collected through visual inspections, documentation, literature review, and questionnaires distributed to five expert respondents. The BMS was employed to assess the condition of bridge elements, while the AHP was used to determine maintenance priorities through pairwise comparison, matrix normalization, eigenvector calculation, consistency testing, and global priority synthesis. The results showed that, of the 12 superstructure elements evaluated, 2 elements (16.67%) were classified as minor damage, 2 elements (16.67%) as moderate damage, 5 elements (41.66%) as major damage, and 3 elements (25.00%) as critical, indicating that 66.66% of the superstructure elements were in major to critical condition. The critical elements consisted of the Elastomer Bearing Pad, Girder, and Bearing Joint. The AHP analysis indicated that Safety Risk was the most influential criterion with a weight of 0.49, followed by Failure Consequence (0.36) and Element Function (0.15), with a Consistency Ratio (CR) of 0.07, indicating consistent judgments. The resulting maintenance priority ranking was Elastomer Bearing Pad (0.59), Girder (0.29), and Bearing Joint (0.12).

Keywords: *Bridge Management System (BMS), Analytical Hierarchy Process (AHP), bridge condition assessment, maintenance priority, bridge superstructure.*

ABSTRAK

Jembatan merupakan infrastruktur transportasi yang berperan penting dalam menjaga konektivitas antarwilayah, sehingga kondisi setiap elemen struktur perlu dievaluasi secara berkala untuk menjamin keamanan dan kelayakan fungsi. Metode Bridge Management System (BMS) mampu menilai kondisi elemen jembatan, namun belum dapat menentukan prioritas penanganan ketika beberapa elemen memiliki tingkat kerusakan yang sama. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi struktur atas Jembatan Monjot menggunakan metode Bridge Management System (BMS) serta menentukan rekomendasi prioritas penanganan melalui integrasi metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Penelitian dilakukan melalui inspeksi visual, dokumentasi, studi literatur, dan penyebaran kuesioner kepada lima responden ahli. Penilaian kondisi dilakukan menggunakan metode BMS, sedangkan penentuan prioritas penanganan menggunakan metode AHP melalui perbandingan berpasangan, normalisasi matriks, perhitungan eigen vector, uji konsistensi, dan sintesis prioritas global. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 12 elemen struktur atas yang dievaluasi, terdapat 2 elemen (16,67%) berkategori rusak ringan, 2 elemen (16,67%) berkategori rusak sedang, 5 elemen (41,66%) berkategori rusak berat, dan 3 elemen (25,00%) berkategori kritis, sehingga 66,66% elemen berada pada kondisi rusak berat hingga kritis. Elemen yang berkategori kritis yaitu Perletakan (Elastomer Bearing Pad), Gelagar, dan Sendi (Bearing Joint). Hasil AHP menunjukkan bahwa Risiko Keselamatan merupakan kriteria paling berpengaruh dengan bobot 0,49, diikuti Konsekuensi Kegagalan sebesar 0,36, dan Fungsi Elemen sebesar 0,15, dengan nilai Consistency Ratio (CR) = 0,07 yang menunjukkan

Jurnal Teknik Indonesia by Fakultas Teknik Undaris
is licensed under Creative Commons Attribution 4.0

penilaian konsisten. Prioritas penanganan yang dihasilkan berturut-turut adalah Perletakan (0,59), Gelagar (0,29), dan Sendi (0,12).

Kata Kunci: Bridge Management System (BMS), Analytical Hierarchy Process (AHP), kondisi jembatan, prioritas penanganan, struktur atas jembatan.

PENDAHULUAN

Jembatan merupakan bagian penting dari sistem transportasi karena berfungsi menjaga konektivitas antarwilayah dan mendukung kelancaran pergerakan masyarakat maupun distribusi barang. Kondisi jembatan yang mengalami penurunan dapat mengganggu pelayanan transportasi, meningkatkan risiko keselamatan, serta menyebabkan kebutuhan biaya pemeliharaan dan rehabilitasi yang semakin besar. Oleh karena itu, pemeriksaan kondisi secara berkala diperlukan untuk mengetahui tingkat kerusakan dan menentukan tindakan penanganan yang sesuai. Sistem manajemen jembatan di Indonesia dikembangkan untuk mendukung pemeriksaan kondisi, identifikasi kebutuhan penanganan, serta penyusunan program pemeliharaan dan rehabilitasi secara sistematis [1].

Seiring bertambahnya umur layanan, elemen jembatan dapat mengalami deteriorasi akibat beban lalu lintas, pengaruh lingkungan, penurunan mutu material, korosi, maupun berbagai bentuk kerusakan lainnya. Kondisi tersebut dapat memengaruhi kinerja elemen dan pada tingkat tertentu berdampak terhadap fungsi serta keselamatan jembatan. Penilaian kondisi pada tingkat elemen diperlukan agar keputusan pemeliharaan tidak hanya didasarkan pada kondisi jembatan secara keseluruhan, tetapi juga mempertimbangkan elemen yang mengalami kerusakan paling serius. Penelitian Pratiwi et al. menunjukkan bahwa kerusakan jembatan dapat disebabkan oleh penurunan mutu material, pengaruh lingkungan, beban yang bekerja, maupun benturan terhadap struktur sehingga evaluasi kondisi menjadi tahap penting dalam menentukan bentuk penanganan [2].

Di Indonesia, Bridge Management System (BMS) digunakan sebagai pendekatan sistematis dalam pemeriksaan dan penilaian kondisi jembatan. Penilaian BMS dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan terhadap elemen jembatan dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kondisi serta kebutuhan penanganan. Penelitian Sabidin et al. menunjukkan bahwa BMS dapat digunakan untuk memberikan penilaian kondisi jembatan dan mendukung perencanaan program pemeliharaan secara lebih terarah [3]. Penelitian Revias et al. juga menunjukkan bahwa BMS dapat digunakan untuk melakukan penilaian kondisi beberapa jembatan berdasarkan data

hasil inspeksi lapangan sehingga dapat mendukung pengelolaan dan pemeliharaan jembatan [4].

Meskipun BMS mampu memberikan informasi mengenai tingkat kondisi setiap elemen, hasil penilaian kondisi belum sepenuhnya menjawab persoalan ketika terdapat beberapa elemen dengan tingkat kerusakan yang sama. Elemen dengan nilai kondisi yang sama dapat memiliki tingkat urgensi penanganan yang berbeda apabila ditinjau dari aspek keselamatan, fungsi struktural, dan konsekuensi yang ditimbulkan apabila terjadi kegagalan. Dengan demikian, diperlukan pendekatan pengambilan keputusan multikriteria untuk menentukan elemen yang harus ditangani terlebih dahulu ketika beberapa elemen berada pada tingkat kondisi yang sama.

Salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria yang dapat digunakan adalah Analytical Hierarchy Process (AHP). AHP memungkinkan berbagai kriteria keputusan dibandingkan secara berpasangan sehingga dapat diperoleh bobot kepentingan masing-masing kriteria dan prioritas alternatif secara sistematis. Nurani et al. menerapkan AHP, Fuzzy AHP, dan TOPSIS untuk menentukan skala prioritas pemeliharaan jembatan di Banjarsari, Surakarta. Penelitian tersebut menggunakan hasil penilaian kondisi berdasarkan BMS sebagai salah satu dasar dalam menentukan prioritas pengelolaan jembatan [5]. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan pengambilan keputusan multikriteria dapat digunakan untuk melengkapi informasi kondisi yang diperoleh dari sistem penilaian jembatan.

Integrasi BMS dan AHP juga telah diterapkan dalam penelitian penilaian kondisi jembatan. Dewi et al. menggunakan BMS, Bridge Condition Rating (BCR), dan AHP untuk menentukan rekomendasi penanganan pada jembatan rangka baja. AHP digunakan untuk membantu penilaian komponen berdasarkan kriteria yang ditetapkan sehingga hasil evaluasi dapat digunakan untuk menentukan rekomendasi penanganan [6]. Meskipun demikian, penelitian tersebut memiliki fokus yang berbeda dengan penelitian ini. Penelitian ini secara khusus menggunakan hasil BMS untuk menyaring elemen struktur atas yang berada pada kondisi kritis, kemudian menggunakan AHP untuk menentukan urutan prioritas penanganan antar-elemen yang memiliki tingkat kondisi sama.

Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat celah penelitian pada proses pengambilan keputusan setelah diperoleh hasil penilaian kondisi elemen menggunakan BMS. BMS mampu mengidentifikasi elemen dengan kondisi kritis, tetapi ketika beberapa elemen memperoleh

nilai kondisi yang sama, diperlukan mekanisme tambahan untuk menentukan elemen yang harus ditangani terlebih dahulu. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengintegrasikan BMS dan AHP pada tingkat elemen struktur atas. BMS digunakan untuk mengidentifikasi kondisi dan menyaring elemen kritis, sedangkan AHP digunakan untuk menentukan prioritas berdasarkan tiga kriteria, yaitu risiko keselamatan, fungsi elemen, dan konsekuensi kegagalan.

Penelitian dilakukan pada Jembatan Monjot dengan fokus pada elemen struktur atas. Tahapan penelitian meliputi inspeksi visual, penilaian kondisi menggunakan BMS, penentuan elemen dengan kondisi kritis sebagai alternatif AHP, pembobotan kriteria berdasarkan penilaian lima responden ahli, pengujian konsistensi, pembobotan alternatif, dan sintesis prioritas global. Pendekatan tersebut digunakan untuk menghasilkan urutan prioritas penanganan yang dapat memberikan dasar pengambilan keputusan yang lebih sistematis.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi struktur atas Jembatan Monjot berdasarkan metode BMS, menganalisis kondisi setiap elemen struktur atas berdasarkan hasil inspeksi visual menggunakan BMS, serta menentukan rekomendasi prioritas penanganan berdasarkan integrasi hasil BMS dan AHP. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan pendekatan yang lebih sistematis dalam menentukan prioritas penanganan elemen jembatan, khususnya ketika terdapat beberapa elemen yang berada pada tingkat kondisi kritis yang sama.

LANDASAN TEORI

Jembatan dan Struktur Atas

Jembatan merupakan bagian dari sistem infrastruktur jalan yang berfungsi mempertahankan konektivitas dan kelancaran pergerakan kendaraan pada lokasi yang memiliki hambatan geografis maupun infrastruktur lainnya. Dalam pengelolaannya, jembatan perlu diperiksa dan dipelihara secara berkala untuk mempertahankan kondisi pelayanan serta memperpanjang umur layan. Sistem manajemen jembatan dikembangkan untuk membantu proses pemeriksaan, penilaian kondisi, penentuan kebutuhan penanganan, dan penyusunan prioritas pemeliharaan [7].

Struktur jembatan terdiri atas struktur atas (superstructure), struktur bawah (substructure), dan komponen pelengkap. Struktur atas merupakan bagian yang menerima beban lalu lintas dan meneruskannya melalui elemen struktural menuju struktur bawah. Elemen struktur atas dapat terdiri atas gelagar, lantai,

sambungan, perletakan, expansion joint, serta elemen lainnya sesuai dengan sistem struktur yang digunakan. Penilaian kondisi pada tingkat elemen diperlukan karena tingkat kerusakan setiap elemen dapat berbeda dan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kinerja jembatan [8].

Deteriorasi dan Kerusakan Jembatan

Deteriorasi merupakan proses penurunan kondisi struktur yang terjadi selama masa layanan akibat kombinasi beban, lingkungan, umur material, dan faktor pemeliharaan. Kerusakan pada jembatan dapat berupa korosi, retak, deformasi, kerusakan sambungan, kerusakan perletakan, serta kerusakan komponen lantai dan pelengkap. Penilaian kondisi secara langsung melalui inspeksi diperlukan untuk mengidentifikasi kerusakan pada elemen dan menentukan kebutuhan penanganan [8], [9].

Pratiwi et al. menunjukkan bahwa evaluasi kondisi melalui pemeriksaan lapangan dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kerusakan jembatan dan menentukan alternatif penanganan seperti pemeliharaan, rehabilitasi, maupun penggantian elemen [9]. Dengan demikian, pemeriksaan pada tingkat elemen menjadi dasar penting sebelum dilakukan pengambilan keputusan mengenai prioritas penanganan.

Bridge Management System (BMS)

Bridge Management System (BMS) merupakan sistem manajemen yang digunakan untuk mendukung pemeriksaan dan pengelolaan jembatan secara sistematis. Dalam penerapannya di Indonesia, BMS digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi elemen jembatan dan kebutuhan penanganannya. Pengembangan sistem manajemen jembatan di Indonesia telah diarahkan untuk membantu proses pemeriksaan, penilaian, serta pengelolaan jembatan berdasarkan kondisi aktual [7], [10].

Penilaian menggunakan BMS dilakukan melalui pemeriksaan terhadap elemen jembatan dan identifikasi karakteristik kerusakan. Hasil pemeriksaan selanjutnya digunakan untuk menghasilkan nilai kondisi yang menggambarkan tingkat kerusakan elemen. Penelitian Nurani et al. menunjukkan bahwa standar BMS 1993 dapat digunakan untuk mengkuantifikasi kondisi kerusakan jembatan berdasarkan observasi visual secara langsung dan selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis prioritas pemeliharaan [11].

Dalam penelitian, BMS digunakan sebagai tahap diagnosis kondisi, yaitu untuk menilai seluruh elemen struktur atas Jembatan Monjot. Hasil tersebut kemudian digunakan untuk mengidentifikasi elemen yang berada pada

kondisi kritis sebagai alternatif dalam analisis AHP.

Nilai Kondisi Elemen Jembatan

Nilai Kondisi (NK) digunakan untuk menggambarkan tingkat kondisi elemen berdasarkan hasil pemeriksaan. Penilaian kondisi pada tingkat elemen memungkinkan pengelola jembatan mengetahui elemen yang mengalami kerusakan dan membutuhkan perhatian penanganan. Penelitian mengenai BMS menunjukkan bahwa hasil penilaian kondisi dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan pemeliharaan dan rehabilitasi [9], [11].

Tabel 1. Kategori Kondisi

Nilai Kondisi (NK)	Kategori Kondisi
1	Rusak Ringan
2	Rusak Sedang
3	Rusak Berat
4	Kritis

Elemen dengan NK = 4 ditetapkan sebagai elemen dalam kondisi kritis dan selanjutnya digunakan sebagai alternatif pada analisis AHP. Pendekatan ini menyebabkan BMS berfungsi sebagai metode untuk menyaring alternatif berdasarkan kondisi, sedangkan AHP digunakan untuk menentukan urutan prioritas di antara alternatif yang telah teridentifikasi kritis.

Inspeksi Visual Jembatan

Inspeksi visual merupakan metode pemeriksaan kondisi fisik jembatan dengan melakukan pengamatan langsung terhadap elemen dan kerusakan yang dapat diidentifikasi secara visual. Pemeriksaan ini digunakan untuk mengetahui jenis, lokasi, karakteristik, dan tingkat kerusakan elemen. BMS dapat menggunakan hasil pemeriksaan visual sebagai salah satu dasar dalam penilaian kondisi jembatan [11].

Nurani et al. menggunakan pemeriksaan visual langsung berdasarkan BMS 1993 untuk mengkuantifikasi kondisi kerusakan sejumlah jembatan sebelum dilakukan analisis prioritas menggunakan AHP, Fuzzy AHP, dan TOPSIS [11]. Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil inspeksi visual dapat menjadi input penting dalam menghubungkan penilaian kondisi dengan proses pengambilan keputusan pemeliharaan.

Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan metode pengambilan keputusan multikriteria yang digunakan untuk menentukan tingkat kepentingan relatif berbagai kriteria dan alternatif. AHP menyusun permasalahan ke dalam struktur hierarki yang terdiri atas tujuan, kriteria, dan alternatif, kemudian melakukan perbandingan berpasangan untuk memperoleh bobot prioritas [12].

Dalam pengelolaan jembatan, AHP dapat digunakan untuk mengakomodasi berbagai pertimbangan dalam menentukan prioritas pemeliharaan. Rakhmatika menunjukkan bahwa AHP dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mendukung program BMS dengan pendekatan yang lebih terukur dalam menentukan prioritas pemeliharaan jembatan ketika sumber daya terbatas [13]. Penelitian Nurani et al. juga menunjukkan penggunaan AHP untuk menentukan skala prioritas pemeliharaan jembatan berdasarkan kondisi dan lalu lintas [11].

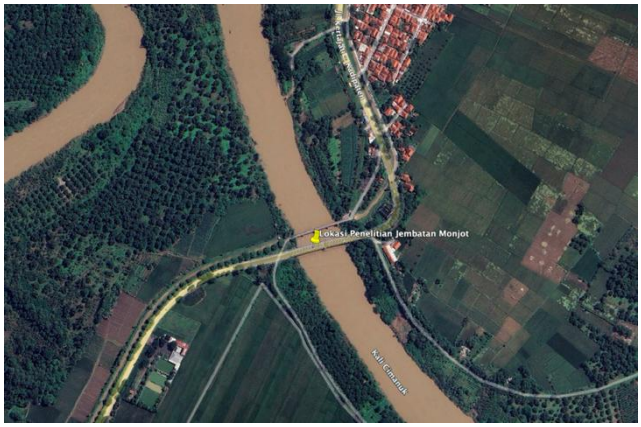
METODOLOGI PENELITIAN

Bentuk Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode analisis Bridge Management System (BMS) dan Analytical Hierarchy Process (AHP). BMS digunakan untuk mengidentifikasi dan menilai kondisi setiap elemen struktur atas Jembatan Monjot berdasarkan hasil inspeksi visual. Selanjutnya, elemen yang berada pada kondisi kritis digunakan sebagai alternatif dalam analisis AHP untuk menentukan urutan prioritas penanganan berdasarkan beberapa kriteria pengambilan keputusan.

Lokasi dan Objek Penelitian

Objek penelitian adalah Jembatan Monjot yang menghubungkan wilayah Kabupaten Majalengka dan Kabupaten Indramayu. Penelitian difokuskan pada kondisi struktur atas jembatan. Elemen yang diperiksa meliputi sandaran (parapet/railing), lantai kendaraan, batang tepi atas, batang tepi bawah, batang diagonal/vertikal, ikatan angin (bracing), plat lantai, sambungan (connection), expansion joint, perletakan (elastomer bearing pad), gelagar, dan sendi (bearing joint).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Data Penelitian

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui inspeksi visual terhadap elemen struktur atas dan kuesioner AHP kepada lima responden ahli. Data sekunder berupa data pendukung mengenai Jembatan Monjot, dokumen atau informasi teknis jembatan, serta literatur yang berkaitan dengan BMS dan AHP.

Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui inspeksi

visual, dokumentasi, studi literatur, dan kuesioner. Inspeksi visual dilakukan untuk mengidentifikasi jenis dan tingkat kerusakan pada setiap elemen struktur atas. Dokumentasi digunakan untuk merekam kondisi aktual elemen sebagai pendukung hasil inspeksi. Studi literatur digunakan untuk memperoleh dasar teoritis dan metodologis BMS serta AHP. Sementara itu, kuesioner AHP diberikan kepada lima responden ahli untuk memperoleh penilaian perbandingan berpasangan terhadap kriteria dan alternatif.

Penilaian Kondisi Menggunakan BMS

Data hasil inspeksi visual dianalisis menggunakan BMS untuk memperoleh Nilai Kondisi (NK) masing-masing elemen. Penilaian dilakukan berdasarkan parameter Structure (S), Damage (R), Quantity (K), Function (F), dan Influence (P) sesuai pendekatan BMS yang digunakan dalam penelitian.

Penyusunan Hierarki AHP

AHP digunakan untuk menentukan prioritas penanganan terhadap elemen yang telah teridentifikasi kritis berdasarkan BMS. Hierarki keputusan terdiri atas tiga tingkatan, yaitu tujuan, kriteria, dan alternatif.

Tujuan: menentukan prioritas penanganan struktur atas Jembatan Monjot.

Kriteria:
(1) Risiko Keselamatan;
(2) Konsekuensi Kegagalan; dan
(3) Fungsi Elemen.

Alternatif:
(1) Perletakan (Elastomer Bearing Pad);
(2) Gelagar; dan
(3) Sendi (Bearing Joint).

Dengan demikian, AHP tidak digunakan untuk menilai kembali kondisi elemen, tetapi digunakan untuk membedakan prioritas penanganan antar-elemen yang sama-sama memiliki NK = 4.

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Analisis dan perhitungan dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap untuk menjawab tiga rumusan masalah. Tahap pertama adalah menganalisis kondisi struktur atas dan kondisi masing-masing elemen menggunakan Bridge Management System (BMS). Tahap kedua adalah menggunakan hasil BMS untuk mengidentifikasi elemen dengan kondisi kritis sebagai alternatif penanganan. Tahap ketiga adalah menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk menentukan bobot kriteria dan urutan prioritas penanganan elemen kritis.

Analisis Kondisi Struktur Atas Berdasarkan BMS

Analisis kondisi struktur atas dilakukan

berdasarkan hasil inspeksi visual terhadap 12 elemen struktur atas Jembatan Monjot. Setiap elemen dinilai berdasarkan parameter BMS, yaitu Structure (S), Damage (R), Quantity (K), Function (F), dan Influence (P). Hasil penilaian tersebut digunakan untuk memperoleh Nilai Kondisi (NK) masing-masing elemen. Persentase masing-masing kategori dihitung menggunakan:

$$P = \frac{ni}{N} \times 100\%$$

Berdasarkan hasil penilaian, dari 12 elemen terdapat 2 elemen rusak ringan, 2 elemen rusak sedang, 5 elemen rusak berat, dan 3 elemen kritis. Persentase masing-masing kategori dihitung sebagai berikut:

$P_{ringan} = \frac{2}{12} \times 100\% = 16{,}67\%$,

meliputi Sandaran (Parapet/Railing), Plat Lantai

$P_{sedang} = \frac{2}{12} \times 100\% = 16{,}67\%$,

meliputi Lantai Kendaraan, Batang Diagonal/Vertikal

$P_{berat} = \frac{5}{12} \times 100\% = 41{,}67\%$,

meliputi Batang Tepi Atas, Batang Tepi Bawah, Ikatan Angin (Bracing), Sambungan (Connection), Expansion Joint

$Pkritis = \frac{3}{12} \times 100\% = 25{,}00\%$,

meliputi Perletakan (Elastomer Bearing Pad), Gelagar, Sendi (Bearing Joint)

Dengan demikian, elemen yang berada pada kondisi rusak berat hingga kritis berjumlah:

$5 + 3 = 8\ elemen$

atau:

$$\frac{8}{12} \times 100\% = 66{,}67\%$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar elemen struktur atas berada pada kondisi yang memerlukan perhatian penanganan.

Identifikasi Alternatif Penanganan

Hasil penilaian BMS selanjutnya digunakan untuk menentukan alternatif pada analisis AHP. Untuk menjaga agar analisis AHP tetap fokus pada elemen dengan tingkat urgensi tertinggi, alternatif dibatasi pada elemen dengan NK = 4 (kritis).

Berdasarkan hasil BMS, diperoleh tiga alternatif, disajikan pada Gambar 2. Ketiga elemen tersebut kemudian dibandingkan menggunakan AHP berdasarkan tiga kriteria, yaitu Risiko Keselamatan (C1), Konsekuensi Kegagalan (C2), dan Fungsi Elemen (C3).

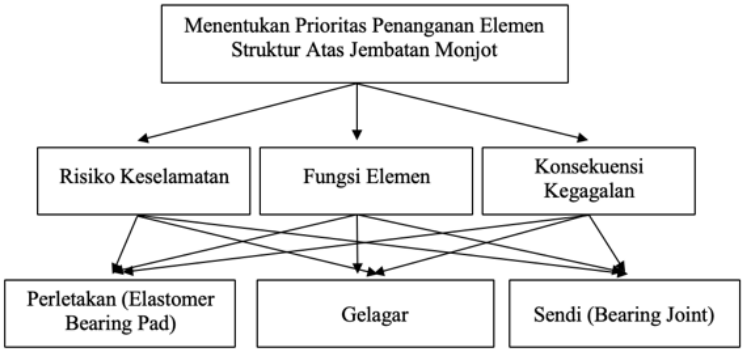
Analisis Pembobotan Kriteria Menggunakan AHP

Pembobotan kriteria dilakukan berdasarkan hasil kuesioner dari lima responden ahli. Setiap responden memberikan penilaian perbandingan

berpasangan terhadap tiga kriteria. Nilai penilaian dari kelima responden digabungkan menggunakan geometric mean:

$$GM = \sqrt[5]{x_1 x_2 x_3 x_4 x_5}$$

Hasil penggabungan tersebut membentuk matriks perbandingan berpasangan kriteria.



Gambar 2. Hierarki Keputusan Metode Analytical Hierarchy Process

Normalisasi Matriks Kriteria

Setiap nilai pada matriks dibagi dengan jumlah kolomnya:

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}}$$

Hasil normalisasi kemudian digunakan untuk memperoleh bobot prioritas masing-masing kriteria.

Perhitungan Bobot Kriteria

Bobot setiap kriteria diperoleh dari rata-rata nilai setiap baris matriks normalisasi:

$$w_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} a'_{ij}}{3}$$

Tabel 2. Bobot Kriteria

Kriteria	Bobot	Persentase	Peringkat
Risiko Keselamatan	0,49	49%	I
Konsekuensi Kegagalan	0,36	36%	II
Fungsi Elemen	0,15	15%	III

Hasil tersebut menunjukkan bahwa Risiko Keselamatan merupakan kriteria paling dominan dengan bobot 0,49. Artinya, dalam penentuan prioritas penanganan, aspek keselamatan memiliki kontribusi terbesar dibandingkan konsekuensi kegagalan dan fungsi elemen.

Analisis Konsistensi

Konsistensi matriks kriteria diuji menggunakan nilai λ_{max}, Consistency Index (CI), dan

Consistency Ratio (CR).

Nilai CI dihitung menggunakan:

$$CI = \frac{\lambda max - n}{n - 1}$$

Dengan jumlah kriteria n = 3 dan nilai λ_{max} = 3,13, maka:

$$CI = \frac{3{,}13 - 3}{3 - 1}$$

$$CI = \frac{0{,}13}{2} = 0{,}065 \approx 0{,}07$$

Selanjutnya, dengan Random Index (RI) = 0,58, nilai CR dihitung:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

$$CR = \frac{0{,}065}{0{,}58} = 0{,}112$$

Dengan CR = 0,07 < 0,10, matriks kriteria dinyatakan konsisten.

Pembobotan Alternatif Berdasarkan Masing-Masing Kriteria

Setelah bobot kriteria diperoleh, dilakukan perbandingan berpasangan terhadap tiga alternatif pada masing-masing kriteria. Tahapan perhitungan meliputi pembentukan matriks, normalisasi, dan perhitungan eigen vector.

1. Berdasarkan Risiko Keselamatan

   Hasil pembobotan alternatif berdasarkan risiko keselamatan adalah:

Tabel 3. Bobot Alternatif Berdasarkan Risiko Keselamatan

Alternatif	Bobot	Peringkat
Perletakan	0,59	I
Gelagar	0,28	II
Sendi	0,13	III

Perletakan memperoleh bobot tertinggi sebesar 0,59 sehingga menjadi alternatif yang paling dominan apabila ditinjau dari risiko keselamatan.

2. Berdasarkan Fungsi Elemen

   Hasil pembobotan alternatif berdasarkan fungsi elemen adalah:

Tabel 4. Bobot Alternatif Berdasarkan Fungsi Elemen

Alternatif	Bobot	Peringkat
Perletakan	0,66	I
Gelagar	0,21	II
Sendi	0,12	III

Perletakan memperoleh bobot tertinggi sebesar 0,66, menunjukkan bahwa elemen tersebut dinilai memiliki kepentingan paling besar terhadap fungsi sistem struktur.

3. Berdasarkan Konsekuensi Kegagalan

   Perletakan kembali memperoleh bobot tertinggi sebesar 0,57, yang menunjukkan bahwa kegagalan elemen tersebut dipandang memberikan konsekuensi paling besar dibandingkan alternatif lainnya.

Hasil pembobotan alternatif berdasarkan konsekuensi kegagalan adalah:

Tabel 5. Bobot Alternatif Berdasarkan Konsekuensi Kegagalan

Alternatif	Bobot	Peringkat
Perletakan	0,57	I
Gelagar	0,33	II
Sendi	0,10	III

Sintesis Prioritas Penanganan

Tahap terakhir adalah menggabungkan bobot kriteria dan bobot alternatif untuk memperoleh prioritas global. Secara matematis, prioritas global dihitung dengan:

$P_i = \sum_{j=1}^{3} w_j a_{ij}$

dengan w_j merupakan bobot kriteria dan a_{ij} merupakan bobot alternatif terhadap kriteria.

Secara konseptual, perhitungan untuk Perletakan dilakukan dengan:

$$P_{Perletakan} = (w1 \times a11) + (w2 \times a12) + (w3 \times a13)$$

Dengan bobot kriteria:

$w_1 = 0{,}49, w_2 = 0{,}36, w_3 = 0{,}15$

dan bobot alternatif pada masing-masing kriteria berasal dari hasil AHP. Hasil sintesis global yang diperoleh adalah:

Tabel 6. Sintesis Global

Peringkat	Alternatif	Bobot Global
I	Perletakan (Elastomer Bearing Pad)	0,59
II	Gelagar	0,29
III	Sendi (Bearing Joint)	0,12

Dengan demikian, Perletakan menjadi prioritas pertama penanganan, diikuti Gelagar dan Sendi.

Hasil tersebut memperlihatkan fungsi integrasi kedua metode. BMS terlebih dahulu mengidentifikasi tiga elemen yang sama-sama berada pada NK = 4 (kritis). Karena ketiga elemen tersebut memiliki tingkat kondisi yang sama, nilai NK saja belum mampu membedakan elemen mana yang harus ditangani terlebih dahulu. AHP kemudian digunakan untuk membedakan ketiganya berdasarkan risiko keselamatan, konsekuensi kegagalan, dan fungsi elemen, sehingga diperoleh urutan prioritas penanganan yang lebih spesifik.

PENUTUP

Berdasarkan hasil penilaian kondisi struktur atas Jembatan Monjot menggunakan metode Bridge Management System (BMS) dan penentuan prioritas penanganan menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP), dapat disimpulkan bahwa dari 12 elemen yang diperiksa terdapat 2 elemen (16,67%) dalam kondisi rusak ringan,

yaitu Sandaran (Parapet/Railing) dan Plat Lantai; 2 elemen (16,67%) dalam kondisi rusak sedang, yaitu Lantai Kendaraan dan Batang Diagonal/Vertikal; 5 elemen (41,67%) dalam kondisi rusak berat, yaitu Batang Tepi Atas, Batang Tepi Bawah, Ikatan Angin (Bracing), Sambungan (Connection), dan Expansion Joint; serta 3 elemen (25,00%) dalam kondisi kritis, yaitu Perletakan (Elastomer Bearing Pad), Gelagar, dan Sendi (Bearing Joint). Dengan demikian, 66,67% elemen berada pada kondisi rusak berat hingga kritis.

Hasil analisis AHP menunjukkan bahwa Risiko Keselamatan merupakan kriteria dengan bobot kepentingan tertinggi sebesar 0,49, diikuti Konsekuensi Kegagalan sebesar 0,36, dan Fungsi Elemen sebesar 0,15. Hasil pengujian konsistensi menghasilkan Consistency Ratio (CR) sebesar 0,07, sehingga penilaian responden dinyatakan konsisten. Berdasarkan sintesis bobot kriteria dan alternatif, urutan prioritas penanganan adalah Perletakan (Elastomer Bearing Pad) dengan bobot global 0,59, Gelagar sebesar 0,29, dan Sendi (Bearing Joint) sebesar 0,12. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi BMS dan AHP dapat melengkapi proses penilaian kondisi dengan pengambilan keputusan multikriteria, khususnya untuk membedakan prioritas penanganan pada elemen yang memiliki tingkat kondisi sama.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Direktorat Jenderal Bina Marga, Sistem Manajemen Jembatan (Bridge Management System): Panduan Prosedur Umum IBMS. Jakarta, Indonesia: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1993.

[2] A. Y. Pratiwi, N. Chairunnisa, I. Prasetia, I. F. Radam, and R. Nurwidayati, “Bridge Management System dan Bridge Condition Rating pada evaluasi kondisi jembatan girder baja komposit di Kabupaten Tapin,” Buletin Profesi Insinyur, vol. 6, no. 1, pp. 26–31, 2023, doi: 10.20527/bpi.v6i1.180.

[3] S. Sabidin, R. Karlinasari, and Antonius, “Penilaian jembatan menggunakan Bridge Management System (BMS) berbasis Android,” Rang Teknik Journal, vol. 7, no. 1, pp. 139–146, 2024, doi: 10.31869/rtj.v7i1.4200.

[4] Revias, E. Rahmadona, and R. Marpen, “Bridge condition assessment system using the Bridge Management System (BMS) method: Case study of 5 bridges in PALI District, South Sumatra Province,” in Proc. First ESC-SI 2023, 2024, doi: 10.2991/978-94-6463-386-3_52.

[5] A. I. Nurani, A. T. Pramudyaningrum, S. R. Fadhila, S. Sangadji, and W. Hartono, “Analytical Hierarchy Process (AHP), Fuzzy AHP, and TOPSIS for determining bridge maintenance priority scale in Banjarsari, Surakarta,” International Journal of Science and Applied Science: Conference Series, vol. 2, no. 1, pp. 60–71, 2018, doi: 10.20961/ijsascs.v2i1.16680.

[6] R. R. Dewi, A. Triwiyono, and H. Priyosulistyo, “Penilaian kondisi jembatan menggunakan BMS, BCR dan AHP untuk menentukan rekomendasi penanganan:

Studi kasus penilaian kondisi jembatan rangka baja Tulung, Yogyakarta," Simposium Nasional Teknologi Infrastruktur, 2024.

[7] R. P. Pratama, H. Vaza, H. A. Halim, and R. R. Irawan, Pengembangan Sistem Manajemen Jembatan Terpadu. Bandung, Indonesia: Puslitbang Jalan dan Jembatan, 2015.

[8] A. Y. Pratiwi, N. Chairunnisa, I. Prasetia, I. F. Radam, and R. Nurwidayati, "Bridge Management System dan Bridge Condition Rating pada evaluasi kondisi jembatan girder baja komposit di Kabupaten Tapin," Buletin Profesi Insinyur, vol. 6, no. 1, pp. 26–31, 2023.

[9] A. Y. Pratiwi, N. Chairunnisa, I. Prasetia, I. F. Radam, and R. Nurwidayati, "Bridge Management System dan Bridge Condition Rating pada evaluasi kondisi jembatan girder baja komposit di Kabupaten Tapin," Buletin Profesi Insinyur, vol. 6, no. 1, pp. 26–31, 2023.

[10] Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Sistem Manajemen Jembatan: Panduan Prosedur Umum IBMS. Bandung, Indonesia: Departemen Pekerjaan Umum, 1993.

[11] A. I. Nurani, A. T. Pramudyaningrum, S. R. Fadhila, S. Sangadji, and W. Hartono, "Analytical Hierarchy Process (AHP), Fuzzy AHP, and TOPSIS for determining bridge maintenance priority scale in Banjarsari, Surakarta," International Journal of Science and Applied Science: Conference Series, vol. 2, no. 1, pp. 60–71, 2018.

[12] T. L. Saaty, The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1980.

[13] R. Rakhmatika, "Penentuan urutan prioritas penanganan pemeliharaan jembatan ruas jalan nasional di Pulau Bangka Provinsi Kepulauan Bangka Belitung," Media Komunikasi Teknik Sipil, vol. 23, no. 1, 2017.

JURNAL TEKNIK INDONESIA - VOL. 07 NO. 02 (Oktober 2026)
P-ISSN 2987-2723
E-ISSN 1987-0933

Analisis Kinerja Struktur Gedung Laboratorium Kesehatan Daerah di Salatiga Terhadap Beban Gempa

Afifatul Askha, Trenggana Indra Pambudi Nuswantara, Agung Hari Wibowo, Tenardhy Aryarama Wijaya
Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman
E-mail Korespondensi: afifatulaskha@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia has a significant seismic hazard because of its tectonic setting. This study evaluates the seismic response of a three-storey Health Laboratory building in Salatiga and assesses the adequacy of its minipile foundation. A three-dimensional structural model was developed in SAP2000 using response spectrum analysis in accordance with SNI 1726:2019, while foundation behavior was evaluated using SPT data, Meyerhof-based bearing-capacity calculations, and AllPile. The seismic parameters adopted for Salatiga were Ss = 0.9521 and S1 = 0.4236, with site class SD and Seismic Design Category C. The Intermediate Moment Resisting Frame system was used with response modification factor R = 5. The cumulative mass participation from 12 modes exceeded 90%, and the interstory drifts remained below the 100 mm allowable limit. The proposed foundation consists of 300 × 300 mm minipiles with a length of 4 m. AllPile produced group capacities of 2688.894 kN, 1918.7 kN, and 1659.1 kN for corner, edge, and interior columns, respectively. Settlement remained below the 25 mm allowable value. Overall, the evaluated structural and foundation systems satisfied the applicable safety criteria.

Keywords: *seismic response; SAP2000; response spectrum; minipile; AllPile*

ABSTRAK

Indonesia memiliki tingkat ancaman gempa yang cukup tinggi sehingga aspek ketahanan seismik perlu diperhatikan pada bangunan dengan fungsi strategis, termasuk laboratorium kesehatan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi respons struktur gedung Laboratorium Kesehatan Daerah tiga lantai di Salatiga terhadap beban gempa sekaligus menilai kelayakan pondasi minipile yang digunakan. Analisis struktur dilakukan dengan pemodelan tiga dimensi pada SAP2000 menggunakan metode respons spektrum sesuai SNI 1726:2019. Analisis pondasi memanfaatkan data SPT, pendekatan Meyerhof untuk kapasitas dukung, dan perangkat lunak AllPile. Parameter gempa yang digunakan adalah Ss = 0,9521 dan S1 = 0,4236 dengan kelas situs SD serta Kategori Desain Seismik C. Struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dengan faktor reduksi gempa R = 5. Partisipasi massa kumulatif dari 12 mode telah melampaui 90% dan simpangan antar lantai berada di bawah batas 100 mm. Pondasi yang ditinjau berupa minipile 300 × 300 mm dengan panjang 4 m. Kapasitas kelompok tiang hasil AllPile mencapai 2688,894 kN pada kolom sudut, 1918,7 kN pada kolom tepi, dan 1659,1 kN pada kolom tengah. Penurunan seluruh kelompok tiang berada di bawah batas izin 25 mm. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa struktur atas dan pondasi yang direncanakan memenuhi kriteria keamanan yang digunakan.

Kata Kunci: beban gempa; SAP2000; respons spektrum; minipile; AllPile

PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia berada pada lingkungan tektonik aktif sehingga kejadian gempa merupakan salah satu kondisi pembebanan yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan struktur. Getaran tanah akibat gempa dapat menghasilkan respons dinamis pada bangunan dan memicu deformasi maupun kerusakan apabila kapasitas serta daktilitas struktur tidak memadai [1], [2]. Oleh sebab itu, bangunan bertingkat harus dievaluasi dengan mempertimbangkan massa, kekakuan, konfigurasi struktur, karakteristik tanah, dan

Jurnal Teknik Indonesia by Fakultas Teknik Undaris
is licensed under Creative Commons Attribution 4.0

sistem penahan gaya lateral.

Laboratorium kesehatan memiliki fungsi penting karena mendukung kegiatan pemeriksaan dan pelayanan kesehatan. Bangunan dengan fungsi tersebut perlu memiliki tingkat keandalan yang memadai agar tidak mengalami keruntuhan ketika terjadi gempa. Objek penelitian merupakan gedung Laboratorium Kesehatan Daerah di Salatiga yang terdiri atas tiga lantai dengan struktur utama beton bertulang. Respons struktur dianalisis menggunakan SAP2000 dan metode respons spektrum, sedangkan pondasi ditinjau menggunakan data Standard Penetration Test (SPT) serta analisis AllPile.

Permasalahan penelitian meliputi penentuan parameter gempa dan respons struktur, pemeriksaan kecukupan gaya geser dasar serta simpangan antar lantai, dan evaluasi pondasi terhadap beban aksial, lateral, dan momen. Tujuan penelitian adalah memperoleh gambaran kuantitatif mengenai perilaku struktur terhadap beban gempa dan memastikan pondasi mampu meneruskan beban secara aman ke tanah pendukung. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi akademik dan bahan evaluasi teknis untuk bangunan beton bertulang bertingkat rendah pada kondisi seismik yang sebanding.

LANDASAN TEORI

Gempa bumi diperlakukan sebagai aksi dinamis karena percepatan tanah menyebabkan gaya inersia pada massa bangunan. Respons struktur ditentukan oleh karakteristik massa dan kekakuan serta sifat getaran alaminya [1]. Dalam desain tahan gempa, sasaran utama bukan selalu mempertahankan struktur tetap elastis pada gempa kuat, melainkan mengendalikan kerusakan dan mencegah keruntuhan total. Konsep daktilitas penting karena struktur yang mampu mengalami deformasi pasca-leleh secara terkendali dapat menyerap energi gempa dengan lebih baik [1], [2].

SNI 1726:2019 digunakan sebagai dasar penentuan parameter seismik, kategori risiko, sistem struktur, serta pemeriksaan respons bangunan [3]. Parameter percepatan batuan dasar yang digunakan adalah Ss untuk periode pendek dan S1 untuk periode 1 detik. Penelitian ini menggunakan Ss = 0,9521 dan S1 = 0,4236 dengan kelas situs SD. Hasil penentuan menempatkan bangunan pada Kategori Desain Seismik C dan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dengan R = 5.

Analisis respons spektrum mempertimbangkan sejumlah mode getar struktur. Respons masing-masing mode kemudian dikombinasikan untuk memperoleh respons total. Metode ini dapat

digunakan untuk mengevaluasi periode getar, partisipasi massa, gaya geser dasar, gaya dalam, dan simpangan antar lantai. Karena terdapat mode dengan periode yang berdekatan, kombinasi Complete Quadratic Combination (CQC) digunakan untuk memperhitungkan korelasi antar-ragam [1], [3].

Pada sisi geoteknik, pondasi harus mampu menyalurkan gaya dari struktur ke tanah tanpa mengalami kegagalan kapasitas maupun penurunan yang melampaui batas. Data N-SPT digunakan sebagai dasar penilaian kondisi lapisan tanah dan estimasi kapasitas dukung. Kapasitas aksial tiang dihitung dari kontribusi daya dukung ujung dan gesekan selimut, sedangkan kelompok tiang dievaluasi dengan memperhatikan efisiensi kelompok [6], [7]. Kontrol geoteknik dan struktural mengacu pada SNI 8460:2017 dan SNI 2847:2019 [4], [5].

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian menggunakan pendekatan analisis kuantitatif terhadap satu objek, yaitu gedung Laboratorium Kesehatan Daerah di Salatiga. Data struktur dan data tanah diambil dari dokumen perencanaan yang menjadi dasar Tugas Akhir. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, penentuan parameter gempa, pemodelan struktur tiga dimensi, pembebanan, analisis respons spektrum, pemeriksaan respons struktur, pengambilan reaksi tumpuan, analisis kapasitas pondasi, kontrol penurunan dan lateral, serta evaluasi pile cap.

Pemodelan struktur dilakukan pada SAP2000 dengan memasukkan geometri bangunan, dimensi elemen, material, kondisi tumpuan, dan pola beban. Beban yang dipertimbangkan terdiri atas beban mati, beban hidup, dan beban gempa respons spektrum. Kombinasi pembebanan disusun mengacu pada ketentuan yang digunakan dalam Tugas Akhir, termasuk komponen gempa arah X dan Y.

Untuk analisis pondasi, data SPT digunakan sebagai representasi kondisi lapisan tanah. Pondasi yang dipilih berupa minipile 300 × 300 mm dengan panjang 4 m. Perhitungan kapasitas aksial dilakukan dengan pendekatan Meyerhof, kemudian reaksi tumpuan SAP2000 digunakan sebagai input AllPile. Pemeriksaan mencakup kapasitas kelompok tiang, penurunan, respons lateral, dan momen lentur yang menjadi dasar evaluasi pile cap.

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Analisis dilakukan dalam dua bagian yang saling terhubung, yaitu evaluasi struktur atas dan evaluasi sistem pondasi. Hasil SAP2000 menjadi dasar untuk menentukan kecukupan respons seismik sekaligus menyediakan reaksi tumpuan untuk tahap perencanaan pondasi.

Parameter	Nilai
Mutu beton (fc')	25 MPa
Mutu baja tulangan (fy)	420 MPa
Berat jenis beton	±25 kN/m³
Ss	0,9521
S1	0,4236
Kelas situs	SD
Kategori Desain Seismik	C
Sistem struktur	SRPMM
R	5

Parameter Gempa dan Respons Struktur

Nilai parameter percepatan batuan dasar untuk lokasi Salatiga adalah Ss = 0,9521 dan S1 = 0,4236. Dengan kelas situs SD dan kategori risiko II, faktor keutamaan gempa digunakan sebesar Ie = 1. Hasil evaluasi menempatkan bangunan pada Kategori Desain Seismik C. Sistem penahan gaya lateral dipilih berupa SRPMM dengan R = 5 [3].

Analisis modal menghasilkan dua belas mode. Periode mode pertama sebesar 0,214913 detik dan mode kedua sebesar 0,204612 detik. Sejumlah mode berikutnya mempunyai periode relatif berdekatan sehingga kombinasi CQC digunakan. Partisipasi massa kumulatif dari 12 mode telah melewati 90%, sehingga ragam yang digunakan dianggap cukup mewakili respons dinamis utama struktur.

Sebelum penskalaan, gaya geser dasar dinamis yang diperoleh sebesar 2242,382 kN pada arah X dan 2483,955 kN pada arah Y. Gaya geser dasar statis masing-masing sebesar 4395,869 kN dan 4400 kN. Karena gaya dinamis perlu memenuhi sekurang-kurangnya 85% gaya statik, diterapkan faktor skala 1,666 pada arah X dan 1,504 pada arah Y. Setelah penyesuaian, persyaratan perbandingan gaya geser dasar terpenuhi.

Mode	T (s)	ΔT (%)
1	0,214913	4,793
2	0,204612	15,643
3	0,172604	61,442
7	0,041611	2,747
8	0,040468	0,329
9	0,040335	1,892
10	0,039572	1,170
11	0,039109	2,455
12	0,038149	3,815

Pemeriksaan simpangan antar lantai menunjukkan bahwa simpangan desain pada seluruh tingkat berada di bawah batas izin 100 mm. Hasil ini menunjukkan bahwa kekakuan sistem struktur yang dimodelkan masih mampu mengendalikan deformasi akibat kombinasi beban gempa yang ditinjau.

Kondisi Tanah dan Perencanaan Pondasi

Data SPT menunjukkan lapisan permukaan memiliki nilai N-SPT relatif rendah, sekitar 4, sedangkan lapisan tanah keras dengan N-SPT lebih dari 50 ditemukan pada kedalaman sekitar 4–6 m. Parameter tanah yang digunakan mencakup berat volume sekitar 17–20 kN/m³, kohesi 0–220 kPa, dan sudut geser dalam 5°–40°. Kondisi ini menjadi dasar pemilihan pondasi dalam agar beban struktur dapat diteruskan

menuju lapisan pendukung yang lebih kuat.

Minipile 300 × 300 mm dengan panjang 4 m dipilih sebagai alternatif pondasi. Beban aksial, lateral, dan momen pada kelompok tiang ditentukan berdasarkan reaksi tumpuan SAP2000. Data tanah dan beban kemudian dimasukkan ke AllPile untuk mengevaluasi kapasitas kelompok, penurunan, dan respons lateral.

Lokasi kolom	Kapasitas kelompok (kN)	Rasio	Penurunan (cm)
Sudut	2688,894	3,281	0,05004
Tepi	1918,700	1,9187	0,10188
Tengah	1659,100	1,6591	0,12546

Hasil AllPile menunjukkan kapasitas kelompok tiang pada kolom sudut sebesar 2688,894 kN, kolom tepi 1918,7 kN, dan kolom tengah 1659,1 kN. Seluruh rasio kapasitas lebih besar dari satu sehingga kapasitas pondasi lebih tinggi dibandingkan tuntutan beban yang ditinjau.

Penurunan yang diperoleh sebesar 0,05004 cm pada kolom sudut, 0,10188 cm pada kolom tepi, dan 0,12546 cm pada kolom tengah. Nilai tersebut jauh lebih kecil daripada batas izin 2,5 cm atau 25 mm, sehingga kriteria penurunan terpenuhi [4].

Evaluasi lateral menghasilkan momen retak sebesar 4,06 ton.m pada kolom sudut, 3,32 ton.m pada kolom tepi, dan 2,22 ton.m pada kolom tengah. Nilai tersebut digunakan dalam evaluasi elemen pile cap dan penulangan. Perencanaan pile cap menggunakan pendekatan Strut and Tie Model, sedangkan kontrol elemen beton bertulang mengacu pada SNI 2847:2019 [5].

Pembahasan

Hasil analisis memperlihatkan keterkaitan langsung antara respons struktur atas dan kebutuhan pondasi. Beban gempa meningkatkan tuntutan gaya lateral dan momen pada struktur serta pondasi. Karena itu, evaluasi pondasi tidak cukup hanya berdasarkan beban gravitasi; reaksi tumpuan dari analisis seismik perlu diteruskan sebagai input untuk pemeriksaan pondasi. Pendekatan tersebut diterapkan melalui integrasi SAP2000 dan AllPile.

Penggunaan respons spektrum dan kombinasi CQC memberikan representasi respons dinamis yang lebih sesuai untuk model dengan beberapa ragam berdekatan. Partisipasi massa yang telah melampaui 90% menunjukkan bahwa ragam yang diperhitungkan telah mencakup sebagian besar respons dinamis utama [1], [3].

Dari sisi pondasi, kapasitas kelompok yang lebih besar daripada tuntutan beban menunjukkan bahwa konfigurasi minipile yang ditinjau memiliki margin kapasitas. Penurunan yang jauh lebih kecil dari batas izin juga menunjukkan

bahwa settlement bukan kondisi pengendali. Walaupun demikian, hasil numerik tetap dipengaruhi kualitas data SPT, parameter tanah, dan asumsi model interaksi tanah-tiang sehingga verifikasi lapangan tetap penting.

Evaluasi Keterkaitan Struktur Atas dan Pondasi

Evaluasi struktur atas menunjukkan bahwa pemilihan SRPMM masih memberikan respons yang terkendali terhadap beban gempa yang ditinjau. Hasil partisipasi massa dan pemeriksaan simpangan memberikan dua indikator penting dalam menilai kecukupan model. Partisipasi massa memastikan bahwa ragam yang digunakan telah menangkap sebagian besar respons dinamis, sedangkan pemeriksaan drift memberikan informasi mengenai tingkat deformasi relatif antar lantai. Kedua pemeriksaan tersebut perlu dipandang secara bersama karena struktur dengan kekuatan yang cukup tetap dapat mengalami masalah layanan apabila deformasinya terlalu besar.

Reaksi tumpuan yang diperoleh dari model struktur selanjutnya digunakan sebagai dasar perencanaan pondasi. Pada lokasi kolom yang memiliki tuntutan gaya lebih besar, jumlah dan susunan tiang harus mampu mendistribusikan beban secara proporsional. Dalam kajian ini, kolom sudut, tepi, dan tengah diperlakukan sebagai tiga kondisi representatif. Perbedaan kapasitas kelompok di antara ketiganya berkaitan dengan perbedaan tuntutan beban dan konfigurasi kelompok tiang. Hasil AllPile memperlihatkan bahwa ketiga kondisi tersebut tetap memiliki rasio kapasitas di atas satu.

Integrasi hasil struktur dan geoteknik juga penting untuk menghindari penilaian pondasi yang terpisah dari perilaku bangunan. Beban lateral akibat gempa dapat menghasilkan momen pada kepala tiang dan pile cap, sehingga pemeriksaan pondasi harus mempertimbangkan tidak hanya kapasitas aksial, tetapi juga respons lateral. Hasil momen retak yang diperoleh kemudian digunakan sebagai salah satu parameter dalam desain pile cap. Pendekatan ini membuat proses perencanaan lebih konsisten karena gaya yang digunakan pada pondasi berasal dari model struktur yang sama.

Pemeriksaan Elemen Pile Cap

Pile cap berfungsi menghubungkan kepala tiang dan kolom sekaligus mendistribusikan beban dari struktur atas ke kelompok tiang. Berdasarkan perhitungan pada Tugas Akhir, tinjauan kolom sudut menggunakan enam tiang dalam satu kelompok. Beban aksial ultimate kolom sebesar 819,436 kN digunakan bersama momen untuk menentukan distribusi gaya pada

setiap tiang. Hasil perhitungan menunjukkan adanya perbedaan gaya tekan dan gaya tarik pada tiang akibat pengaruh momen, sehingga distribusi reaksi tidak dapat dianggap seragam.

Perencanaan pile cap menggunakan beton dengan mutu 30 MPa dan baja tulangan dengan fy = 420 MPa pada tahap desain pile cap. Tebal pile cap yang digunakan sebesar 700 mm. Kontrol lentur menghasilkan rasio tahanan momen aktual Rn = 1,16768 yang lebih kecil daripada faktor pembatas daktilitas Rmax = 7,769531, sehingga kondisi lentur dinyatakan memenuhi. Tulangan pokok yang dipilih adalah D19-125 dengan luas tulangan terpasang 2268 mm², sedangkan tulangan bagi menggunakan D16-200. Untuk kontrol geser, digunakan tulangan D13 dengan jarak 400 mm pada arah X dan Y.

Hasil tersebut memperlihatkan bahwa pemeriksaan geoteknik dan pemeriksaan struktur pondasi memberikan keluaran yang saling mendukung. Kapasitas tanah yang memadai harus diikuti oleh kapasitas elemen beton bertulang yang cukup. Dengan demikian, kesimpulan kelayakan pondasi tidak hanya didasarkan pada nilai kapasitas dukung, tetapi juga pada kemampuan pile cap dan elemen tiang dalam menerima gaya hasil analisis.

PENUTUP

- Parameter gempa yang digunakan adalah Ss = 0,9521 dan S1 = 0,4236 dengan kelas situs SD, kategori risiko II, dan Kategori Desain Seismik C. Sistem struktur yang digunakan adalah SRPMM dengan faktor reduksi gempa R = 5.
- Analisis modal menggunakan 12 mode menghasilkan partisipasi massa kumulatif lebih dari 90%. Karena terdapat ragam dengan periode yang berdekatan, respons spektrum dikombinasikan menggunakan metode CQC.
- Setelah penerapan faktor skala 1,666 pada arah X dan 1,504 pada arah Y, pemeriksaan gaya geser dasar memenuhi VD ≥ 0,85 VS. Simpangan antar lantai seluruh tingkat juga berada di bawah batas izin 100 mm.
- Lapisan tanah keras dengan N-SPT > 50 ditemukan pada kedalaman sekitar 4–6 m, sedangkan lapisan permukaan mempunyai N-SPT sekitar 4. Kondisi ini mendukung pemilihan minipile 300 × 300 mm dengan panjang 4 m.
- Analisis AllPile menghasilkan kapasitas kelompok 2688,894 kN pada kolom sudut, 1918,7 kN pada kolom tepi, dan 1659,1 kN pada kolom tengah. Seluruh rasio kapasitas lebih besar dari satu dan penurunan berada di bawah batas izin 2,5 cm.
- Evaluasi pondasi dan pile cap berdasarkan SNI 8460:2017 serta SNI 2847:2019

menunjukkan bahwa konfigurasi yang ditinjau memenuhi kriteria keamanan dalam ruang lingkup analisis.

- Keterbatasan penelitian meliputi penggunaan data penyelidikan tanah yang tersedia, asumsi tertentu pada pemodelan struktur dan tanah, serta fokus analisis pada sistem minipile. Penelitian lanjutan dapat mempertimbangkan interaksi tanah-struktur yang lebih rinci, analisis nonlinier seperti pushover, serta validasi hasil perangkat lunak melalui perhitungan manual atau pengujian lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. K. Chopra, Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering. New Jersey: Pearson Education, 2012.

[2] Widodo, Seismologi Teknik dan Rekayasa Gempa. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012.

[3] Badan Standardisasi Nasional, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019). Jakarta: BSN, 2019.

[4] Badan Standardisasi Nasional, Persyaratan Perancangan Geoteknik (SNI 8460:2017). Jakarta: BSN, 2017.

[5] Badan Standardisasi Nasional, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019). Jakarta: BSN, 2019.

[6] J. E. Bowles, Foundation Analysis and Design. New York: McGraw-Hill, 1996.

[7] B. M. Das, Principles of Foundation Engineering. Boston: Cengage Learning, 2010.

[8] Computers and Structures Inc., SAP2000 User Manual. California: CSI Berkeley, 2020.

[9] Civiltech Software, AllPile Software Documentation. USA: Civiltech, 2018.

JURNAL TEKNIK INDONESIA - VOL. 07 NO. 02 (Oktober 2026)
P-ISSN 2987-2723
E-ISSN 1987-0933

Perencanaan Struktur Gedung Parkir 4 Lantai Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI Ungaran Menggunakan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019

Muhammad Farkan,, Agung Hari Wibowo, Tenardhy Aryarama Wijaya
Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman
E-mail Korespondensi: muhammadfarkan976@gmail.com

ABSTRACT

The availability of parking facilities at Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS) Ungaran is currently inadequate to accommodate student and faculty vehicles, leading to chaotic parking conditions. This research aims to design a 4-story parking building specifically for motorcycles to optimize land use and establish an efficient, safe structural design adhering to Indonesian standards. The structural planning incorporates SNI 1727:2020 for minimum design loads, SNI 1726:2019 for seismic resistance design, SNI 2847:2019 for reinforced concrete structural requirements, and SNI 8460:2017 for geotechnical design. Structural modeling and dynamic analysis were performed using SAP2000 v22, column capacity verification using PCA Column, and foundation settlement and bearing capacity analysis using AllPile v7.3. The result of this planning provides structural upper element dimensions (slabs, beams, columns) and bored pile deep foundation design tailored to local soil parameters. The design successfully fulfills structural stability, stiffness, and ultimate strength requirements, providing a functional infrastructure solution for UNDARIS campus

Keywords: *Parking Building, Reinforced Concrete, SAP2000, Bored Pile, Structural Planning.*

ABSTRAK

Ketersediaan fasilitas parkir di Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS) Ungaran saat ini masih terbatas dan belum tertata dengan baik, sehingga berpotensi mengganggu sirkulasi dan kenyamanan kampus. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan gedung parkir 4 lantai khusus sepeda motor yang aman, efisien, dan memenuhi standar teknis. Perencanaan struktur ini mengacu pada SNI 1727:2020 (pembebanan), SNI 1726:2019 (ketahanan gempa), SNI 2847:2019 (persyaratan beton struktural), dan SNI 8460:2017 (perancangan geoteknik). Pemodelan dan analisis gaya dalam dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000 v22, verifikasi kapasitas kolom menggunakan PCA Column, serta analisis daya dukung dan penurunan pondasi bored pile menggunakan AllPile v7.3. Hasil perencanaan menghasilkan dimensi elemen struktur atas (pelat, balok, dan kolom) serta pondasi bored pile yang memenuhi kriteria kekuatan, daktilitas, dan batas pelayanan yang disyaratkan oleh standar nasional Indonesia.

Kata Kunci: Gedung Parkir, Beton Bertulang, SAP2000, Bored Pile, Perencanaan Struktur.

PENDAHULUAN

Ketersediaan fasilitas parkir merupakan salah satu aspek penting dalam menunjang aktivitas di lingkungan perguruan tinggi. Fasilitas parkir yang memadai tidak hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan kendaraan, akan tetapi juga berperan dalam menjaga ketertiban, kenyamanan, serta keamanan di kawasan kampus [1]. Di lingkungan Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS) Ungaran, fasilitas parkir yang tersedia saat ini, khususnya untuk kendaraan roda dua (sepeda motor), masih belum memadai baik dari segi kapasitas maupun penataannya. Kondisi tersebut menyebabkan banyak

Jurnal Teknik Indonesia by Fakultas Teknik Undaris
is licensed under Creative Commons Attribution 4.0

kendaraan diparkir secara tidak teratur di berbagai titik, seperti di depan masjid, asrama, maupun lokasi yang tidak diperuntukkan sebagai tempat parkir [2].

Sebagian besar civitas akademika di lingkungan UNDARIS menggunakan sepeda motor sebagai sarana transportasi utama. Namun, keterbatasan ruang parkir yang tersedia mengakibatkan tidak seluruh kendaraan dapat tertampung dengan baik, terutama pada jam perkuliahan aktif. Hal ini berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan, seperti terganggunya akses sirkulasi kendaraan, menurunnya tingkat keamanan kendaraan, serta berkurangnya kenyamanan lingkungan kampus [1][2]. Selain itu, lahan yang ada belum dimanfaatkan secara optimal sehingga tidak mampu mengakomodasi kebutuhan parkir yang terus meningkat. Solusi yang sangat efektif adalah pembangunan fasilitas parkir vertikal berupa gedung parkir 4 lantai khusus sepeda motor [3]. Konsep ini mampu meningkatkan kapasitas parkir secara signifikan tanpa memerlukan perluasan lahan horizontal yang terbatas.

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah merancang kapasitas serta tata letak ruang parkir yang optimal, merancang elemen struktur atas gedung parkir (pelat, balok, dan kolom) agar memenuhi standar SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019, serta merancang struktur bawah (pondasi bored pile) yang sesuai dengan SNI 8460:2017 [3][4]. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa penyediaan rekomendasi desain infrastruktur kampus yang aman, fungsional, tahan gempa, dan efisien secara teknis.

Proyek perencanaan ini berlokasi di Kampus UNDARIS Ungaran dengan batas wilayah sebelah Utara berbatasan dengan Rumah Ternak, sebelah Timur dengan Gedung Fakultas Peternakan, sebelah Selatan dengan Masjid An-Nur Undaris, dan sebelah Barat dengan lahan kosong. Ruang lingkup perancangan difokuskan pada analisis pembebanan, analisis struktur atas menggunakan perangkat lunak SAP2000 v22, verifikasi kekuatan kolom menggunakan PCA Column, serta analisis daya dukung dan settlement pondasi bored pile menggunakan AllPile v7.3 [3][5]. Perencanaan tidak mencakup estimasi rencana anggaran biaya (RAB), sistem mekanikal/elektrikal, serta metode manajemen konstruksi.

LANDASAN TEORI

Perencanaan struktur gedung bertingkat tinggi di wilayah berisiko gempa memerlukan dasar teori mekanika teknik dan kepatuhan ketat terhadap Standar Nasional Indonesia (SNI). Pedoman utama yang digunakan dalam studi ini meliputi

SNI 1727:2020 untuk pembebanan minimum [6], SNI 1726:2019 untuk perancangan bangunan tahan gempa [4], SNI 2847:2019 untuk persyaratan beton bertulang [3], dan SNI 8460:2017 untuk persyaratan geoteknik [7].

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) digunakan sebagai sistem penahan gaya lateral gempa. Berdasarkan SNI 1726:2019, SRPM dibagi menjadi SRPM Biasa (SRPMB), SRPM Menengah (SRPMM), dan SRPM Khusus (SRPMK) tergantung pada Kategori Desain Seismik (KDS) lokasi [4]. Sistem SRPMK menerapkan prinsip desain kapasitas (strong column-weak beam) untuk memastikan terbentuknya sendi plastis pada balok sebelum terjadi kegagalan pada kolom [3][4]. Pemodelan numerik elemen hingga 3D dilakukan menggunakan SAP2000 v22 untuk memperoleh gaya internal (momen, geser, aksial) akibat kombinasi pembebanan statis dan dinamis [5].

Kapasitas penampang kolom beton bertulang terhadap kombinasi gaya aksial (Pu) dan momen lentur (Mu) diverifikasi dengan bantuan diagram interaksi P-M yang dihasilkan oleh program PCA Column [8]. Sementara itu, perencanaan pondasi dalam jenis bored pile dan analisis interaksi tanah-struktur (daya dukung ultimit dan penurunan/settlement) dihitung dengan bantuan program AllPile v7.3 [9][10]. Penentuan daya dukung pondasi didasarkan pada data hasil pengujian Cone Penetration Test (CPT/sondir) menggunakan metode Meyerhof [10].



Gambar 1 Lahan Rencana Gedung Parkir 4 Lantai

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian disusun secara sistematis untuk mencapai tahapan perancangan yang presisi. Tahapan dimulai dari pengumpulan data primer dan sekunder, analisis pembebanan, pemodelan struktur, verifikasi kapasitas elemen, hingga perancangan pondasi.

Data yang digunakan dalam perencanaan meliputi data spasial lokasi proyek, data kriteria material (beton f'c = 25 MPa, baja tulangan BJTS 420B untuk tulangan ulir, dan BJTP 280 untuk tulangan polos), serta data penyelidikan tanah hasil uji CPT (sondir) lapangan. Tahapan analisis struktur secara rinci dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. **Pengumpulan Data dan Pre-dimensioning:** Mengumpulkan parameter

material, data tanah, serta menentukan estimasi awal dimensi pelat lantai, balok utama, balok anak, dan kolom berdasarkan persyaratan kelangsingan SNI 2847:2019 [3].

2. **Analisis Pembebanan:** Menghitung beban mati (dead load), beban mati tambahan (superimposed dead load), beban hidup kendaraan (live load = 400 kg/m²), dan parameter beban gempa berdasarkan kurva spektrum respon desain lokasi Ungaran [4][6].
3. **Pemodelan dan Analisis Struktur:** Membuat model 3D portal bangunan pada SAP2000 v22, melakukan analisis respon spektrum dinamik, serta mengevaluasi gaya-gaya dalam terfaktor (Pu, Mu, Vu) pada setiap elemen [5].
4. **Penulangan Elemen Struktur Atas:** Menghitung kebutuhan tulangan lentur dan geser pada pelat, balok, serta memeriksa diagram interaksi P-M kolom menggunakan PCA Column [3][8].
5. **Perencanaan Struktur Bawah:** Menghitung kapasitas daya dukung tiang tunggal dan kelompok tiang bored pile serta estimasi penurunan (settlement) menggunakan AllPile v7.3 [9][10].

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Analisis Pembebanan

Pembebanan pada gedung parkir diperhitungkan berdasarkan SNI 1727:2020. Beban mati mencakup berat sendiri komponen struktur dan elemen arsitektural/finishing, sedangkan beban hidup disesuaikan dengan fungsi gedung parkir sepeda motor [6]. Rincian beban statis disajikan pada Tabel-tabel berikut:

Tabel 1 Beban Mati

Komponen Beban Mati	Besar Beban
Beton Bertulang	2400 kg/m³
Spesi Lantai	210 kg/m³
Plat Sendiri (t = 12 cm)	288 kg/m²
Instalasi Listrik	25 kg/m²
Instalasi Perpipaan	20 kg/m²
Air	1000 kg/m³
Tangga	400 kg/m²
Ramp Kendaraan	450 kg/m²

Tabel 2 Beban Hidup

Jenis Beban Hidup	Besar Beban
Parkir Kendaraan Sepeda Motor	400 kg/m²
Plat Atap Gedung	100 kg/m²

Beban gempa dihitung menggunakan metode Respon Spektrum Dinamis sesuai SNI 1726:2019. Kategori risiko bangunan ditetapkan pada Kategori II dengan faktor keutamaan gempa Ie = 1.0 [4]. Berdasarkan koordinat lokasi proyek di Ungaran, didapatkan parameter respon spektral Ss dan S1. Selanjutnya, nilai koefisien

situs Fa dan Fv ditentukan berdasarkan kelas situs tanah setempat untuk menghitung SDS dan SD1 [4]. Ringkasan koefisien spektral gempa ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Parameter Respon Spektrum Gempa Rencana.

Parameter Seismik	Nilai / Klasifikasi
Kategori Risiko Bangunan	Kategori II
Faktor Keutamaan Gempa (Ie)	1.0
Kelas Situs Tanah	SD (Tanah Sedang)
Percepatan Spektral Desain (SDS)	0.65 g
Percepatan Spektral Desain (SD1)	0.38 g

Perhitungan dan Analisis Elemen Struktur Atas

Elemen struktur atas terdiri dari pelat lantai, balok beton bertulang, dan kolom utama. Berdasarkan analisis rasio bentang pelat (Ly/Lx <= 2.0), pelat lantai direncanakan sebagai pelat dua arah (two-way slab) dengan ketebalan h = 120 mm [3]. Penulangan pelat menggunakan kombinasi tulangan utama dan tulangan bagi/susut untuk menahan momen lentur negatif dan positif.

Balok utama direncanakan dengan dimensi 300 mm x 600 mm, sedangkan balok anak berdimensi 250 mm x 400 mm. Berdasarkan hasil output analisis gaya dalam dari SAP2000 v22, diperoleh momen terfaktor maksimum Mu dan gaya geser Vu [5]. Perhitungan tulangan lentur dan sengkang dilakukan sesuai dengan ketentuan batas rasio tulangan minimum (rho_min) dan maksimum (rho_max) pada SNI 2847:2019 [3]. Rekapitulasi dimensi dan kebutuhan tulangan elemen struktur atas disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Rekapitulasi Perancangan Struktur Atas

Elemen Struktur	Dim (mm)	Tulangan Utama	Tulangan Geser / Begel
Pelat Lantai (2 Way)	Thick = 120	D10 - 150 mm	D10 - 200 mm
Balok Utama (B1)	300 x 600	Atas: 5D19, Bawah: 3D19	Ø10 - 100 (Tump) / 150 (Lap)
Balok Anak (B2)	250 x 400	Atas: 3D16, Bawah: 2D16	Ø10 - 150 (Tump) / 200 (Lap)
Kolom Utama (K1)	500 x 500	12 D19	Ø10 - 100 (Ujung) / 150 (Tengah)

Kolom utama berukuran 500 mm x 500 mm dievaluasi ketahanannya terhadap kombinasi gaya aksial Pu dan momen bi-aksial Mux dan Muy. Evaluasi menggunakan program PCA Column menunjukkan bahwa seluruh titik kombinasi pembebanan terfaktor berada di dalam kurva batas diagram interaksi P-M [8], sehingga kolom dinyatakan aman terhadap potensi tekuk dan keruntuhan lentur-aksial.

Perhitungan dan Analisis Geoteknik Fondasi

Struktur bawah dirancang menggunakan pondasi dalam tiang bored pile berdiameter D = 50 cm yang ditanam hingga kedalaman tanah keras L = 12 meter [7][10]. Perhitungan daya dukung tiang tunggal didasarkan pada data perlawanan konus (qc) dan hambatan lekat (fs) dari pengujian sondir (CPT) menggunakan metode Meyerhof [10].

Kapasitas dukung ultimit tiang tunggal (Qu) merupakan penjumlahan dari tahanan ujung ultimit (Qb) dan tahanan gesek dinding ultimit (Qs) yang dikurangi berat sendiri tiang [10]. Dengan menerapkan faktor keamanan SF = 3.0, diperoleh kapasitas izin tiang tunggal Qa = 450 kN. Untuk memikul reaksi perletakan kolom terbesar dari SAP2000 v22, digunakan konfigurasi kelompok tiang (group pile) [5][9]. Efisiensi kelompok tiang (Eg) dihitung dengan persamaan Converse-Labarre [10], menghasilkan efisiensi sebesar 0.82. Analisis penurunan total kelompok tiang dengan bantuan program AllPile v7.3 menunjukkan nilai settlement sebesar 14.2 mm [9], di mana nilai ini berada jauh di bawah batas penurunan izin sebesar 25 mm sesuai SNI 8460:2017 [7].

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis, perhitungan, dan pembahasan perencanaan Gedung Parkir 4 Lantai Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS) Ungaran, diperoleh beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Gedung parkir 4 lantai dirancang khusus untuk kendaraan sepeda motor dengan memanfaatkan tata letak vertikal efisien, sehingga mampu menampung seluruh kendaraan civitas akademika UNDARIS serta mengatasi permasalahan parkir liar di kawasan kampus.
2. Perencanaan struktur atas memenuhi seluruh persyaratan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019, dengan spesifikasi pelat lantai h = 120 mm, balok utama B1 (300x600 mm), balok anak B2 (250x400 mm), dan kolom K1 (500x500 mm). Hasil verifikasi PCA Column memastikan seluruh elemen kolom berada dalam batas aman diagram interaksi P-M.
3. Struktur bawah berupa pondasi bored pile diameter 50 cm kedalaman 12 meter memiliki kapasitas dukung izin tiang yang memadai. Analisis AllPile v7.3 menghasilkan estimasi penurunan total sebesar 14.2 mm yang aman dan memenuhi batas toleransi izin SNI 8460:2017.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Tamin, O. Z., 2000, Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, Edisi Kedua, Penerbit ITB, Bandung.

[2] Hobbs, F. D., 1995, Perencanaan dan

Rekayasa Lalu Lintas, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

[3] BSN, 2019, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019), Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

[4] BSN, 2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019), Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

[5] CSI, 2020, SAP2000 Integrated Software for Structural Analysis and Design, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.

[6] BSN, 2020, Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020), Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

[7] BSN, 2017, Persyaratan Perancangan Geoteknik (SNI 8460:2017), Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

[8] PCA, 2018, PCA Column Software for Reinforced Concrete Column Design, Portland Cement Association, Skokie, Illinois.

[9] CivilTech, 2020, AllPile v7.3 Comprehensive Pile Analysis Software, CivilTech Software, Bellevue, Washington.

[10] Hardiyatmo, H. C., 2010, Analisis dan Perancangan Fondasi Bagian II, Edisi Kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

JURNAL TEKNIK INDONESIA - VOL. 07 NO. 02 (Oktober 2026)
P-ISSN 2987-2723
E-ISSN 1987-0933

Analisis Literatur Pemanfaatan Limbah Keramik dan Limbah Genteng Sebagai Substitusi Agregat Halus Pada Beton

Putri Syafa Az-zahra, Nur Istiqomah, Siti Rochani
Universitas Sunan Giri
E-mail Korespondensi: putrisyafa992@gmail.com

ABSTRACT

The increasing demand for natural aggregates for concrete production can increase the exploitation of natural resources and the amount of construction waste. Ceramic waste and roof tile waste have the potential to be used as partial replacements for fine aggregate in concrete, making it more environmentally friendly. This study aims to compare the effect of both types of waste on the workability and compressive strength of concrete and determine the level of use that still provides good performance. The method used is a comparative analysis based on the results of laboratory experiments. Ceramic waste was tested with variations of 0%, 15%, 25%, 35%, and 45%, while roof tile waste used variations of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%. Workability was measured through a slump test, while the compressive strength was tested at 28 days. The results showed that the addition of ceramic waste reduced the slump value from 17.20 cm to 16.60 cm and the compressive strength from 17.79 MPa to 16.65 MPa at a 45% level. In the case of roof tile waste, the slump value decreased from 10.00 cm to 8.00 cm, while the compressive strength decreased from 14.63 MPa to 11.90 MPa at a 20% concentration. The use of 15–25% ceramic waste and 5% roof tile waste still produced performance close to normal concrete, thus potentially becoming a more sustainable alternative material.

Keywords: *Concrete, ceramic waste, roof tile waste, fine aggregate, compressive strength.*

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan agregat alam untuk produksi beton dapat meningkatkan eksploitasi sumber daya alam dan jumlah limbah konstruksi. Limbah keramik dan limah genteng memiliki potensi dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian agregat halus pada beton sehingga lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan membandingkan pengaruh kedua jenis limah terhadap workabilitas dan kuat tekan beton serta menentukan kadar penggunaan yang masih memberikan kinerja yang baik. Metode yang digunakan berupa analisis komparatif berdasarkan hasil eksperimen laboratorium. Limbah keramik diuji dengan variasi 0%, 15%, 25%, 35%, dan 45%, sedangkan limbah genteng menggunakan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Workabilitas diukur melalui uji slump, sedangkan kuat tekan diuji pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah keramik menurunkan nilai slump dari 17,20 cm menjadi 16,60 cm dan kuat tekan dari 17,79 MPa menjadi 16,65 MPa pada kadar 45%. Pada limbah genteng, nilai slump turun dari 10,00 cm menjadi 8,00 cm, sedangkan kuat tekan menurun dari 14,63 MPa menjadi 11,90 MPa pada kadar 20%. Penggunaan limbah keramik sebesar 15–25% dan limbah genteng sebesar 5% masih menghasilkan kinerja yang mendekati beton normal, sehingga berpotensi menjadi material alternatif yang lebih berkelanjutan.

Kata Kunci: *Beton, limbah keramik, limbah genteng, agregat halus, kuat tekan.*

PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu material utama dalam konstruksi karena memiliki kemampuan menahan beban tekan yang baik, mudah dibentuk, dan relatif ekonomis. Namun, produksi beton membutuhkan agregat alam dalam jumlah besar sehingga peningkatan kebutuhan konstruksi dapat meningkatkan tekanan terhadap sumber daya alam. Pada saat yang sama, aktivitas produksi dan pembongkaran bangunan menghasilkan limbah keramik, genteng, dan

Jurnal Teknik Indonesia by Fakultas Teknik Undaris
is licensed under Creative Commons Attribution 4.0

material konstruksi lainnya. Pemanfaatan limbah tersebut sebagai bagian dari campuran beton menjadi salah satu pendekatan untuk mengurangi timbulan limbah sekaligus mengurangi kebutuhan agregat alam (Pacheco-Torgal & Jalali, 2010; Elemam et al., 2023).

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa limbah keramik dapat digunakan sebagai pengganti sebagian agregat. Torkittikul dan Chaipanich (2010) melaporkan bahwa peningkatan kadar limbah keramik cenderung menurunkan workability, sedangkan kuat tekan dapat meningkat sampai kadar tertentu sebelum kembali menurun. Penelitian Sivakumar et al. (2022) juga menunjukkan bahwa penggantian agregat dengan limbah keramik dapat menurunkan workability, dengan kadar optimum tertentu yang bergantung pada jenis dan proporsi material.

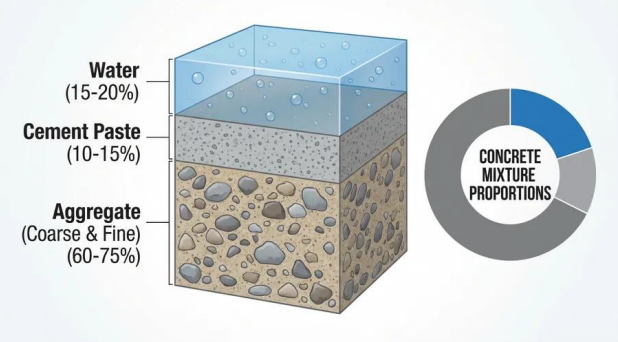
Pada limbah genteng, karakteristik permukaan yang kasar, bentuk butir yang tidak beraturan, dan daya serap air dapat memengaruhi kebutuhan air bebas dalam campuran. Penelitian Fansuri et al. (2020) menunjukkan bahwa limbah pecahan genteng dapat digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus, tetapi perubahan persentase substitusi memberikan pengaruh terhadap kuat tekan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menyajikan analisis komparatif hasil penggunaan limbah keramik dan limbah genteng sebagai pengganti sebagian agregat halus. Fokus analisis meliputi perubahan workabilitas berdasarkan nilai slump, perubahan kuat tekan beton umur 28 hari, serta penentuan kadar penggunaan yang relatif optimal pada masing-masing material.

LANDASAN TEORI

Beton

Beton adalah campuran semen, agregat halus, agregat kasar, dan air yang mengeras melalui proses hidrasi. Mutu beton dipengaruhi oleh kualitas bahan, faktor air-semen, proses pencampuran, dan perawatan (curing).



Gambar 1 Penyusun Beton

Agregat Halus

Agregat halus merupakan material berukuran kurang dari 4,75 mm yang berfungsi mengisi rongga antar agregat kasar. Sifat agregat, seperti gradasi, tekstur permukaan, dan daya serap air, berpengaruh terhadap workabilitas dan kekuatan beton.



Gambar 2 Agregat Halus

Workabilitas Beton

Workabilitas adalah kemudahan beton segar untuk dicampur, dituang, dan dipadatkan. Nilainya umumnya diukur dengan uji slump. Material yang memiliki permukaan kasar dan daya serap air tinggi cenderung menurunkan nilai slump.



Gambar 3 Slump Test Untuk Mengukur Workabilitas Beton

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan merupakan kemampuan beton menahan beban tekan dan biasanya diuji pada umur 28 hari. Nilainya dipengaruhi oleh faktor air-semen, kualitas agregat, kepadatan campuran, dan proses curing.



Gambar 4 Pengukuran Dimensi Sample Beton Untuk Uji Kuat Tekan

Limbah Keramik dan Limbah Genteng

Limbah keramik dan limbah genteng dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian agregat halus karena memiliki kandungan mineral yang mendukung pembentukan beton. Namun, tekstur yang lebih kasar dan porositas yang lebih tinggi dapat meningkatkan penyerapan air sehingga menurunkan workabilitas dan, pada kadar tertentu, kuat tekan beton.



Gambar 5 Limbah Keramik dan Genteng

Green Concrete

Pemanfaatan limbah keramik dan limbah genteng merupakan penerapan konsep green

concrete, yaitu penggunaan material daur ulang untuk mengurangi eksploitasi agregat alam dan limbah konstruksi, dengan tetap memperhatikan proporsi penggantian agar mutu beton tetap memenuhi persyaratan teknis.



Gambar 6 Skema Green Concrete

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen laboratorium dan analisis komparatif kuantitatif. Analisis dilakukan dengan membandingkan dua kelompok data penggunaan limbah sebagai pengganti sebagian agregat halus. Kelompok pertama adalah limbah keramik dengan variasi 0%, 15%, 25%, 35%, dan 45%. Kelompok kedua adalah limbah genteng dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%.

Material utama beton terdiri atas semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan material limbah yang telah diproses agar dapat digunakan sebagai substitusi agregat halus. Pengujian beton segar dilakukan dengan uji slump mengacu pada SNI 1972:2008. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari menggunakan benda uji silinder dengan acuan SNI 1974:2011. Perencanaan campuran beton dapat mengacu pada SNI 7656:2012.

Analisis data dilakukan secara deskriptif-komparatif dengan membandingkan perubahan nilai slump dan kuat tekan antara beton kontrol dan beton dengan material limbah. Persentase perubahan dihitung dengan persamaan:

$$Perubahan\ (\%) = [(Nilai\ kontrol - Nilai\ variasi) / Nilai\ kontrol] \times 100\%$$

Perlu diperhatikan bahwa data keramik dan genteng berasal dari desain campuran yang berbeda. Oleh karena itu, perbandingan antarjenis limbah digunakan untuk melihat kecenderungan perilaku material, bukan untuk menyatakan bahwa salah satu material secara mutlak lebih kuat daripada yang lain.

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Hasil Uji Slump

Pada limbah keramik, nilai slump berkurang dari 17,20 cm pada beton kontrol menjadi 16,60 cm pada kadar substitusi 45%, atau turun sekitar 3,49%. Penurunan relatif kecil tersebut menunjukkan bahwa campuran keramik pada dataset ini masih mempertahankan workability yang cukup baik. Pola ini sejalan dengan penelitian Torkittikul dan Chaipanich (2010) serta Elemam et al. (2023), yang melaporkan

kecenderungan penurunan workability seiring peningkatan kadar limbah keramik.

Tabel 1 Hasil Uji Slump

Material	Kadar	Slump kontrol	Slump tertinggi	Kecenderungan
Limbah keramik	0–45%	17,20 cm (0%)	16,60 cm (45%)	Menurun 3,49%
Limbah genteng	0–20%	10,00 cm (0%)	8,00 cm (20%)	Menurun 20,00%

Pada limbah genteng, nilai slump turun dari 10,00 cm pada beton kontrol menjadi 8,00 cm pada substitusi 20%. Data lengkap menunjukkan slump 10,00 cm pada 5%, 9,60 cm pada 10%, 9,00 cm pada 15%, dan 8,00 cm pada 20%. Penurunan ini lebih besar dibandingkan kelompok keramik. Salah satu penjelasan yang mungkin adalah permukaan genteng yang kasar dan kemampuan menyerap air, sehingga air bebas dalam campuran berkurang. Pada kadar 5%, nilai slump masih sama dengan beton kontrol, sehingga kadar tersebut relatif menguntungkan dari sisi workability.

Hasil Uji Kuat Tekan

Kuat tekan beton dengan limbah keramik menunjukkan penurunan dari 17,79 MPa menjadi 16,65 MPa pada kadar 45%, atau sekitar 6,41%. Meskipun terdapat penurunan, selisih tersebut relatif kecil. Hasil ini memperlihatkan bahwa sebagian agregat halus dapat digantikan dengan serbuk limbah keramik pada kadar tertentu tanpa menyebabkan penurunan kuat tekan yang besar. Pada penelitian sumber, kadar 15–25% masih memberikan kinerja yang relatif mendekati beton normal.

Tabel 2 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Material	Kadar	Kuat tekan kontrol	Kuat tekan terendah	Perubahan
Limbah keramik	0–45%	17,79 MPa (0%)	16,65 MPa (45%)	−6,41%
Limbah genteng	0–20%	14,63 MPa (0%)	11,90 MPa (20%)	−18,66%

Pada limbah genteng, kuat tekan menurun lebih nyata. Beton kontrol memiliki kuat tekan rata-rata 14,63 MPa, sedangkan campuran 5% mencapai 14,32 MPa. Selanjutnya, kadar 10%, 15%, dan 20% masing-masing menghasilkan sekitar 13,32 MPa, 12,78 MPa, dan 11,90 MPa. Dengan demikian, substitusi 5% merupakan kadar yang paling mendekati beton kontrol dalam dataset ini. Penurunan pada kadar tinggi dapat dikaitkan

dengan meningkatnya porositas, kebutuhan air, dan berkurangnya efektivitas pemadatan akibat perubahan karakteristik agregat.

Analisis Komparatif

Jika dibandingkan berdasarkan persentase penurunan terhadap masing-masing beton kontrol, limbah keramik menunjukkan perubahan workability dan kuat tekan yang lebih kecil daripada limbah genteng. Namun, kesimpulan tersebut tidak berarti limbah keramik selalu lebih baik. Nilai awal kedua beton berbeda, variasi kadar substitusi berbeda, karakteristik material berbeda, dan rancangan campuran tidak identik. Faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi hasil secara signifikan.

Dari sisi pemanfaatan, limbah keramik memiliki rentang kadar yang lebih luas sebelum penurunan kuat tekan menjadi relatif besar, sedangkan limbah genteng menunjukkan kadar optimum yang lebih rendah. Hal ini mendukung konsep bahwa material limbah harus digunakan berdasarkan karakteristik fisik dan mekanisnya, bukan sekadar berdasarkan persentase substitusi. Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa kadar optimum limbah keramik sangat bergantung pada jenis limbah, ukuran butir, dan jenis penggantian agregat yang digunakan (Awoyera et al., 2018; Sivakumar et al., 2022).

PENUTUP

- Penggunaan limbah keramik dan limbah genteng sebagai pengganti sebagian agregat halus cenderung menurunkan workability beton, yang ditunjukkan oleh penurunan nilai slump seiring bertambahnya kadar substitusi.
- Pada kelompok limbah keramik, slump turun dari 17,20 cm menjadi 16,60 cm dan kuat tekan turun dari 17,79 MPa menjadi 16,65 MPa pada rentang 0–45%. Kadar 15–25% masih menunjukkan performa yang relatif mendekati beton normal pada dataset yang dianalisis.
- Pada kelompok limbah genteng, slump turun dari 10,00 cm menjadi 8,00 cm dan kuat tekan turun dari 14,63 MPa menjadi 11,90 MPa pada rentang 0–20%. Kadar 5% menghasilkan kuat tekan 14,32 MPa dan slump 10,00 cm sehingga menjadi kadar yang paling mendekati beton kontrol.
- Perbedaan respons kedua material dipengaruhi karakteristik agregat, termasuk tekstur permukaan, bentuk butir, porositas, dan penyerapan air. Oleh sebab itu, penggunaan limbah sebagai agregat harus dibatasi pada kadar yang telah diverifikasi melalui pengujian.
- Pemanfaatan limbah keramik dan genteng berpotensi mendukung beton yang lebih berkelanjutan karena dapat mengurangi

penggunaan agregat alam dan membantu mengurangi timbulan limbah konstruksi. Namun, untuk aplikasi struktural, diperlukan verifikasi lebih lanjut terhadap mutu rencana, durabilitas, penyerapan air, dan parameter mekanis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Awoyera, P. O., Ndambuki, J. M., Akinmusuru, J. O., & Omole, D. O. (2018). Characterization of ceramic waste aggregate concrete. HBRC Journal, 14(3), 282–287. https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2016.11.003

Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 1972:2008: Cara uji slump beton. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 1974:2011: Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI 7656:2012: Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa. Jakarta: BSN.

Elemam, W. E., Agwa, I. S., & Tahwia, A. M. (2023). Reusing ceramic waste as a fine aggregate and supplemental cementitious material in the manufacture of sustainable concrete. Buildings, 13(11), 2726. https://doi.org/10.3390/buildings13112726

Fansuri, S., Diana, A. I. N., & Deshariyanto, D. (2020). Pengaruh pengganti limbah pecahan genteng Sokka dalam pembuatan beton terhadap kuat tekan beton. Jurnal Ilmiah MITSU, 8(2). https://doi.org/10.24929/ft.v8i2.983

Ismail, Z. Z., & Al-Hashmi, E. A. (2009). Recycling of waste ceramic tiles as aggregate in concrete. Construction and Building Materials, 23(9), 2876–2883. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.02.039

Neville, A. M. (2011). Properties of concrete (5th ed.). Pearson.

Pacheco-Torgal, F., & Jalali, S. (2010). Reusing ceramic wastes in concrete. Construction and Building Materials, 24(5), 832–838. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.10.023

Sivakumar, A., Srividhya, S., Sathiyamoorthy, V., Seenivasan, M., & Subbarayan, M. R. (2022). Impact of waste ceramic tiles as partial replacement of fine and coarse aggregate in concrete. Materials Today: Proceedings, 61, 224–231. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.142

Sudarso. (2023). Analisis workabilitas dan kuat tekan beton dengan campuran limbah keramik sebagai material alternatif. Konstruksi: Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang dan Teknik Sipil, 1(3), 44–57. https://doi.org/10.61132/konstruksi.v1i3.1316

Sudarso. (2024). Pengaruh limbah genteng beton terhadap workability dan kuat tekan beton. Globe: Publikasi Ilmu Teknik Teknologi Kebumian Ilmu Perkapalan, 2(1), 117–129. https://doi.org/10.61132/globe.v2i1.1315

Torkittikul, P., & Chaipanich, A. (2010). Utilization of ceramic waste as fine aggregate within Portland cement and fly ash concretes. Cement and Concrete Composites, 32(6), 440–449. https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.02.004

JURNAL TEKNIK INDONESIA - VOL. 07 NO. 02 (Oktober 2026)
P-ISSN 2987-2723
E-ISSN 1987-0933

Analisis Perbandingan Quarry Wae Kawanua dengan Wae Wai Lao Untuk Beton K-250

Julfikran Latarissa, Sjafrudin Latar, Elisabeth Talakua
Politeknik Negeri Ambon
E-mail Korespondensi: fikranlatarissa65@gmail.com

ABSTRACT

This study examines the origin of natural sand formed from the weathering of minerals, coral reefs, and shell fragments. Materials such as rock and sand can be transported by rainwater runoff into the sea, after which ocean waves carry some of the sand back to the shore. The methodology involved experimental testing, where specimens were prepared according to established standards and specifications using fine aggregates from the Wae Kawanua and Wae Wai Lao quarries for concrete mixtures. Data and research results were obtained through laboratory testing and analysis. The results indicate that normal concrete made with Wae Kawanua Quarry aggregates met the mix design target strength of 39.20 MPa; the average compressive strengths at 7, 14, 21, and 28 days were 35.2 MPa, 49.8 MPa, 28.3 MPa, and 43.5 MPa, respectively. Similarly, normal concrete made with Wae Wai Lao Quarry aggregates met the mix design target strength of 32.08 MPa, with average compressive strengths of 29.0 MPa, 33.0 MPa, 32.9 MPa, and 33.4 MPa at the same age intervals. Based on these mix design standards, aggregates from the Wae Wai Lao Quarry are suitable for use in concrete mixtures.

Keywords: *River Sand, Concrete, Compressive Strength*

ABSTRAK

Penelitian ini membahas asal pasir alam yang terbentuk dari pelapukan mineral, terumbu karang, dan pecahan hewan bercangkang. Material seperti bebatuan dan pasir dapat terangkut oleh aliran air saat hujan dan mengalir ke laut. Gelombang laut kemudian membawa sebagian pasir kembali ke daratan. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan membuat benda uji sesuai dengan standar dan ketentuan yang ada, menggunakan agregat halus Quarry Wae Kawanua dan Wae Wai Lao untuk campuran beton. dimana Untuk Mendapatkan data-data dan hasil penelitian dengan melakukan pengujian dan penelitian di laboratorium. Dari penelitian ini, kuat tekan beton normal Quarry Kawa pada umur 7,14,21 dan 28 hari memenuhi standar perencanaan mix design yaitu beton dengan mutu 39,20 Mpa, dengan kuat tekan rata- rata sebesar 35,2 Mpa, 49,8 Mpa, 28,3 Mpa, dan 43,5 Mpa. Dan juga dari penelitian ini, kuat tekan beton normal Quarry Wai Lao pada umur 7,14,21 dan 28 hari memenuhi standar perencanaan mix disigen yaitu beton dengan mutu 32,08 Mpa, dengan kuat tekan rata- rata sebesar 29,0 Mpa, 33,0 Mpa, 32,9 Mpa dan 33,4 Mpa. berdasarkan standar perencanaan mix desigen, beton dengan menggunakan agregat Quarry Wai Lao layak sebagai bahan pencampuran beton.

Kata Kunci: Pasir Kali, Beton, Kuat Tekan.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri konstruksi di Indonesia cukup pesat, dimana hampir 60% material yang digunakan dalam konstruksi adalah beton. Berbagai bangunan didirikan menggunakan beton sebagai bahan utama, baik bangunan Gedung, bangunan air maupun bangunan transportasi. Beton terdiri dari pencampuran antara agregat halus (pasir), batu split (agregat kasar), dengan menambahkan bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan (Mulyono, 2003).

Bahan-bahan untuk pembuatan beton

Jurnal Teknik Indonesia by Fakultas Teknik Undaris is licensed under Creative Commons Attribution 4.0

diantaranya adalah agregat halus atau masyarakat umum mengenalnya dengan nama pasir. Kabupaten Maluku Tengah banyak terdapat bahan-bahan dasar yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton, dalam hal ini material alam yang berasal dari Quarry Sungai kawanua dan Sungai Wai Lao banyak dimanfaatkan oleh sebagian besar masyarakat Tehoru dan Telutih Baru, bahkan sebagian masyarakat yang ada pesisir Maluku Tengah telah memanfaatkannya untuk pembangunan infrastruktur.

Wilayah Kecamatan Tehoru dan Telutih baru berada di kawasan pesisir dimana keberadaan material alam sebagai salah satu jenis material pembentuk campuran beton memiliki ketersediaan kuantitas yang besar, maka saya ingin menguji seberapa kuat ketahanan beton dari ke dua *Quarry* ini dan pasir alam umumnya memiliki butiran yang halus dan bulat serta gradasi yang seragam. Karakteristik kualitas agregat halus memainkan peran penting dalam menentukan kualitas struktur beton karena mereka merupakan komponen utama dari volume beton. Dilatarbelakangi hal tersebut maka dilakukan penelitian terhadap perbandingan material alam dari dua *Quarry* berbeda.

LANDASAN TEORI

Menurut SNI 2847: 2013, beton didefinisikan sebagai campuran bahan penyusun yang terdiri dari bahan hidrolik (Semen Portland), agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan (*admixtures*). Beton adalah hasil pencampuran semen, air dan agregat. Kadang-kadang ditambahkan dengan menggunakan bahan yang ditambahkan dalam proporsi tertentu, mulai dari bahan tambahan kimia, serat, hingga limbah non kimia (Tjokrodimuljo 1996).

Nugraha, P (2007) mengungkapkan bahwa pada beton halus, tiap-tiap partikel agregat tertutup sempurna dengan mortar. Begitu juga dengan celah antar agregat yang harus diisi nat. Dengan demikian kualitas mortar dalam campuran beton akan mempengaruhi kualitas beton tersebut. Semen merupakan komponen penting dalam campuran beton, meskipun hanya 7-15% dari campuran beton. Beton dengan jumlah semen yang sedikit (hingga 7%) disebut beton ramping, sedangkan beton dengan jumlah semen yang banyak disebut beton kaya.

Wuryati, 2001, beton terdiri dari ±15% semen, ±8% air, ±3% udara, sisanya pasir dan kerikil. Campuran pengawet memiliki sifat yang berbeda, tergantung cara pembuatannya. Rasio pencampuran, cara pencampuran, cara pengiriman, cara pencetakan, cara kompresi dll. mempengaruhi sifat beton. Beberapa faktor yang

mempengaruhi kekuatan beton antara lain komposisi campuran beton, cara penyiapan dan perawatan, serta kondisi pada saat pengujian. Masing-masing bahan campuran beton ini memiliki banyak sifat yang berbeda, dipengaruhi oleh beberapa faktor alami yang tidak dapat dihindari, tetapi dengan mengetahui sifat bahan bakunya, seseorang dapat mengetahui persyaratan masing-masing bahan baku dan kekuatan yang dicapai.

Beton adalah bahan komposit (campuran) dari berbagai bahan, yang komponen utamanya adalah campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan/atau tanpa bahan tambahan lain dalam proporsi tertentu. Karena beton merupakan campuran, maka mutu beton sangat bergantung pada mutu masing-masing bahan bekisting (Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007). Beton diperoleh dengan mencampurkan agregat halus dan agregat kasar, yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan sejenis lainnya, ditambah mortar dan air secukupnya sebagai bahan pembantu untuk reaksi kimia selama proses pengerasan, perawatan padat dan beton. 1993).

Sifat yang paling penting dari beton adalah kuat tekan beton. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik. Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm^2 atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm^2 sampai 500 kg/cm^2. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beton tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan berbeban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat desak beton yang dinyatakan dalam satuan MPa atau kg/cm^2. Tata cara pengujian yang umum dipakai dalah standar SNI 03-1974-1990.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif dengan menggunakan metode eksperimental. Pada metode studi eksperimental yang digunakan tahapan pelaksanaan pengujian beton yang terdiri dari pengujian analisa saringan, kadar air, berat isi, dan uji kuat tekan beton.

Keseluruhan proses penelitian ini dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ambon. Adapun bahan dan

peralatan yang digunakan antara lain Semen, Air, Agregat Halus, dan Agregat Kasar (Dari Wae Kawanua Kec. Tehori, dan Wae Wai Lao Kec. Telutih), timbangan, cawan, oven, molding silinder, mesin molen, dan electrical compression testing machine.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Uji Slump dilakukan untuk menilai kekentalan beton. Nilai slump rata-rata sample beton dengan material berasal dari dua quarry berbeda ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Uji Slump

Quarry Sample Beton	Nilai Slump
Kawa	7,5
Wai Lao	8,0

Uji kuat tekan dilakukan terhadap tiap variasi beton yang berbeda dan juga pada umur benda uji yang berbeda, masing-masing diambil dua benda uji. Hasil dari kuat tekan rata-rata tersebut yang dipakai sebagai akhir dari pengujian kuat tekan beton.

Tabel 2 Data Pengujian Kuat Tekan Sample Beton dari Quarry Kawanua

NO	KAWA UMUR (Hari)	MASA BENDA UJI (Kg)	DIMENSI L	D	JAS BIDAN (mm²)	ALAT (kN)	N	KUAT TEKAN (N/mm²)	KUAT TEKAN RATA-RATA (MPa)
1	7	12.32	300	150	17662,50	190	190000	14.5	35.20
2	7	12.83	300	150	17662,50	250	250000	20.7	
1	14	12.71	300	150	17662,50	320	320000	24.9	49.8
2	14	13	300	150	17662,50	300	300000	24.9	
1	21	12.71	300	150	17662,50	200	200000	11.3	28.3
2	21	13	300	150	17662,50	300	300000	17	
1	28	12,6	300	150	17662,50	400	40000	22.6	43.5
2	28	12,68	300	150	17662,50	370	37000	20.9	

Tabel 3 Data Pengujian Kuat Tekan Sample Beton dari Quarry Wai Lao

NO	WAI LAO UMUR (Hari)	MASA BENDA UJI (Kg)	DIMENSI L	D	LUAS BIDANG (mm²)	ALAT (kN)	N	KUAT TEKAN (N/mm²)	KUAT TEKAN RATA-RATA (MPa)
1	7	13.05	300	150	17662,50	190	190000	14.5	29.00
2	7	13.04	300	150	17662,50	250	250000	14.5	
1	14	12.83	300	150	17662,50	320	320000	12.3	33.00
2	14	12.92	300	150	17662,50	300	300000	20.7	
1	21	12.98	300	150	17662,50	200	200000	15.9	32.9
2	21	12.92	300	150	17662,50	300	300000	17	
1	28	12,45	300	150	17662,50	320	32000	18.1	33.4
2	28	12,46	300	150	17662,50	270	27000	15.3	

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7,14,21, dan 28 hari maka:

1. Kuat tekan beton normal *Quarry* Kawa pada umur 7,14,21 dan 28 hari memenuhi standar perencanaan mix design yaitu beton dengan mutu 39.20 Mpa, dengan kuat tekan rata- rata pada umur 7 hari sebesar 35,2 Mpa, 14 hari sebesar 49,8 Mpa, 21 hari Sebesar 28,3 Mpa dan 28 hari sebesar 43,5 Mpa. berdasarkan standar perencanaan mix desigen, Beton dengan menggunakan agregat *Quarry* Kawa layak sebagai bahan pencampuran beton.
2. Dari penelitian ini, kuat tekan beton normal *Quarry* Wai Lao pada umur 7,14,21 dan 28 hari memenuhi standar perencanaan mix design yaitu beton dengan mutu 32,08 Mpa, dengan kuat tekan rata- rata pada umur 7 hari sebesar 29,0 Mpa, 14 hari sebesar 33,0 Mpa, 21 hari Sebesar 32,9 Mpa dan 28 hari sebesar 33,4 Mpa. Berdasarkan standar perencanaan mix desigen, Beton dengan menggunakan agregat *Quarry* Wai Lao layak sebagai bahan pencampuran beton.
3. Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa agregat halus pada *Quarry* Kawa dan Wai Lao dapat di jadikan sebagai bahan campuran beton, namun terlihat agregat halus dari Kawa lebih baik di bandingkan agregat halus dari Wai Lao dengan kuat tekan beton rata – rata pada *Quarry* kawa sebesar 39,20 Mpa dan pada *Quarry* Wai Lao sebesar 32,08 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

A'at Pujianto, Bagus Soebandono, Danar Kurniawan. 2013. ***Perilaku Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah Plastik Pet***.Jurnal Ilmilah Teknik Sipil. Vol 15. No.2.

Anonim, (1991). SNI T-15-1991-03. ***Tata Cara Penghitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung***. Bandung: LPMB Dep. Pekerjaan Umum Republik Indonesia.

Badan Standar Nasional, SNI 03-3449-2002 Tentang ***Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan.***

Buatan, U., Tuanakotta, A., & Matitaputty, A. A. (2025). ***Pengujian Kualitas Produksi Batako Di Daerah Pemda Dua Poka Kota Ambon***. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa*, *1*(10), 1842-1851.

Hunggurami, E., Bolla, M. E., & Messakh, P. (2017). ***"Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 Dan SNI 7656: 2012"***. Jurnal Teknik Sipil, 6(2), 165-172.

Indah Faradila Mahulauw, Herry Henry Roberth,Abraham Tuanakotta, (2005) ***Studi Eksperimentsl Penambahan Serat Bambu Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton***

Suratmin, Suratmin, Iman Satyarno, And Kardiyono Tjokrodimuljo. ***"Pemanfaatan Kulit Ale-Ale Sebagai Agregat Kasar Dalam Pembuatan Beton."*** *Civil Engineering Forum Teknik Sipil*. Vol. 17. No. 2. 2007.

Wuryati, Samekto; Candra, Rahmadiyanto. ***Teknologi Beton***. *Yogyakarta: Kansius*, 2001.

JURNAL TEKNIK INDONESIA - VOL. 07 NO. 02 (Oktober 2026)
P-ISSN 2987-2723
E-ISSN 1987-0933

Stabilisasi Tanah Dengan Bahan Tambah Serat Serabut Kelapa Terhadap Kuat Geser Langsung

Yosphin Mahulette, Sjafrudin Latar, Penina Istia
Politeknik Negeri Ambon
E-mail Korespondensi: yosphinmhltte18@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine the effectiveness of coconut coir fiber as an additive for soil stabilization and to analyze its impact on the soil's direct shear strength. The methodology employed was laboratory experimentation involving the addition of coconut coir fiber at varying rates of 0.4%, 0.8%, and 1.2%. Tests conducted included moisture content, bulk density, specific gravity, Atterberg limits, sieve analysis, compaction, and direct shear strength. Direct shear test results for the subgrade soil from the Hatu road section showed a soil friction angle of 0.1° and a cohesion value of 29.6 kPa. For subgrade soil with 0.4% coconut coir fiber, the friction angle was 0.1° and cohesion was 29 kPa; with 0.8% fiber, the friction angle was 0.2° and cohesion was 22.3 kPa; and with 1.2% fiber, the friction angle was 0.2° and cohesion was 21.4 kPa. The results indicate that adding coconut coir fiber at these variations (0.4%, 0.8%, 1.2%) caused a decrease in both cohesion and friction angle values compared to the untreated soil.

Keywords: *Soil Stabilization, Coconut cior fiber, Direct shear strength*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas serabut kelapa sebagai bahan tambah untuk stabilisasi tanah dan menganalisis pengaruhnya terhadap kuat geser langsung tanah. Metode yang digunakan adalah eskperimen laboratorium dengan variasi penambahan serat serabut kelapa sebesar 0,4%, 0,8%, 1,2%. pengujian yang dilakukan meliputi kadar air, berat isi, berat jenis, batas atterberg, analisa saringan, uji pemadatan dan kuat geser langsung. Hasil pengujian geser langsung tanah dasar ruas jalan hatu didapatkan nilai sudut geser tanah dengan 0,1 dengan nilai kohesi tanah 29,6, tanah dasar dengan penambahan SSK 0,4% didapatkan sudut geser sebesar 0,1 dengan nilai kohesi tanah sebesar 29,6, tanah dasar dengan penambahan SSK 0,8% didapatkan sudut geser tanah sebesar 0,2 dengan nilai kohesi tanah sebesar 22,3, tanah dasar dengan penambahan SSK 1,2% didapatkan sudut geser tanah sebesar 0,2 dengan nilai kohesi tanah sebesar 21,4. Dari hasil yang diperoleh pengaruh penambahan serat serabut kelapa dengan variasi, 0,4%, 0,8%, 1,2% terhadap nilai kuat geser tanah asli mengalami penurunan nilai kohesi dan sudut geser pada setiap variasi penambahan.

Kata Kunci: Stabilisasi tanah, Serat serabut kelapa,Kuat geser langsung

PENDAHULUAN

Tanah merupakan suatu material yeng terdiri dari berbagai unsur agregat atau butiran mineral padat dan tanah juga menjadi komponen terpenting dalam kontruksi bangunan (Asrul Saputra, 2024). Kondisi tanah yang terdapat di desa hatu, kecamatan leihitu barat, saat musim hujan tanahnya menjadi mengembang/membengkak dan juga lunak. Sedangkan pada musim kering/kemarau tanahnya akan menyusut dan menjadi sangat keras serta terdapat retak-retak pada permukaan tersebut, hal ini disebabkan karena adanya penurunan kadar air. Dengan kondisi tanah tersebut akan beresiko terhadap bangunan yang terdapat diatasnya.

Serat serabut kelapa bermanfaat untuk stabilisasi

Jurnal Teknik Indonesia by Fakultas Teknik Undaris
is licensed under Creative Commons Attribution 4.0

tanah karena dapat meningkatkan kekuatan tanah, terutama untuk tanah lempung. Serat serabut kelapa dapat meningkatkan nilai kuat geser yang merupakan ukuran kemampuaan tanah untuk menahan beban. Selain itu serabut kelapa juga meningkatkan struktur tanah, aerasi, dan retensi kelembapan, sehingga menciptakan lingkungan yang lebih untuk pertumbuhan tanaman.

LANDASAN TEORI

Beberapa peneliti tentang stabilisasi tanah dengan serabut kelapa dilakukan oleh Linuwih Jalu Lastiko, (2017) "Stabilisasi Tanah Menggunakan Serabut Kelapa Melalui Uji Geser Langsung (Direct Shear Test) Di Laboratorium" serabut kelapa mampu menaikan kuat geser, walaupun meningkatnya kadar serabut kelapa tidak diikuti dengan meningkatnya kuat geser tanah tersebut, akibat dari presentase serabut kelapa yang didalam cetakan tidak dapat dipastikan dengan persentase serabut kelapa yang ditentukan. Kadar serabut kelapa mampu menaikan kuat geser tanah pasir, dengan kadar serabut kelapa 0.5% kenaikan kuat geser 9.14%, untuk kadar serabut kelapa 1% kenaikan kuat geser 9.49% dan untuk kadar serabut kelapa 1.5% kenaikan kuat geser 10.30%.

Tanah Lempung

Tanah lempung adalah jenis tanah dengan partikel halus yang memberikan sifat plastis saat bercampur dengan air. Partikel-partikel ini berukuran lebih kecil dari mikron (0.002mm). Lempung dikenal karena kemampuan menyerap dan menyimpan air, serta sifat kohesifnya, sebagai fondasi suatu bangunan yang berdiri diatasnya harus memenuhi syarat daya dukung yang dimiliki sehingga mampu memdukung beban bangunan diatasnya.

Kuat Geser

Kuat geser merupakan salah satu faktor yang diperhitungkan untuk mencari daya dukung tanah. Kuat geser yang tinggi akan mampu menopang beban kontruksi yang terlalu berat, sehingga untuk mendapatkan kuat geser tanah yang tinggi perlu adanya perbaikan tanah.

Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah merupakan cara untuk memperbaiki kondisi tanah dasar yang daya dukungnya tidak kondusif untuk kontruksi yang akan dibangun diatas tanah tersebut (Galih Yuda Setiawan,2021). Berbagai penelitian telah menunjukan bahwa penggunaan bahan tambah, seperti kapur,semen, pasir dan bahan organik, dapat meningkatkan karakteristik mekanik tanah lempung. Namun pengguanan bahan kimia sering kali menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Sehingga diperlukan alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Serat Serabut Kelapa

Serat serabut kelapa merupakan bahan yang efektif untuk stabilisasi tanah terutama dalam meningkatkan kuat geser dan tekan tanah, meningkatkan nilai kuat geser dan memperbaiki struktur tanah . pemanfaatan serat serabut kelapa sebagai bahan tambah stabilisasi tanah merupakan solusi ekonomis dan ramah lingkungan.

Dalam penelitian ini serat serabut kelapa yang digunakan berasal dari desa hatu, kecamatan leihitu barat. Serat serabut kelapa sangat dominan dengan bahan tambah tersebut, untuk itu dalam kehidupan sehari-hari masyarakat setempat tidak menggunakannya, maka dari itu penulis akan memberdayakan untuk dijadikan bahan tambah stabilisasi tanah.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel tanah untuk dilakukan penelitian yang desa Hatu, Kecamatan Leihitu Barat.

Jenis Data

Data yang diperoleh dari metode analisa datanya yakni jenis data kuantitatif merupakan data angka atau bilangan yang dapat diukur dan dihitung. Data ini sering digunakan dalam penelitian untuk menguji hipotesis dan membuat prediksi berdasarkan analisis statistika.

Teknik Pengumpulan Data

Peda penelitian ini peneliti menggunakan tiga metode yang meliputi observasi, studi pustaka dan eksperimen.

Sumber Data

Sumber data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah Data primer. Data primer merupakan data yang dikumpulkan langsung oleh peneliti dari sumbernya, misalnya melalui survei yang dilakukan dilokasi Ruas Jalan Desa Hatu - Laha. Eksperimen akan dilakukan pada laboratorium Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ambon. Berbeda dengan Data Primer, Data sekunder merupakan data yang dikumpulkan atau diperoleh tidak langsung oleh peneliti, melainkan dari pihak lain atau melalui media perantara. Data ini biasanya telah tersedia dan dipublikasikan oleh lembaga atau instasi dalam hal ini merupakan tabel konvesrsi.

Metode Analisis

Adapun metode analisis yang digunakan adalah metode kuantitatif yang sifatnya deskriptif. Metode ini digunakan untuk menghitung data pengujian dilaboratorium berupa kadar air, bobot isi, berat jenis, analisis saringan, atterbeg, pemadatan dan kuat geser langsung. Sedangkan deskriptif itu berupa uraian atau penjelasan tentang literatur yang terkait dengan penelitian ini.

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Pengujian Kadar Air

Dari table 1 diketahui bahwa jumlah sampel yang digunakan pada pengujian kadar air sebanyak 3 sampel agar bisa menghitung nilai kadar air rata-rata, sehingga diperoleh nilai rata-rata kadar air sebesar 38,94%.

Tabel 1 Pengujian Kadar Air

Uraian		Satuan	Cawan 1	Cawan 2	Cawan 3
Berat cawan + tanah basah	W1	Gr	40,64	38,01	36,73
Berat cawan + tanah kering	W2	Gr	32,81	31,07	29,9
Berat air	W1-W2	Gr	7,83	6,94	6,83
Berat cawan	W3	Gr	12,47	13,34	12,47
Berat tanah kering	W2-W3	Gr	20,34	17,73	17,43
Kadar air	(W1-W2)/(W2-W3)*100	%	38,50	39,14	39,19
kadar air rata-rata	(C1+C2+C3)/3	%		38,94	

Pengujian Berat Jenis

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis yang telah dilakukan sesuai dengan SNI 03-3637-1994. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan nilai rata-rata berat jenis tanah sebesar 2,59

Tabel 2 Berat Jenis

NO	Piknometer no.		1	2
1	Berat Piknometer	M_1 gram	39,24	35,97
2	Berat Piknometer + Tanaha	M_2 gram	64,24	60,97
3	Berat tanah + air + piknometer	M_3 gram	105,50	104,72
4	Berat Air + piknometer	M_4 gram	90,10	88,72
5	Temperature t^{o}C		28,00	
6	A = M_2 - M_1		25,00	25,00
7	B = M_3 - M_4		15,40	15,38
8	C = A - B		9,60	9,54
9	Berat Jenis, G_1 = A/C		2,60	2,58
10	Berat Jenis Rata – Rata, G_1		2,59	

Pengujian Bobot Isi

Pengujian berat isi dilakukan pengambilan sebanyak satu sampel diperoleh nilai berat isi tanah basah (γb) sebesar 1,97gram dan berat isi tanah kering (γd) sebesar 0,050 gr/cm^3.

Analisa Saringan

Hasil uji analisa saringan menggunkan tanah dasar Ruas Jalan Hatu yang mempunyai ukuran

butiran lolos saringan No.200 sebesar 51,85%

Tabel 3 Analisa Saringan

	Berat Saringan	Berat Saringan + Tanah	Berat Tertahan	Berat Kumulatif Tertahan	Presentasi Tertahan	Persentasi Lolos
4	452,78	539,21	86,43	86,43	8,64	91,36
10	531,21	763,55	232,34	318,77	23,23	68,12
20	339,53	672,73	333,20	651,97	33,32	34,80
40	446,48	656,19	209,71	861,68	20,97	13,83
60	290,57	369,89	79,32	941,00	7,93	5,90
80	413,65	422,75	9,10	950,10	0,91	4,99
100	398,67	415,37	16,70	966,80	1,67	3,32
200	392,68	413,3	20,62	987,42	2,06	1,26
Pan		370,58	383,16	12,58	1000,00	0,00

Berdasarkan sistem klasifikasi AASTHO presentase lolos analisa saringan yang perhitungkan adalah no 10, 40, 200. Tetapi dari hasil pengujian didapatkan presentase lolos lebih dominan ke saringan no 200 dengan ukuran butiran yang lolos sebesar 1,26%.

Dari Tabel 3 maka dicari D10, D30, dan D60 yang mendapatkan berturut-turut 0,45 mm untuk D_{10}; 1 mm untuk D_{30}; dan 2 mm untuk D_{60}.

Atteberg Limit

Dari hasil perhitungan tabel pengujian batas cair didapatkan presentase kadar air rata-rata sebesar 43,99% seperti yang ditunjukan pada Tabel 4.

Tabel 4 Pengujian Batas Cair (LL)

Batas cair (LL)			Lolos Ayakan No : 10 Inchi			
Uraian		**Satuan**	**Cawan 1**	**Cawan 2**	**Cawan 3**	**Cawan 4**
Jumlah ketukan			4	22	39	51
Berat cawan + tanah basah	W1	Gr	26,26	27,09	28,94	26,82
Berat cawan + tanah kering	W2	Gr	21,43	22,37	24,14	23,03
Berat air	W1-W2	Gr	4,83	4,72	4,80	3,79
Berat cawan	W3	Gr	12,24	11,96	12,42	12,82
Berat tanah kering	W2-W3	Gr	9,19	10,41	11,72	10,21
Kadar air	(W1-W2)/(W2-W3)*100	%	52,56	45,34	40,96	37,12
kadar air rata-rata	(C1+C2+C3+C4)/4	%	43,99			

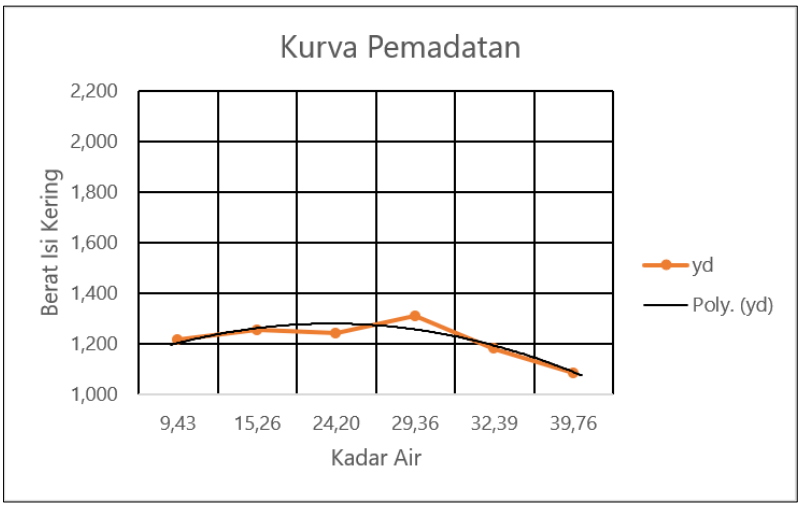
Dari hasil pengujian pada tabel pengujian batas cair didapatkan presentase kadar air rata-rata sebesar 25,19%. Sementara untuk nilai plastisitas indeks (PI) adalah Batas Cair (LL) – Batas Plastis (PL). Dalam hal ini PI meiliki nilai 18,8%. Hal ini menunjukkan bahwa tanah di lokasi penelitian adalah lempung kohesif tinggi.

Tabel 5 Pengujian Batas Plastis (PL)

Batas Plastis						
Uraian		Satuan	Cawan 1	Cawan 2	Cawan 3	LL (%) =
Berat cawan + tanah basah	W1	Gr	13,03	12,64	13,88	
Berat cawan + tanah kering	W2	Gr	12,98	12,50	13,71	
Berat cawan	W3	Gr	12,64	11,83	12,56	PL (%) =
Berat air	W1-W2	Gr	0,05	0,14	0,17	
Berat tanah kering	W2-W3	Gr	0,34	0,67	1,15	IP (%) =
Kadar air	(W1-W2)/(W2-W3)*100	%	14,71	20,90	14,78	
Kadar air rata - rata	(C1+C2+C3)/3	%		25,19		

Pengujian Pemadatan

Agar kepadatan suatu tanah dapat diketahui maka dilakukan pengujian pemadatan yag ditumbuk sebanyak 25kali pukulan dengan 6 sampel sebagai benda uji. Grafik hubungan antara kepadatan dengan kadar air ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1 Kurva Kadar Air Optimum

Berdasarkan hasil analisa, kurva menunjukan bahwa berat isi kering tertinggi ada pada kadar air tertinggi sebesar 29,36%

Analisis Pengujian Geser Langsung

Pengujian geser langsung dilakukan untuk menganalisis variasi nilai parameter kekuatan geser tanah, baik pada tanah murni maupun campuran dengan serat serabut kelapa dari seluruh presentase.

1. **Geser Langsung Pada Tanah Asli**

   Dari pengujian Direct Shear, diperoleh nilai sudut geser sebesar 29,6˚ dan nilai kohesi

sebesar 0,1 Kpa

2. **Geser Langsung Pada Tanah dengan Penambahan 0,4% Serat Serabut Kelapa**

   Pengujian Direct Sehar pada campuran 0,4% Serbuk Sabut Kelapa menghasilkan sudut geser 29˚ dengan nilai kohesi alami kenaikan menjadi 0,1 Kpa

3. **Geser Langsung Pada Tanah dengan Penambahan 0,8% Serat Serabut Kelapa**

   Sementara pada campuran 0,8%, memperoleh sudut geser 22,3˚ dengan nilai kohesi alami kenaikan menjadi 0,2 Kpa

4. **Geser Langsung Pada Tanah dengan Penambagan 1,2% Serabut Kelapa**

   Sedangkan untuk campuran 1,2%, sudut geser Kembali menunjukkan penurunan yakni 21,4 ˚ dengan nilai kohesi 0,2 KPa.

PENUTUP

Hasil pengujian geser langsung tanah dasar Ruas Jalan hatu didapatkan nilai sudut geser tanah sebesar 29,6° dengan nilai kohesi tanah sebesar 0,1 KPa. Tanah dasar dengan penambahan SSK 0.4 % didapatakan sudut geser tanah sebesar 29° dengan nilai kohesi tidak mengalami perubahan.

Tanah dasar dengan penambahan SSK 0.8 % didapatakan sudut geser tanah sebesar 22,3° dengan nilai kohesi tanah alami kenaikan menjadi 0,2 KPa. Sementara tanah dasar dengan penambahan SSK 1.2 % didapatakan sudut geser tanah sebesar 21,4° dengan nilai kohesi tanah tetap sebesar 0,2 KPa. Dari hasil tersebut maka pengaruh penambahan serat sabut dengan variasi, 0.4 %, 0.8 %, dan 1.2 % terhadap nilai kuat geser tanah asli mengalami penurunan nilai sudut geser pada setiap variasi penambahan.

DAFTAR PUSTAKA

A. Saputra (2024). *Pengaruh penambahan serat serabut kelapa terhadap stabilitas tanah lempung ditinjau dari kuat geser tanah.*

Bowles, Joseph E., and Johan K. Hainim.1984, "Sifat-sifat fisis dan geoteknis tanah (mekanika tanah).

Das Braja, M. 1994, "Mekanika Tanah jilid 1 dan 2, cetakan pertarna." *Erlangga, Jakarta*.

Dewi Sulistyorini, L. J. L. Z. F. H. (2017).

Galih Yuda Setiawan (2021) *Stabilisasi tanah lempung dengan penambahan serabut kelapa pada pengujian kuat geser langsung (DIRECT SHEAR TEST)*

Hardiyatmo, H C. 2019. *Mekanika Tanah II (edisi III). GadjahMada University Press.Yogyakarta*.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2010, "Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan." *Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2019, "Mekanika Tanah 1, Edisi Keenam." *Gajah Mada University*.

Kelapa Melalui Uji Geser Langsung (Direct Shear Test) Di Laboratorium. *Renovasi : Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, *2*(2), 9–16.

Leuwol, C., Latar, S., & Talakua, E. (2024). Analisis CBR Subgrade Ruas Jalan Waisarisa–Piru Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa*, *1*(7), 820-832.

Morales Okwandi Purba1, Lusi Dwi Putri2, Muthia Anggraini3 2023, *Pemanfaatan abu sabut kelapa sebagai bahan stabilisasi tanah lempung terhadap nilai California Bearing Ratio (CBR)* Vol. 3, No. 1 Oktober 2023, Hal. 89-9

Prihantono (2011) *Aplikasi hasil eksperimen pemadatan tanah untuk konstruksi embung berdasarkan metode tekanan*

JURNAL TEKNIK INDONESIA - VOL. 07 NO. 02 (Oktober 2026)
P-ISSN 2987-2723
E-ISSN 1987-0933

Efisiensi Proyek Normalisasi Saluran Sekunder untuk Daerah Irigasi Waduk Gogor

Viola Esa Nursela, Rr Diah Nugraheni Setyowati, Fajar Setiawan
UIN Sunan Ampel Surabaya
E-mail Korespondensi: diahnugraheni@uinsa.ac.id

ABSTRACT

Irrigation infrastructure plays a vital role in maintaining national food security. However, irrigation channel normalization projects are often executed without adequate environmental impact assessments, leading to inefficient material and energy use and uncontrolled construction-phase emissions. This study aims to identify the life cycle and quantify the environmental impacts of the secondary channel normalization project at the Gogor Reservoir Irrigation Area (D.I. Waduk Gogor) in Tersebar Village, Balongpanggang District, Gresik Regency, while also assessing material and energy efficiency using the Life Cycle Assessment (LCA) approach. Eight key construction activities were evaluated using the cradle-to-gate LCA method, utilizing SimaPro software and the ReCiPe 2016 Midpoint (H) method. The results show total Global Warming Potential (GWP) emissions of 111,584.80 kg CO_2-eq, a figure well below the 1.85 million threshold set by the Ministry of Environment and Forestry (KLHK). The primary hotspot was the installation of K350 U-Ditch units, which accounted for 54.44% of GWP and 90.6% of fossil energy consumption (109,373.23 MJ). Meanwhile, the demolition of existing stonework generated the highest particulate matter formation (PMF) emissions, at 32.70%. On a positive note, the reuse of 260.71 tons of demolished stone resulted in a saving of 48.07 kg CO_2-eq. Given that the project's energy efficiency is heavily influenced by the U-Ditch installation process, optimization of heavy equipment operation, improvements to the mortar mix design, and the partial replacement of cement with more eco-friendly materials—such as fly ash—are recommended.

Keywords: *Life Cycle Assessment, Normalization, Irrigation Channels, Carbon Emissions, Material Efficiency*

ABSTRAK

Infrastruktur irigasi berperan penting dalam menjaga ketahanan pangan nasional. Meski demikian, proyek normalisasi saluran irigasi kerap dijalankan tanpa kajian dampak lingkungan yang memadai, sehingga penggunaan material dan energi menjadi tidak efisien dan emisi selama konstruksi tidak terkendali. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi siklus hidup serta mengukur dampak lingkungan proyek normalisasi saluran sekunder D.I. Waduk Gogor di Desa Tersebar, Kecamatan Balongpanggang, Kabupaten Gresik, sekaligus menilai efisiensi penggunaan material dan energinya melalui pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA). Evaluasi terhadap 8 kegiatan konstruksi utama dilakukan dengan metode LCA *cradle-to-gate*, memakai perangkat lunak SimaPro dan metode ReCiPe 2016 Midpoint (H). Hasilnya, total emisi GWP tercatat 111.584,80 kg CO_2-eq, angka yang masih di bawah ambang 1,85 juta menurut KLHK. Hotspot terbesar berasal dari pemasangan *U-Ditch* K350, yang menyumbang 54,44% GWP dan 90,6% konsumsi energi fosil (109.373,23 MJ). Adapun pembongkaran batu lama menghasilkan emisi partikulat (PMF) tertinggi, yakni 32,70%. Sisi positifnya, pemanfaatan kembali 260,71 ton batu bekas bongkaran berhasil menghemat 48,07 kg CO_2-eq. Karena efisiensi energi proyek sangat ditentukan oleh kegiatan pemasangan *U-Ditch*, diperlukan optimasi pengoperasian alat berat, perbaikan *mix design* mortar, serta penggantian sebagian semen dengan bahan yang lebih ramah lingkungan seperti *fly ash*.

Kata Kunci: *Life Cycle Assesment, Normalisasi, Saluran Irigasi, Emisi Karbon*

PENDAHULUAN

Di era pembangunan berkelanjutan, proyek normalisasi infrastruktur irigasi seperti saluran sekunder di Waduk Gogor, Desa Tersebar, Kecamatan Balongpanggang, Kabupaten Gresik menjadi krusial untuk

Jurnal Teknik Indonesia by Fakultas Teknik Undaris
is licensed under Creative Commons Attribution 4.0

mendukung ketahanan pangan dan pengelolaan sumber daya air. Saluran irigasi sekunder di daerah ini sering mengalami degradasi akibat sedimentasi, erosi, dan perubahan iklim, yang mengakibatkan penurunan efisiensi distribusi air pada lahan seluas 1.500 hektar di sekitar waduk[1]

Proyek normalisasi saluran sekunder yang meliputi pengerukan dan penguatan struktur sering kali dilakukan tanpa analisis mendalam terhadap dampak lingkungan jangka panjang, sehingga menimbulkan inefisiensi energi dan limbah yang signifikan[2]. Tanpa analisis yang komprehensif, proyek normalisasi berisiko menjadi tidak efisien secara lingkungan dan justru menambah beban ekologis, terutama di tengah isu perubahan iklim yang menjadikan pengelolaan air sebagai prioritas global[3]

Analisis Siklus Hidup (*Life Cycle Assessment*/LCA) merupakan metodologi yang tepat untuk melakukan evaluasi komprehensif terhadap dampak lingkungan dari suatu produk atau proses, mulai dari hulu ke hilir[4]. Dalam konteks proyek irigasi, LCA dapat mengkalkulasi secara ilmiah dampak yang selama ini luput dari perhatian, seperti jejak karbon dari operasional alat berat, serta potensi pencemaran dari limbah material konstruksi[5]

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi siklus hidup proyek normalisasi saluran sekunder D.I. Waduk Gogor; (2) mengukur dampak lingkungan dari proyek normalisasi menggunakan metode LCA; dan (3) menilai efisiensi penggunaan material dan energi dalam proyek berdasarkan hasil analisis LCA

LANDASAN TEORI

Normalisasi saluran irigasi merupakan kegiatan pemeliharaan untuk mengembalikan fungsi optimal saluran air agar alirannya lancar dan mendukung irigasi pertanian[6]. Normalisasi saluran sekunder merupakan proses pemulihan dan perbaikan saluran irigasi tingkat kedua yang bertujuan mengalirkan air dari saluran primer ke lahan pertanian[7]. Kinerja saluran irigasi dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti desain saluran, pemeliharaan, hingga kondisi alam sekitar[9].

Kondisi fisik saluran yang buruk seperti penyempitan, sedimentasi, dan kerusakan struktur dapat menghambat aliran air dan menurunkan efisiensi distribusi air. Oleh karena itu, normalisasi jaringan irigasi menjadi kebutuhan mendesak guna menjaga fungsi dari jaringan tersebut [2].

Analisis Siklus Hidup (LCA) adalah evaluasi terhadap input, output, serta potensi dampak lingkungan suatu produk sepanjang seluruh

siklus hidupnya[4]. Tujuh prinsip dasar LCA mencakup perspektif siklus hidup, fokus pada aspek lingkungan, pendekatan relatif dan unit fungsional, pendekatan iteratif, transparansi, sifat komprehensif, serta prioritas pada pendekatan ilmiah [10].

Dalam penelitian ini digunakan metode ReCiPe 2016 Midpoint (H) yang mencakup enam kategori dampak utama yaitu: *Global Warming Potential* (GWP) dalam kg CO_2-eq; *Particulate Matter Formation* (PMF) dalam kg $PM_{2.5}$-eq; *Terrestrial Acidification Potential* (AP) dalam kg SO_2-eq; *Photochemical Oxidant Creation Potential* (POCP) dalam kg C_2H_4-eq; *Fossil Resource Depletion* (FRD) dalam kg oil-eq; dan *Human Toxicity Potential* (HTP)[11] (Hakim ., 2024). Kategori GWP mengukur kontribusi emisi gas rumah kaca terhadap pemanasan global dengan mengkonversi gas-gas seperti CO_2, CH_4, dan N_2O ke dalam satuan CO_2 ekuivalen[12].

Dengan menggunakan LCA, para perencana dan pengambil kebijakan dapat membandingkan berbagai alternatif teknologi konstruksi, memilih opsi yang paling efisien secara ekonomi dan ramah lingkungan, serta merancang strategi perbaikan infrastruktur yang berkelanjutan [13].

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode utama *Life Cycle Assessment* (LCA) sesuai standar ISO 14040. Metode LCA dipilih karena dapat menyajikan gambaran komprehensif mengenai keterkaitan antara aktivitas konstruksi dan kondisi lingkungan, yang mencakup tahap pemilihan material, proses pelaksanaan pekerjaan, hingga potensi emisi dan limbah yang ditimbulkan.

Objek penelitian adalah proyek normalisasi Saluran Sekunder D.I. Waduk Gogor yang dilaksanakan berdasarkan SPK Nomor 000.3.2/14211/104.6.05/2025 dengan nilai kontrak Rp687.990.000,- dan jangka waktu pelaksanaan 90 hari kalender Tahun Anggaran 2025. Lokasi proyek berada di Desa Tersebar, Kecamatan Balongpanggang, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.

Pendekatan batasan sistem yang digunakan adalah *cradle-to-gate* dengan perluasan ke *gate-to-site*. Analisis mencakup 8 (delapan) kegiatan konstruksi utama yaitu:

1. Mobilisasi lapangan
2. Pembongkaran pasangan batu lama;
3. Pengadaan dan pemasangan *U-Ditch* k350
4. Pasangan batu bekas bongkaran (semi mekanis);
5. Pasangan batu belah baru, mortar tipe n

6. Siaran (*pointing*) mortar tipe M
7. Plesteran 1,5 cm mortar tipe S
8. Penyelenggaraan SMK3.

Data *Life Cycle Inventory* (LCI) dikumpulkan dari dokumen Rencana Anggaran Biaya (RAB), *Bill of Quantity* (BOQ), Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), Rekap Harian, dan Time Schedule. Data mencakup kuantitas material konstruksi (batu, semen, pasir, air, U-Ditch), konsumsi energi (bahan bakar solar untuk alat berat), dan informasi transportasi (jarak dan volume muatan).

Perhitungan emisi menggunakan formula dasar: Emisi (kg CO_2-eq) = Data Aktivitas × Faktor Emisi. Faktor emisi material mengacu pada database SimaPro, sedangkan faktor emisi transportasi dan bahan bakar mengacu pada IPCC Guidelines 2006. Konversi satuan dilakukan secara sistematis dari volume ke massa menggunakan densitas material, kemudian ke satuan emisi kg CO_2-eq.

Penilaian Dampak Siklus Hidup (*Life Cycle Impact Assessment*/LCIA) dilakukan menggunakan software SimaPro dengan metode ReCiPe 2016 Midpoint (H). Hasil LCIA kemudian diinterpretasikan untuk mengidentifikasi hotspot lingkungan yaitu kegiatan yang paling berkontribusi terhadap setiap kategori dampak, serta untuk menilai efisiensi penggunaan material dan energi secara keseluruhan.

Metode penelitian meliputi data dan teknik pengumpulannya, serta metode analisis data

Tabel 1.*Goal and Scope*

Komponen	Uraian
Goal	Mengidentifikasi beban lingkungan dari seluruh tahapan normalisasi saluran sekunder dan memberikan informasi ilmiah bagi pengambil keputusan proyek infrastruktur irigasi
Scope	Seluruh aktivitas konstruksi normalisasi saluran sekunder D.I. Waduk Gogor dengan pendekatan *cradle-to-gate*
Functional Unit	Satu paket pekerjaan normalisasi saluran sekunder D.I. Waduk Gogor (kontrak Rp687.990.000)
Software	SimaPro dengan database ReCiPe 2016 Midpoint (H)
Boundary	Mobilisasi material – transportasi ke lokasi – pelaksanaan konstruksi di lapangan

(Sumber : Analisis, 2026)

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

Proyek normalisasi Saluran Sekunder D.I. Waduk Gogor dikelola dalam kerangka pengelolaan sumber daya air di bawah kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Timur melalui Dinas PU Sumber Daya Air. Secara administratif, lokasi pekerjaan tersebar di Desa Tersebar, Kecamatan Balongpanggang,

Kabupaten Gresik. Proyek ini merupakan bagian dari Program Pengelolaan Sumber Daya Air (kode 1.03.02) dengan kegiatan pengembangan dan pengelolaan sistem irigasi primer dan sekunder pada daerah irigasi 1.000–3.000 Ha (kode 1.03.02.1.02), bersumber dari Dana APBD Provinsi Jawa Timur TA 2025.

Ruang lingkup pekerjaan terdiri dari empat divisi utama: pekerjaan tanah (penggalian 196,12 m^3); pekerjaan pasangan batu (pembongkaran 311,48 m^3, pasangan batu bekas 120,7 m^3, pasangan batu baru 120,7 m^3, siaran 296,45 m^2, dan plesteran 169,4 m^2); pekerjaan U-Ditch (pengadaan dan pemasangan 146 buah U-Ditch K350 senilai Rp324.946.506 atau 47,2% dari total kontrak); dan penyelenggaraan SMK3 senilai Rp10.484.622.

Tabel 2.Volume Kegiatan Konstruksi

No.	Kegiatan Konstruksi	Volume	Satuan
1	Mobilisasi Lapangan	-	-
2	Pembongkaran Pasangan Batu Lama	311,48	m^3
3	Pengadaan & Pemasangan U-Ditch K350	146	buah
4	Pasangan Batu Bekas Bongkaran (Semi Mekanis)	120,70	m^3
5	Pasangan Batu Belah Baru Mortar Tipe N	120,70	m^3
6	Siaran (Pointing) Mortar Tipe M	296,45	m^2
7	Plesteran 1,5 cm Mortar Tipe S	169,40	m^2
8	Penyelenggaraan SMK3	-	-

(Sumber: RAB dan MC 100% Proyek, 2025)

Tahap LCI mencakup kuantifikasi seluruh aliran input dan output dari 8 kegiatan konstruksi. Pada kegiatan mobilisasi, transportasi material dihitung berdasarkan massa material dikali jarak tempuh (ton.km) dengan faktor emisi 0,12 kg CO_2/ton.km. Total transportasi batu belah mencapai 15.042,5 ton.km, semen 2.438,3 ton.km, pasir 7.273,1 ton.km, dan U-Ditch 7.648,9 ton.km.

Emisi dari konsumsi bahan bakar solar dihitung menggunakan faktor emisi 2,68 kg CO_2/liter berdasarkan panduan IPCC 2006. Konversi satuan dilakukan melalui hierarki: volume (liter) → massa (kg) → kandungan energi (MJ) → emisi GRK (kg CO_2-eq). Khusus untuk kegiatan pemasangan U-Ditch K350, emisi embodied carbon dari material precast menjadi kontributor dominan, mengingat produksi beton K350 membutuhkan semen Portland dalam jumlah besar yang memiliki faktor emisi tertinggi di antara material konstruksi.

Inventori juga mencatat adanya praktik reuse batu bekas bongkaran sebesar 260,71 ton yang digunakan kembali sebagai material pasangan

batu. Penggunaan kembali material ini mengurangi kebutuhan pengadaan batu baru dari quarry, sehingga menghasilkan penghematan emisi sebesar 48,07 kg CO_2-eq dari peniadaan proses transportasi dan ekstraksi material baru.

Tabel 3.Rekapitulasi Emisi GWP per Kegiatan Konstruksi (kg CO_2-eq)

No.	Kegiatan	GWP (kg CO_2-eq)	% Total
1	Mobilisasi Lapangan	4.023,06	3,61%
2	Pembongkaran Pasangan Batu Lama	2.950,40	2,64%
3	Pengadaan & Pemasangan U-Ditch K350	60.724,80	54,44%
4	Pasangan Batu Bekas Bongkaran	7.820,10	7,01%
5	Pasangan Batu Belah Baru Mortar N	18.450,20	16,54%
6	Siaran Mortar Tipe M	9.330,50	8,36%
7	Plesteran Mortar Tipe S	8.285,74	7,43%
Total		**111.584,80**	100%

(Sumber : Perhitungan, 2026)

Hasil LCIA menggunakan metode ReCiPe 2016 Midpoint (H) menunjukkan bahwa proyek normalisasi saluran sekunder D.I. Waduk Gogor menghasilkan dampak lingkungan yang cukup signifikan pada seluruh enam kategori dampak yang dianalisis. Total emisi GWP mencapai 111.584,80 kg CO_2-eq. Dampak ini setara dengan emisi karbon yang dihasilkan oleh sekitar 24 rumah tangga Indonesia dalam satu tahun.

Dari sisi *Particulate Matter Formation* (PMF), kegiatan pembongkaran pasangan batu lama menjadi kontributor terbesar sebesar 32,70%, diikuti oleh kegiatan pasangan batu baru (28,40%) dan pemasangan U-Ditch (19,80%). Emisi partikel dari proses pembongkaran batu terjadi akibat fragmentasi mekanis batuan yang menghasilkan debu $PM_{2.5}$ dalam konsentrasi tinggi, yang berpotensi mengganggu kesehatan pekerja dan warga sekitar proyek.

Untuk kategori *Fossil Resource Depletion* (FRD), total konsumsi energi fosil mencapai 109.373,23 MJ, dengan 90,6% terkonsentrasi pada kegiatan pemasangan U-Ditch K350. Konsentrasi konsumsi energi yang sangat tinggi pada satu kegiatan ini menunjukkan ketergantungan yang besar terhadap penggunaan alat berat bermesin diesel serta kandungan energi yang tinggi dalam proses produksi elemen precast beton.

Berdasarkan hasil interpretasi LCIA, kegiatan Pengadaan dan Pemasangan U-Ditch K350 teridentifikasi sebagai hotspot lingkungan utama

pada hampir seluruh kategori dampak. Dominasi kegiatan ini pada GWP (54,44%) disebabkan oleh dua faktor utama: (1) tingginya *embodied carbon* dari produksi beton precast mutu K350 yang membutuhkan semen Portland dalam jumlah besar; dan (2) konsumsi bahan bakar diesel yang intensif oleh alat berat selama proses pemasangan (excavator, vibrator beton 52mm)

Tabel 4.Hasil Penilaian Dampak Siklus Hidup (LCIA) per Kategori

Kategori Dampak	Satuan	Total Nilai	Hotspot Utama (%)
Global Warming Potential (GWP)	kg CO_2-eq	111.584,80	U-Ditch K350 (54,44%)
Particulate Matter Formation (PMF)	kg $PM_{2.5}$-eq	128,45	Bongkaran batu (32,70%)
Terrestrial Acidification (AP)	kg SO_2-eq	342,17	U-Ditch K350 (48,20%)
Photochem. Oxidant Creation (POCP)	kg C_2H_4-eq	89,32	Mobilisasi (35,60%)
Fossil Resource Depletion (FRD)	MJ	109.373,23	U-Ditch K350 (90,60%)
Human Toxicity Potential (HTP)	kg 1,4-DCB-eq	2.456,80	Pasangan batu baru (42,10%)

(Sumber: Hasil analisis SimaPro ReCiPe 2016 Midpoint (H), 2026)

Kegiatan pembongkaran pasangan batu lama, meskipun memiliki kontribusi GWP yang relatif kecil (2,64%), menjadi hotspot utama untuk kategori PMF (32,70%). Hal ini disebabkan oleh aktivitas fragmentasi mekanis batuan yang menghasilkan emisi debu $PM_{2.5}$ dalam konsentrasi tinggi. Kondisi ini menjadi perhatian khusus dari aspek kesehatan dan keselamatan kerja, terutama bagi pekerja yang terpapar langsung selama proses pembongkaran.

Pada kategori HTP, kegiatan pasangan batu baru dengan mortar tipe N menjadi kontributor tertinggi (42,10%) karena penggunaan semen Portland dalam campuran mortar menghasilkan emisi logam berat dan senyawa kimia berbahaya selama proses produksi. Hal ini konsisten dengan temuan penelitian[12] (Alfiani dkk., 2025) yang menyatakan bahwa material beton K-350 adalah kontributor dampak lingkungan terbesar dengan persentase 76%–96,8% dari total dampak.

Tingkat efisiensi penggunaan material dan energi dalam proyek normalisasi saluran sekunder D.I. Waduk Gogor dinilai belum merata dan masih dapat dioptimalkan. Dari sisi material, efisiensi terbaik ditunjukkan melalui praktik reuse (penggunaan kembali) batu bekas bongkaran sebesar 260,71 ton, yang berhasil menghemat emisi 48,07 kg CO_2-eq dan mengurangi kebutuhan batu baru dari quarry. Praktik ini sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular dalam konstruksi yang mendukung pengurangan limbah material.

Dari sisi energi, distribusi konsumsi sangat

timpang karena 90,6% dari total energi fosil (109.373,23 MJ) hanya terkonsentrasi pada satu kegiatan yaitu pemasangan U-Ditch K350. Ketimpangan ini menunjukkan bahwa efisiensi energi proyek secara keseluruhan sangat bergantung pada pengelolaan kegiatan tersebut. Penggunaan semen Portland dalam jumlah besar pada pekerjaan pasangan batu, plesteran, dan siaran tanpa optimasi rasio campuran juga menjadi indikasi pemborosan material yang turut memperbesar beban emisi lingkungan.

Perbandingan dengan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa temuan ini konsisten dengan penelitian Benalcázar-Murillo dkk.[14] pada sistem irigasi di Ekuador yang menemukan konsumsi energi sebagai kontributor terbesar (42%) dalam total emisi siklus hidup. Penelitian Kurnia dkk. [15] pada konstruksi jembatan juga menunjukkan bahwa metode precast menghasilkan emisi yang lebih tinggi dibandingkan metode cor di tempat, yang menguatkan temuan dominasi U-Ditch precast dalam penelitian ini

Berdasarkan hasil analisis LCA, terdapat beberapa rekomendasi mitigasi yang dapat diterapkan untuk mengurangi dampak lingkungan pada proyek serupa di masa mendatang. Pertama, substitusi material: mengganti sebagian semen Portland dengan fly ash atau slag (substitusi 20–40%) dapat menurunkan emisi GWP sebesar 13–16% tanpa mengorbankan kualitas bangunan, sebagaimana ditunjukkan oleh penelitian Muttaqien dkk.[16].

Kedua, penggunaan semen rendah karbon (*blended cement*): penerapan semen tipe Portland Composite Cement (PCC) atau Portland Pozzolana Cement (PPC) sebagai pengganti OPC pada campuran mortar dapat mengurangi embodied carbon secara signifikan. Ketiga, optimalisasi rasio campuran mortar: penyesuaian mix design mortar untuk meminimalkan penggunaan semen per satuan volume tanpa mengurangi kekuatan yang dipersyaratkan.

Keempat, dari aspek kesehatan kerja, penggunaan APD lengkap bagi pekerja (masker N95 dan kacamata) dan penyiraman area kerja secara berkala untuk menekan debu sangat penting mengingat tingginya emisi PMF pada kegiatan pembongkaran. Kelima, pengadaan material dari sumber lokal untuk meminimalkan emisi transportasi, terutama untuk semen yang jarak angkutnya mencapai 47,3 km.

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis *Life Cycle Assessment* (LCA) terhadap proyek normalisasi Saluran Sekunder D.I. Waduk Gogor, terdapat tiga kesimpulan utama:

1. Siklus hidup proyek normalisasi diidentifikasi melalui pendekatan *cradle-to-gate* yang mencakup 8 kegiatan konstruksi utama, mulai dari mobilisasi lapangan hingga pekerjaan finishing plesteran. Seluruh aliran sumber daya dalam proses konstruksi telah terpetakan secara komprehensif sebagai dasar penilaian dampak lingkungan.
2. Proyek menghasilkan dampak lingkungan yang signifikan dengan total emisi GWP sebesar 111.584,80 kg CO_2-eq. Hotspot utama adalah kegiatan pemasangan U-Ditch K350 yang mendominasi 54,44% GWP dan 90,6% konsumsi energi fosil (109.373,23 MJ). Kegiatan pembongkaran batu lama menjadi penyumbang emisi partikulat (PMF) terbesar sebesar 32,70%. Praktik reuse batu bekas bongkaran sebesar 260,71 ton berhasil menghemat 48,07 kg CO_2-eq.
3. Efisiensi penggunaan material dan energi dinilai belum merata. Efisiensi terbaik ditunjukkan melalui praktik reuse material. Namun, distribusi konsumsi energi yang sangat timpang (90,6% pada satu kegiatan) dan penggunaan semen Portland tanpa optimasi rasio campuran mengindikasikan masih besarnya potensi peningkatan efisiensi. Mitigasi yang direkomendasikan meliputi substitusi semen dengan *fly ash*, optimasi *mix design* mortar, serta penerapan manajemen kesehatan dan keselamatan kerja yang ketat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. muarif, Hidayanti, "Analisis Efektivitas Jaringan Irigasi Sekunder Bosso D . I Makawa," vol. 25, pp. 511–520, 2025.

[2] P. T. Bastuti and S. R. Nur, "Irigasi Kecil: Kinerja, Masalah, dan Solusinya," *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, vol. 35, no. 2, pp. 91–105, 2017, [Online]. Available: http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/fae/article/view/7958

[3] D. A. Alfiani, Annisa Rizky, "LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) PEKERJAAN BALOK DAN PLAT LANTAI BETON DI PROYEK APARTEMEN SAMAVIEW DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE SIMAPRO," Vol. 5, 2025.

[4] C. A. Sapulete, H. A. Lie, and Y. A. Priastiwi, "Sustainability Beton Metode Life Cycle Assessment Studi Kasus: Limbah Beton Laboratorium Bahan dan Konstruksi Departemen Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang," *Media Komunikasi Teknik Sipil*, vol. 24, no. 2, p. 140, 2019, doi: 10.14710/mkts.v24i2.18863.

[5] M. P. Adji and M. Ali, "Metode Life Cycle Assessment Untuk Kajian Dampak Lingkungan Pada Instalasi Pengolahan Air Bersih," vol. IX, no. 3, pp. 9696–9706, 2024.

[6] P. U. P. Riza Susanti, Asri Nurdiana, Lukman, "PENDAMPINGAN

RENCANA NORMALISASI SALURAN IRIGASI," vol. 01, no. 04, pp. 280–285, 2020.

[7] Y. Indriani and B. Wicaksono, "Analisis Jaringan Irigasi Daerah Irigasi Sumberarum Kabupaten Bojonegoro," vol. 5, pp. 732–741, 2025.

[8] B. W. Yulia Indriani, Mushthofa, "Anal is is Inde ks K ine rja S iste m Ir igas i Dae rah Ir igas i Sambe ng Ke camatan Kas iman Kabupate n Bojone goro," vol. 5, no. 2, 2025.

[9] S. Sangkala, O. D. Nara, and H. D. Titaley, "Analisa Kinerja Saluran Primer Daerah Irigasi Way Geren Kecamatan Lolong Guba Kabupaten Buru , Provinsi Maluku," vol. 2, no. 1, pp. 710–718, 2025.

[10] KLHK, "Pedoman Penyusunan Laporan Penilaian Daur Hidup (LCA)," *Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan*, no. 1, pp. 1–82, 2021.

[11] I. Hakim, A. Razak, Z. Xin, K. Sin, and K. Sudesh, "Life Cycle Assessment on Global Warming and Fine Particulate Matter Formation for Biological Extraction Method in Polyhydroxyalkanoates (PHA) Production : a Sustainable Alternative," vol. 113, no. October, pp. 397–402, 2024, doi: 10.3303/CET24113067.

[12] K. Obaideen *et al.*, "Solar Energy : Applications , Trends Analysis , Bibliometric Analysis and Research Contribution to Sustainable Development Goals (SDGs)," 2023.

[13] R. Al Hidayat, "Evaluasi Pembangunan Infrastruktur Jaringan Irigasi di Kabupaten Bengkulu Tengah," pp. 334–347, 2022.

[14] D. Benalc, S. Vilcekova, and M. Á. Pardo, "Analysis of Equivalent CO 2 Emissions of the Irrigation System — A Case Study," pp. 1–14, 2023.

[15] R. Citra, K. Pangestu, A. Agung, and K. Ayuningsasi, "Pengaruh Konsumsi Energi Sektor Industri , Rumah Tangga , dan Transportasi terhadap Emisi Karbon di Indonesia," vol. 3, no. 4, 2024.

[16] Ahzab, D. N. Martono, and N. Gusdini, "Analisis Daur Hidup Produksi Beton Fly Ash sebagai Upaya Mengurangi Dampak Emisi CO 2," vol. 21, no. 1, pp. 68–75, 2023, doi: 10.14710/jil.21.1.1.

Analisis Kinerja Lalu-lintas Pada Underpass Pekandangan - Jatibarang Kabupaten Indramayu, Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023
Rusmana, Juny Andry Sulistyo, Abdul Rochim

Analisis Kondisi Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Surface Distress Index (SDI) sebagai Dasar Penentuan Pemeliharaan Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Kadipaten - Bts. Majalengka / Indramayu)
Suparman, Juny Andry Sulistyo, Pratikso

Perumusan Indeks Kualitas Detail Engineering Design Pada Perencanaan Rekonstruksi Jalan (Studi Kasus: UPTD Pengelolaan jalan dan Jembatan Wilayah Pelayanan VI Kab. Indramayu)
Fajar Firmansyah, Pratikso, Juny Andry Sulistyo

Analisis Pengaruh Volume Lalu-lintas Terhadap TIngkat Kerusakan Perkerasan jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Budur - Susukan - Tegalgubug)
Agus Kosasih, Juny Andry Sulistyo, Pratikso

Analisis Perbandingan Efisiensi Sistem Ruspin dan Metode Konvensional Pada Pembangunan Rumah Berbasis Komunitas dan Swadaya di Kabupaten Brebes
Irfanuffin, Kartono Wibowo, Soedarsono

Analisis Pengaruh Volume Lalu-lintas Terhadap Tingkat Kerusakan Perkerasan Jalan (Studi Kasus: Jalan Kasepuhan - Kalitanjung)
Muhammad Daffa Putra Susanto, Juny Andry Sulistyo, Pratikso

Analisis Kondisi dan Prioritas Penanganan Struktur Atas Jembatan Monjot Menggunakan Metode Bridge Management System (BMS) dan Analytical Hierarchy Proccess (AHP)
Buddy Achmad Setiady, Pratikso, Juny Andry Sulistyo

Analisis Kinerja Struktur Gedung Laboratorium Kesehatan Daerah di Salatiga Terhadap Beban Gema
Afifatul Askha, Trenggana Indra Pambudi Nuswantara, Agung Hari Wibowo, Tenardhy Aryarama Wijaya

Perencanaan Struktur Gedung Parkir 4 Lantai Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI Ungaran Menggunakan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019
Muhammad Farkan, Agung Hari Wibowo, Tenardhy Aryarama Wijaya

Analisis Literatur Pemanfaatan Limbah Keramik dan Limbah Genteng Sebagai Substitusi Agregat Halus Pada Beton
Putri Syafa Az-zahra, Nur Istiqomah, Siti Rochani

Analisis Perbandingan Quarry Wae Kawanua dengan Wae Wai Lao Untuk Beton K-250
Julfiktan Latarissa, Sjafrudin Latar, Elisabeth Talakua

Stabilisasi Tanah dengan Bahan Tambah Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Geser Langsung
Yosphim Mahulette, Sjafrudin Latar, Penina Istia

Efisiensi Proyek Normalisasi Saluran Sekunder untuk Daerah Irigasi Waduk Gogor
Viola Esa Nursela, RR Diah Nugraheni Setyowati, Fajar Setiawan

TEKNIK SIPIL UNDARIS

JURNAL TEKNIK INDONESIA

Volume 7 Nomor 2 (Oktober 2026)

ISSN 2987-2723

ISSN 2987-0933