



Bridge Condition Assessment and Prioritization using Bridge Management System in Kutai Timur Regency

Aco Wahyudi Efendi^{1✉}, Muh Yusuf², Novia Safitri³, Irwan Faisal Luzan⁴, Azan Zubran⁵, Nova Amelia Putri⁶

¹ Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Indonesia

³ Jurusan DIV Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda

^{2,4,5} Bidang Rekayasa Struktur dan Geoteknik AWEfendi Geostruktur Indonesia

⁶ Jurusan DIV Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan Dan Jembatan Politeknik Negeri Balikpapan

 Corresponding author: acowahyudiefendi@student.uns.ac.id

Received 26-06-2025; revision 26-12-2025, accepted 26-12-2025

Abstract

This study evaluates the condition of 215 bridges across 18 sub-districts in East Kutai Regency using a Bridge Management System (BMS). Primary data was collected through visual inspections, analyzing element-specific (foundation, substructure, superstructure, and deck) and overall condition ratings. The bridge inventory is predominantly timber construction (48.37%) and features mostly short spans, though critical long-span bridges exist. Results indicate most foundation, substructure, superstructure, and deck elements are in good condition (ratings 1-2). However, a significant percentage of elements show moderate to severe damage (ratings 3-5), with 1.86% of decks and superstructures in critical condition. A bridge prioritization model was developed based on condition ratings and urgency. Strategic recommendations include data-driven maintenance planning, efficient budget allocation, and enhancing human resource capacity and technology for sustainable bridge asset management, minimizing infrastructure failure risks.

Keywords: Bridge, Bridge Management System, Damage, Initial Condition, Inspections

Penilaian dan Penetapan Prioritas Kondisi Jembatan menggunakan Sistem Manajemen Jembatan di Kabupaten Kutai Timur

Abstrak

Penelitian ini mengevaluasi kondisi 215 jembatan di 18 Kecamatan Kabupaten Kutai Timur menggunakan Bridge Management System (BMS). Data primer diperoleh melalui inspeksi visual dan analisis nilai kondisi elemen (fondasi, bangunan bawah, bangunan atas, dan lantai) serta kondisi keseluruhan. Mayoritas jembatan didominasi konstruksi kayu (48.37%) dan memiliki bentang pendek, meskipun ada beberapa bentang panjang krusial. Hasil menunjukkan sebagian besar elemen fondasi, bangunan bawah, bangunan atas, dan lantai berada dalam kondisi baik (nilai 1-2). Namun, ditemukan persentase signifikan elemen yang menunjukkan kerusakan sedang hingga berat (nilai 3-5), dengan 1.86% lantai dan 1.86% bangunan atas dalam kondisi kritis. Model prioritisasi penanganan jembatan dikembangkan berdasarkan nilai kondisi dan urgensi. Rekomendasi strategis mencakup perencanaan pemeliharaan berbasis data, alokasi anggaran efisien, serta peningkatan kapasitas SDM dan teknologi untuk manajemen aset jembatan yang berkelanjutan, meminimalkan risiko kegagalan infrastruktur.

Kata Kunci: Bridge Management System, Jembatan, Kerusakan, Nilai Kondisi, Pemeriksaan

1. Pendahuluan

Latar Belakang Infrastruktur jembatan memegang peranan krusial dalam menunjang aktivitas sosial, ekonomi, dan distribusi logistik suatu daerah. Di Indonesia, dengan topografi yang beragam dan banyaknya sungai, jembatan menjadi elemen tak terpisahkan dalam sistem transportasi darat. Namun, seiring waktu, jembatan akan mengalami penurunan kinerja akibat faktor usia, beban lalu lintas yang meningkat, kondisi lingkungan yang ekstrem, serta kurangnya pemeliharaan yang terencana. Kegagalan struktur jembatan tidak hanya berpotensi menimbulkan korban jiwa dan kerugian material yang besar, tetapi juga dapat melumpuhkan aktivitas ekonomi dan sosial (Basuki et al., 2021).

Kabupaten Kutai Timur, sebagai salah satu kabupaten yang memiliki wilayah geografis luas dan beragam, memiliki jaringan jalan dan jembatan yang signifikan untuk menghubungkan pusat-pusat kegiatan ekonomi dan permukiman antar kelurahan. Dengan demikian, pemeliharaan dan pengelolaan jembatan yang efektif menjadi sangat penting untuk memastikan kelancaran konektivitas dan keberlanjutan pembangunan daerah. Tanpa sistem manajemen yang terstruktur, identifikasi jembatan yang memerlukan penanganan mendesak akan menjadi sulit, dan alokasi sumber daya finansial dan teknis menjadi kurang efisien (Pangestu et al., 2022).

Bridge Management System (BMS) adalah pendekatan sistematis untuk mengelola infrastruktur jembatan secara komprehensif, mulai dari inventarisasi, inspeksi, evaluasi kondisi, analisis kinerja, hingga perencanaan program pemeliharaan dan perbaikan. BMS memungkinkan pengambil keputusan untuk membuat keputusan yang berbasis data mengenai alokasi sumber daya yang optimal untuk pemeliharaan, rehabilitasi, dan penggantian jembatan, sehingga dapat memperpanjang umur layan jembatan dan meningkatkan keandalan jaringan jalan (Hearn & Russell, 2017; Hudson et al., 1997). Implementasi BMS telah terbukti efektif dalam banyak negara untuk mengoptimalkan investasi infrastruktur dan mengurangi biaya siklus hidup (life-cycle cost) jembatan (OECD, 2007). Di Indonesia, beberapa daerah telah mulai mengadopsi BMS, namun penerapannya masih perlu ditingkatkan dan disesuaikan dengan karakteristik lokal (Sukmana et al., 2020).

Rumusan Masalah implementasi manajemen jembatan di daerah kerap terkendala data terbatas, ketiadaan evaluasi standar, dan kesulitan prioritisasi. Di Kabupaten Kutai Timur, data komprehensif kondisi jembatan belum tersedia. Meskipun manfaat Bridge Management System (BMS) telah diakui secara global, implementasinya di Kabupaten Kutai Timur terhambat oleh tiga kekosongan pengetahuan utama: (1) kurangnya pemahaman tentang bagaimana mengadaptasi framework BMS universal ke dalam konteks tata kelola pemerintah daerah yang spesifik, (2) ketiadaan data empiris yang valid dan komprehensif mengenai kondisi aktual seluruh jaringan jembatan, dan (3) tidak adanya model prioritisasi pemeliharaan yang objektif dan kontekstual. Penelitian ini dirancang untuk mengisi ketiga gap tersebut secara bersamaan melalui pendekatan terapan yang menghasilkan data dasar, model prioritisasi, dan rekomendasi implementasi BMS yang praktis bagi Pemerintah Kabupaten Kutai Timur. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi, menilai, dan mengklasifikasikan kondisi 215 jembatan di 18 kelurahan menggunakan Bridge Management System (BMS), serta mengembangkan model prioritisasi berdasarkan nilai kondisi dan urgensi. Hasilnya diharapkan menjadi data akurat bagi Pemkab Kutai Timur untuk perencanaan anggaran dan pemeliharaan yang efisien, memperkaya ilmu manajemen infrastruktur, serta meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan.

2. Metode

2.1. Lokasi dan Objek Penelitian Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur, dengan objek penelitian sebanyak 215 jembatan yang tersebar di 18 kelurahan. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada kebutuhan mendesak akan data kondisi jembatan untuk mendukung pembangunan dan pemeliharaan infrastruktur di daerah tersebut.

2.2. Jenis dan Sumber Data Data yang digunakan dalam penelitian hasil survei lapangan dan inspeksi visual terhadap 215 jembatan. Data ini mencakup dimensi jembatan, jenis struktur, bahan, dan yang paling penting adalah tingkat kerusakan pada masing-masing elemen jembatan (misalnya, abutment, pilar, gelagar, lantai jembatan, sandaran, dll.). Inspeksi dilakukan secara detail dengan mengacu pada panduan BMS yang relevan(American Association of State Highway & Officials, 2018; Dorafshan & Maguire, 2018; Khalafalla & Ali, 2020; Tarawneh et al., 2018).

Peta administrasi Kutai Timur digunakan untuk memetakan lokasi 215 jembatan di 18 kelurahan, dilengkapi data sebaran jalan untuk memahami koneksi dan konektivitasnya. Data historis menunjukkan perbaikan jembatan cenderung reaktif dan sporadis sejak awal 2000-an, fokus pada penambalan minor tanpa evaluasi struktural komprehensif. Minimnya data detail menyulitkan strategi pemeliharaan jangka panjang, mempercepat degradasi, dan meningkatkan kebutuhan perbaikan besar di masa depan, terlihat pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Pemeriksaan Kondisi Jembatan di Lapangan



Gambar 2. Kondisi Jembatan

2.3. Tahapan Penelitian Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis sebagai berikut:

2.3.1. Studi Literatur dan Pengumpulan Data Awal Tahap ini melibatkan tinjauan pustaka ekstensif mengenai Bridge Management System (BMS), metode inspeksi jembatan, evaluasi kondisi, dan model prioritisasi penanganan. Studi literatur mencakup jurnal ilmiah nasional dan internasional, standar nasional (SNI),

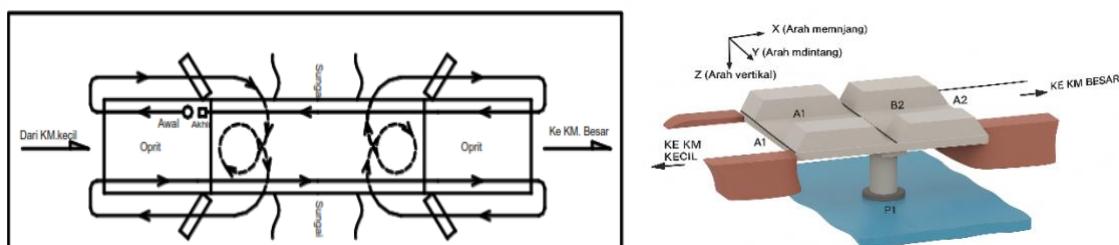
pedoman teknis, dan publikasi terkait lainnya (misalnya, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, FHWA Bridge Inspection Manual). Selain itu, dilakukan pengumpulan data awal berupa daftar inventaris jembatan dari instansi terkait di Kabupaten Kutai Timur.

2.3.2. Survei Lapangan dan Inspeksi Jembatan Inspeksi lapangan terlihat pada gambar 3, dilakukan oleh tim yang terlatih dengan menggunakan formulir inspeksi standar BMS. Setiap elemen jembatan diperiksa secara visual untuk mengidentifikasi jenis dan tingkat kerusakan. Sebuah penelitian terapan (applied research) dengan cakupan regional yang komprehensif, mencakup inventarisasi dan penilaian kondisi visual secara sistematis pada seluruh populasi jembatan (215 unit) di Kabupaten Kutai Timur. Kedalamannya terletak pada penerapan standar inspeksi yang kredibel (AASHTO & Kementerian PUPR) untuk menghasilkan data kuantitatif yang detail dan valid, yang akan menjadi dasar bagi pengembangan model prioritisasi pemeliharaan."

Implikasi dari Skala Ini:

- Kekuatan: Menghasilkan database dasar yang sangat lengkap dan valid untuk satu wilayah administratif.
- Keterbatasan: Hasilnya mungkin tidak mengidentifikasi kerusakan struktural tersembunyi (internal defects) yang hanya bisa terdeteksi dengan pengujian non-destruktif (NDT) atau destruktif.
- Sumber Daya: Memerlukan sumber daya yang signifikan dalam hal waktu, tenaga inspektor yang terlatih, dan logistik untuk dapat mengunjungi dan memeriksa 215 jembatan yang tersebar luas.

Pencatatan dilakukan secara sistematis, dilengkapi dengan foto-foto yang jelas dari setiap kerusakan yang ditemukan. Peralatan yang digunakan meliputi meteran, kamera digital, alat ukur retakan, dan alat tulis. Pendekatan ini mengacu pada prosedur inspeksi yang diuraikan oleh AASHTO (2018) dan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2012).



Gambar 3. Metode Proses Pemeriksaan Jembatan

menghitung nilai kondisi (condition rating) setiap elemen. Nilai ini kemudian digabungkan untuk mendapatkan nilai kondisi komponen utama (struktur atas, bawah, lantai) dan nilai kondisi keseluruhan (overall condition index) jembatan. Perhitungan umumnya menggunakan rata-rata tertimbang dari nilai kondisi elemen, dengan bobot yang sesuai tingkat kepentingannya, merujuk pada formula

dari sistem seperti Road Management System (RMS) atau metode relevan lainnya. (Hearn & Russell, 2017; Wang & Zhang, 2021).

Indeks Kondisi (CI) secara keseluruhan dihitung dengan menjumlahkan hasil kali antara bobot kepentingan setiap elemen jembatan dengan nilai kondisinya. Secara matematis, rumus tersebut dinyatakan sebagai:

$$CI = \Sigma (W_i \times CR_i) \quad (1)$$

atau dalam notasi sigma:

$$CI = \Sigma_{i=1}^n (W_i \times CR_i) \quad (2)$$

Definisi Variabel:

- CI = Overall Condition Index (Indeks Kondisi Keseluruhan). Ini adalah nilai tunggal yang mewakili kondisi struktural dan fungsional dari seluruh jembatan.
- Σ = Simbol Sigma (Notasi Penjumlahan), menunjukkan bahwa semua nilai dari elemen ke-1 hingga ke-n harus dijumlahkan.
- i = Indeks untuk elemen jembatan ke- i (misalnya, $i=1$ untuk abutmen, $i=2$ untuk perletakan, $i=3$ untuk gelagar, dst.).
- n = Jumlah total elemen jembatan yang dinilai dalam inspeksi.
- W_i = Bobot (Weight) dari elemen jembatan ke- i . Nilai ini merepresentasikan tingkat kepentingan struktural atau fungsional elemen tersebut terhadap keseluruhan kinerja jembatan. Bobot biasanya ditentukan berdasarkan standar (misalnya Bina Marga) atau penilaian ahli, di mana jumlah total bobot seluruh elemen adalah 1 (atau 100%).
- CR_i = Condition Rating (Nilai Kondisi) dari elemen jembatan ke- i . Ini adalah nilai kuantitatif yang diberikan oleh inspektur berdasarkan tingkat kerusakan yang diamati, sesuai dengan skala yang telah ditetapkan (misalnya skala 0-5 atau 0-9).

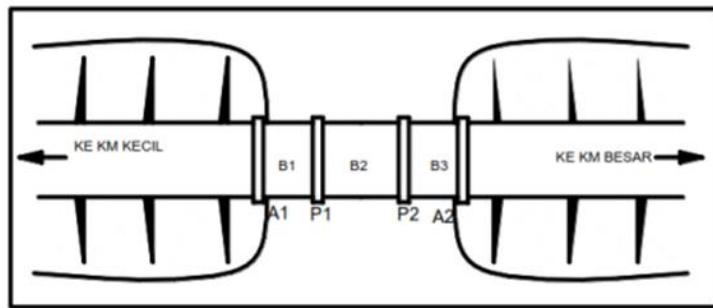
Tabel 1. Kriteria Penilaian Kerusakan

Sistem Penilaian	Kriteria	Nilai
Struktur (S)	Berbahaya	1
	Tidak berbahaya	0
Kerusakan (R)	Parah	1
	Tidak parah	0
Kuantitas (K)	Lebih dari 50 %	1
	Kurang dari 50 %	0
Fungsi (F)	Elemen tidak berfungsi	1
	Elemen berfungsi	0
Pengaruh (P)	Mempengaruhi elemen lain	1
	Tidak mempengaruhi elemen lain	0
NILAI KONDISI (NK)	$NK = S + R + K + F + P$	0 - 5

2.3.4. Penomoran Komponen Utama

Komponen utama digunakan untuk menentukan lokasi komponen dan elemen yang cacat. Sebagai contoh kepala jembatan, pilar, dan bentang jembatan diberi kode huruf-angka misalnya, A1 untuk kepala jembatan 1, P1 untuk pilar 1, dan B2

untuk bentang 2. Komponen-komponen utama diberi nomor secara berurutan dimulai dari komponen yang terdekat km (kilometer) kecil



Gambar 4 Penomoran Komponen Jembatan

2.3.5. Analisis data dan klasifikasi kondisi setelah nilai kondisi seluruh jembatan diperoleh, data dianalisis secara statistik untuk mengidentifikasi sebaran kondisi jembatan di 18 Kecamatan. Klasifikasi kondisi jembatan akan dilakukan berdasarkan rentang nilai kondisi, misalnya:

- Baik (Good): $CI > X$
- Cukup (Fair): $Y < CI \leq X$
- Rusak Ringan (Poor): $Z < CI \leq Y$
- Rusak Berat (Severe): $CI \leq Z$ (Nilai X, Y, Z akan ditentukan berdasarkan standar BMS yang digunakan atau berdasarkan hasil analisis data awal)

2.3.6. Pengembangan model prioritisasi penanganan jembatan dalam BMS krusial, mempertimbangkan Nilai Kondisi (CI), Tingkat Kerusakan (Severity), Tingkat Urgensi (Urgency), Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), dan faktor geografis/strategis. Metode yang dapat digunakan meliputi Analytical Hierarchy Process (AHP), Weighted Sum Model (WSM), atau Multi-Criteria Decision Making (MCDM) lainnya.(Saaty, 1980; Zardari et al., 2015)).

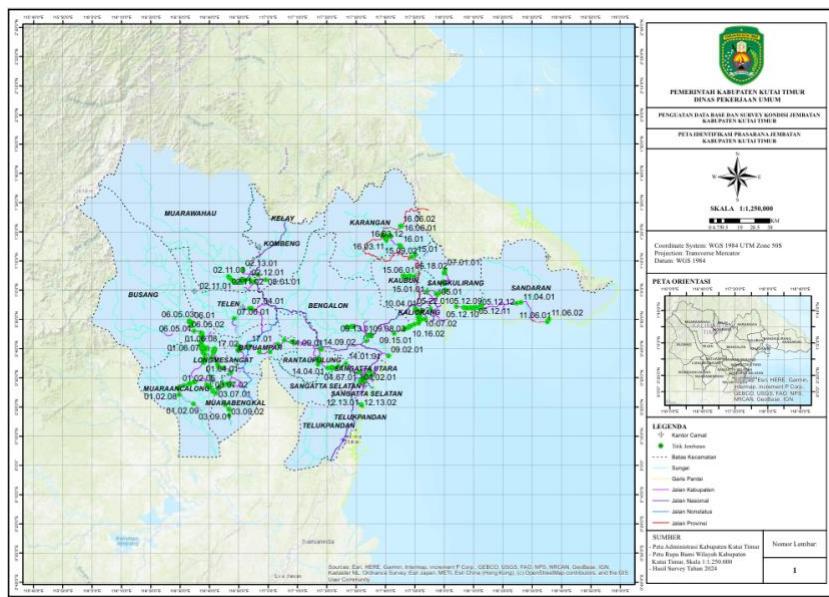
2.3.7. Rekomendasi Program Penanganan Berdasarkan hasil prioritisasi, akan disusun rekomendasi program penanganan jembatan yang meliputi jenis penanganan (pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, perbaikan minor, perbaikan mayor, penggantian) dan perkiraan anggaran yang dibutuhkan.

2.4. Analisis Data Data hasil inspeksi dan penilaian kondisi akan diolah menggunakan perangkat lunak statistik (misalnya, SPSS, R, atau Microsoft Excel) untuk analisis deskriptif (rata-rata, median, standar deviasi, distribusi frekuensi) dan analisis inferensial (jika diperlukan untuk menguji hipotesis). Visualisasi data akan menggunakan grafik, bagan, dan peta untuk mempresentasikan hasil analisis secara jelas.

3. Hasil dan Pembahasan

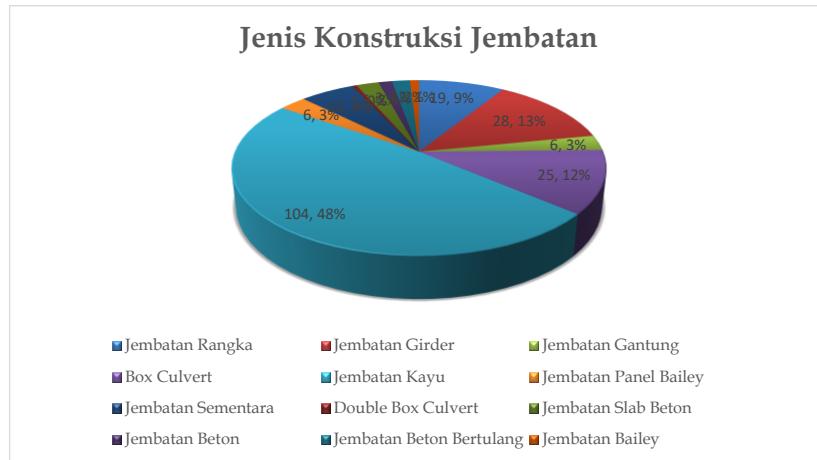
3.1. Inventarisasi dan Karakteristik Jembatan Bagian ini akan menyajikan ringkasan hasil inventarisasi 215 jembatan. Data yang disajikan meliputi:

- Distribusi Geografis: Peta sebaran 215 jembatan di 18 kecamatan kabupaten Kutai Timur, terlihat pada gambar 5.



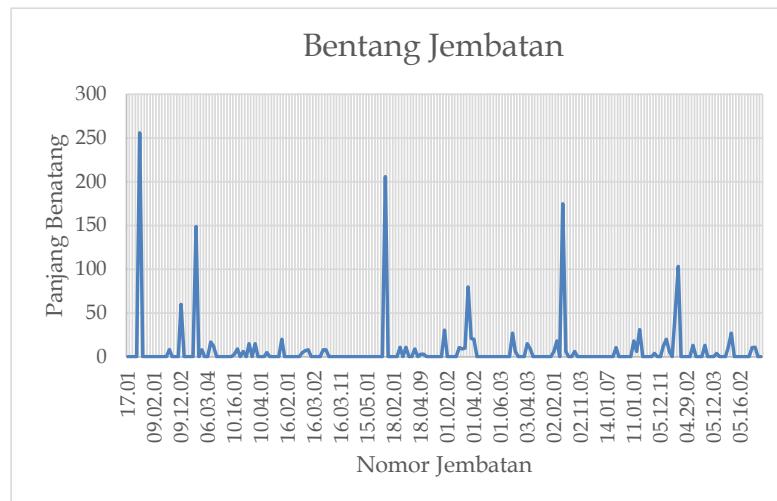
Gambar 5. Peta Sebaran Jembatan Kabupaten Kutai Timur

- Jenis Struktur: Persentase jembatan berdasarkan jenis struktur terlihat pada gambar 6. Distribusi inventaris jembatan yang ditinjau menunjukkan dominansi signifikan pada jembatan kayu, dengan total 104 unit atau 48.37% dari keseluruhan populasi 215 jembatan. Proporsi ini mengindikasikan bahwa jembatan kayu merupakan pilihan konstruksi yang paling sering diterapkan di wilayah studi, kemungkinan disebabkan oleh ketersediaan material lokal atau pertimbangan biaya konstruksi awal yang lebih rendah. Jenis konstruksi lain yang cukup prevalen adalah jembatan girder dengan 28 unit (13.02%) dan box culvert dengan 25 unit (11.63%), menunjukkan penggunaan material beton atau baja untuk bentang menengah hingga penyeberangan hidrolik. Sementara itu, jembatan rangka menyumbang 19 unit (8.84%), yang biasanya diaplikasikan pada bentang yang lebih panjang atau kondisi yang memerlukan kekuatan struktural tinggi. Kategori jembatan lainnya hadir dalam proporsi yang lebih kecil, seperti jembatan gantung dan jembatan panel Bailey yang masing-masing berjumlah 6 unit (2.79%). Jembatan sementara tercatat sebanyak 12 unit (5.58%), menyoroti potensi adanya kebutuhan penanganan cepat atau kondisi akses yang berkembang. Proporsi terkecil diamati pada double box culvert (1 unit, 0.47%), jembatan slab beton (5 unit, 2.33%), jembatan beton (3 unit, 1.40%), jembatan beton bertulang (4 unit, 1.86%), dan jembatan Bailey (2 unit, 0.93%). Komposisi ini mencerminkan heterogenitas tipologi struktural dalam jaringan jembatan, yang memerlukan strategi inspeksi dan pemeliharaan yang terdiferensiasi sesuai dengan karakteristik material, umur layan desain, dan mode kegagalan spesifik masing-masing jenis konstruksi. Data ini sangat krusial sebagai fondasi dalam implementasi Bridge Management System (BMS) untuk perencanaan pemeliharaan prediktif dan alokasi sumber daya yang optimal.



Gambar 6. Presentase Jenis Konstruksi Jembatan

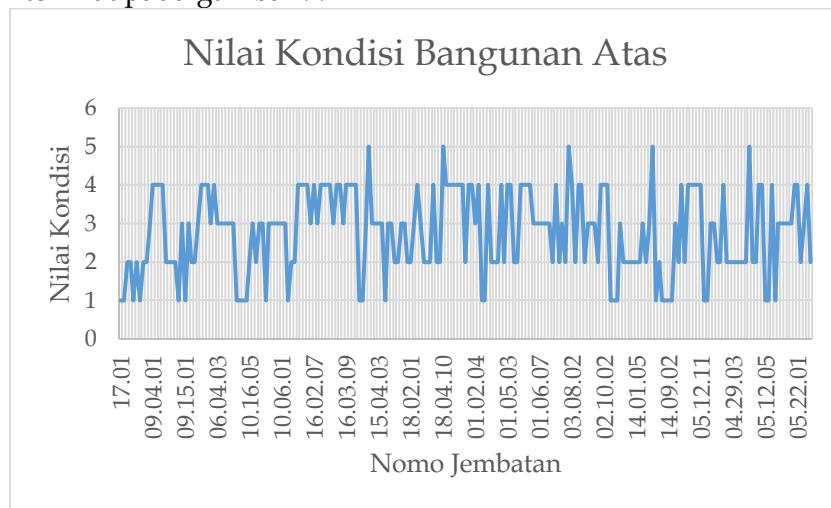
- Rentang Panjang dan Lebar: Distribusi jembatan berdasarkan panjang dan lebar bentang. Secara umum, dapat diamati bahwa mayoritas jembatan memiliki bentang pendek, yaitu di bawah 50 meter, mengindikasikan dominasi jembatan skala kecil hingga menengah yang umum ditemukan pada jaringan jalan lokal. Namun, terdapat beberapa puncak data yang menonjol, seperti pada nomor jembatan 17.01 yang mencapai bentang sekitar 250 meter, serta nomor jembatan 09.12.02 (sekitar 150 meter), 18.02.01 (sekitar 200 meter), 02.11.01 (sekitar 175 meter), dan 05.12.11 (sekitar 100 meter). Puncak-puncak ini mengindikasikan keberadaan beberapa jembatan bentang panjang yang krusial, kemungkinan melintasi sungai besar atau rintangan topografi signifikan, yang secara struktural lebih kompleks dan memerlukan perhatian khusus dalam manajemen dan pemeliharaan karena dampak kegagalannya dapat lebih besar terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Panjang Bentang Jembatan

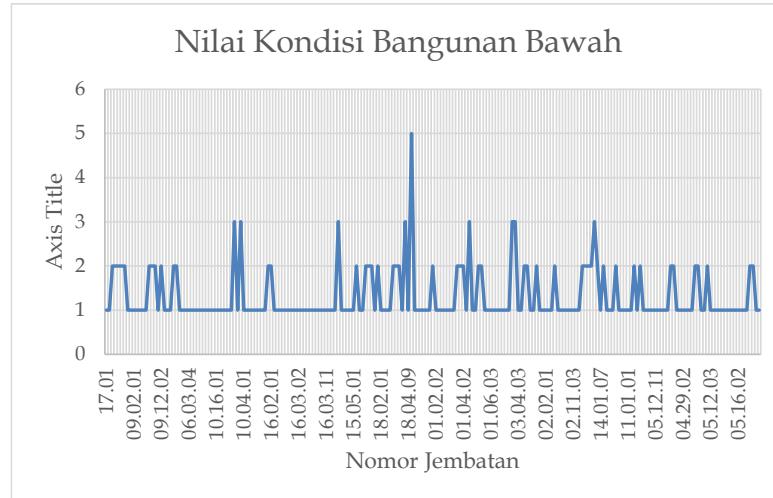
3.2. Hasil Inspeksi dan Penilaian Kondisi Elemen Jembatan Bagian ini akan memaparkan temuan kerusakan yang dominan pada setiap elemen jembatan. Detail kerusakan, seperti retakan, korosi, spalling, erosi, dan deformasi, akan dijelaskan secara kualitatif dan kuantitatif. Penilaian kondisi setiap elemen jembatan (misalnya, abutment, pilar, balok gelagar, lantai jembatan, sandaran, oprit) akan disajikan, beserta frekuensi munculnya kerusakan tertentu.

3.2.1. Bangunan atas seperti Girder baja, girder beton, box komposit dan rangka baja. Analisis kondisi bangunan atas jembatan menunjukkan variasi yang signifikan, namun sebagian besar masih dalam kondisi layak. Sebanyak 28.37% jembatan berada dalam kondisi sangat baik (nilai 1) dan 29.30% dalam kondisi baik (nilai 2), yang mengindikasikan bahwa sekitar 57.67% dari bangunan atas jembatan hanya memerlukan pemeliharaan rutin atau berkala. Namun, 21.40% jembatan berada dalam kondisi cukup (nilai 3) dan 18.60% dalam kondisi rusak ringan (nilai 4), yang menandakan adanya kerusakan moderat hingga signifikan yang membutuhkan perbaikan lebih lanjut. Meskipun demikian, sangat sedikit jembatan (hanya 4 unit atau 1.86%) yang terdeteksi berada pada kondisi rusak berat/kritis (nilai 5), yang mana komponen bangunan atasnya memerlukan intervensi struktural yang mendesak untuk menjaga keamanan dan fungsionalitas jembatan terlihat pada gambar 9.



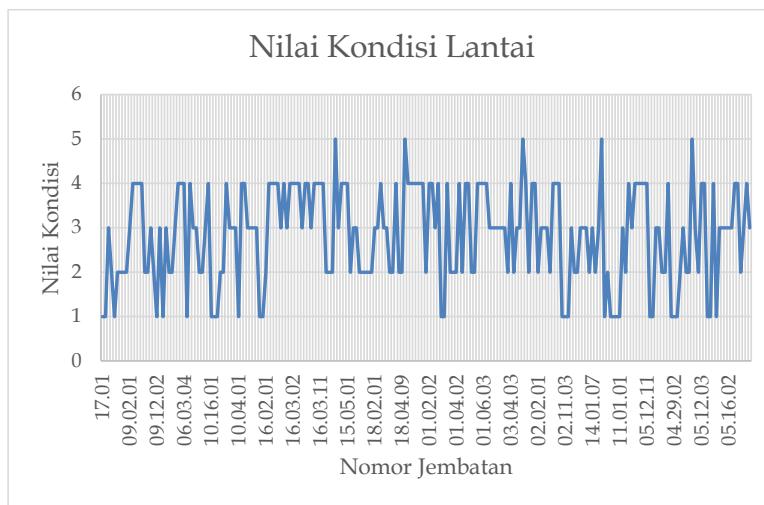
Gambar 8. Nilai Kondisi Bangunan Atas

3.2.2. Bangunan bawah seperti Abutment, mayoritas abutment menunjukkan tanda-tanda retakan pada dinding, erosi tanah di sekitar pondasi, dan sebagian kecil mengalami penurunan (settlement). Pilar Ditemukan korosi pada tulangan baja pada pilar beton, spalling beton, dan beberapa pilar mengalami kemiringan ringan akibat erosi dasar sungai. Grafik "Nilai Kondisi Bangunan Bawah" menunjukkan distribusi nilai kondisi untuk elemen bangunan bawah jembatan, di mana sebagian besar jembatan (indikasi visual dari kepadatan titik data pada sumbu vertikal) berada pada nilai kondisi 1 (sangat baik), menandakan kerusakan minimal atau tidak ada dan hanya memerlukan pemeliharaan rutin. Meskipun demikian, terdapat sejumlah jembatan dengan nilai kondisi 2 (baik), menunjukkan kerusakan ringan yang membutuhkan perhatian lebih lanjut, serta beberapa jembatan yang menunjukkan nilai kondisi 3 (cukup) dan 4 (rusak ringan), mengindikasikan adanya kerusakan moderat hingga signifikan yang membutuhkan intervensi perbaikan yang lebih substansial. Yang paling krusial, satu atau dua jembatan terekam pada nilai kondisi 5 (rusak berat/kritis), yang menandakan tingkat kerusakan parah dan memerlukan penanganan struktural mendesak atau bahkan penggantian, menunjukkan urgensi prioritas tinggi dalam program manajemen jembatan, terlihat pada gambar 10.



Gambar 9. Nilai Kondisi Bangunan Bawah

3.2.3. Lantai Jembatan: Kerusakan yang umum terjadi pada lantai jembatan adalah retakan buaya (alligator cracks), lubang (potholes), dan genangan air akibat drainase yang buruk. Analisis kondisi lantai jembatan menunjukkan bahwa mayoritas (46.98%) berada dalam kondisi sangat baik (nilai 1) dan baik (26.51% dengan nilai 2), mengindikasikan bahwa sebagian besar lantai jembatan di Kabupaten Kutai Timur memiliki kerusakan minimal atau ringan, sehingga hanya membutuhkan pemeliharaan rutin atau berkala. Meskipun demikian, perlu perhatian pada 15.81% jembatan dengan kondisi cukup (nilai 3) dan 8.84% dengan kondisi rusak ringan (nilai 4) yang memerlukan perbaikan moderat. Yang paling krusial, 1.86% jembatan berada pada kondisi rusak berat/kritis (nilai 5), yang menuntut intervensi perbaikan mayor atau penggantian segera untuk menjaga keselamatan dan fungsionalitas infrastruktur.

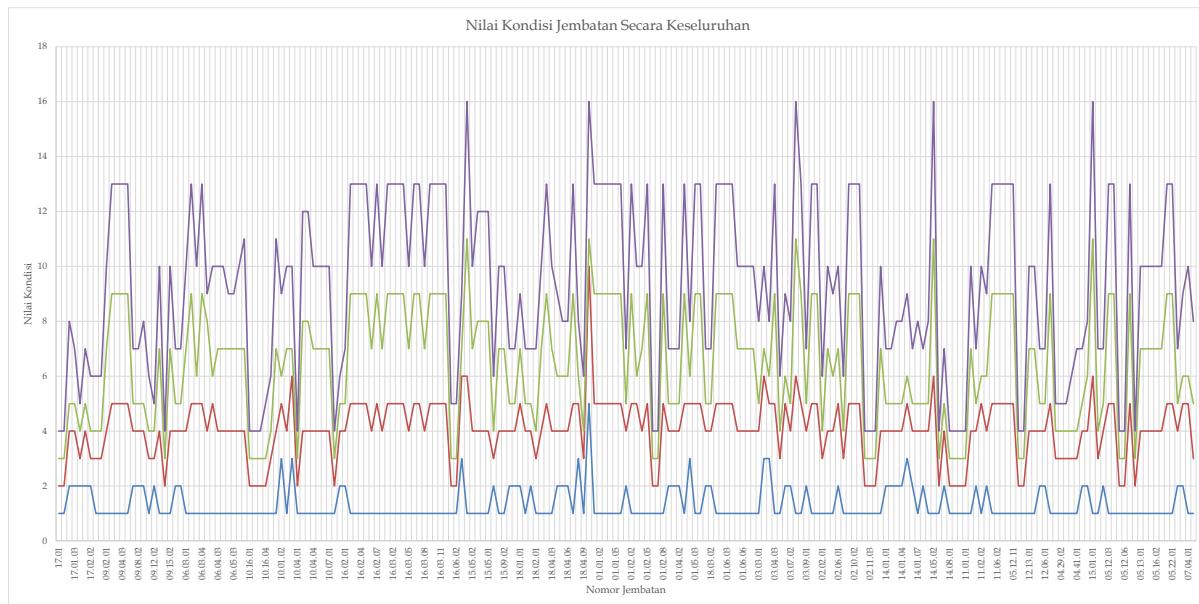


Gambar 10. Nilai Kondisi Lantai

Analisis penyebab kerusakan yang dominan pada masing-masing elemen (misalnya, pengaruh cuaca, beban lalu lintas berlebih, kualitas konstruksi awal, kurangnya pemeliharaan). Perbandingan dengan studi serupa di wilayah lain atau standar kerusakan yang umum (misalnya, perbandingan dengan data kerusakan jembatan di Aceh(M. P. R.

Putra, 2018; Y. F. Putra et al., 2023) (Putra et al., 2023) atau Jawa Barat(Wulansari & Widyatmoko, 2022).

Nilai Kondisi Keseluruhan Jembatan (Overall Condition Index) Bagian ini akan menyajikan hasil perhitungan nilai kondisi keseluruhan (CI) untuk setiap jembatan. Distribusi CI akan ditampilkan melalui histogram atau diagram batang, menunjukkan persentase jembatan dalam setiap kategori kondisi (Baik, Cukup, Rusak Ringan, Rusak Berat).

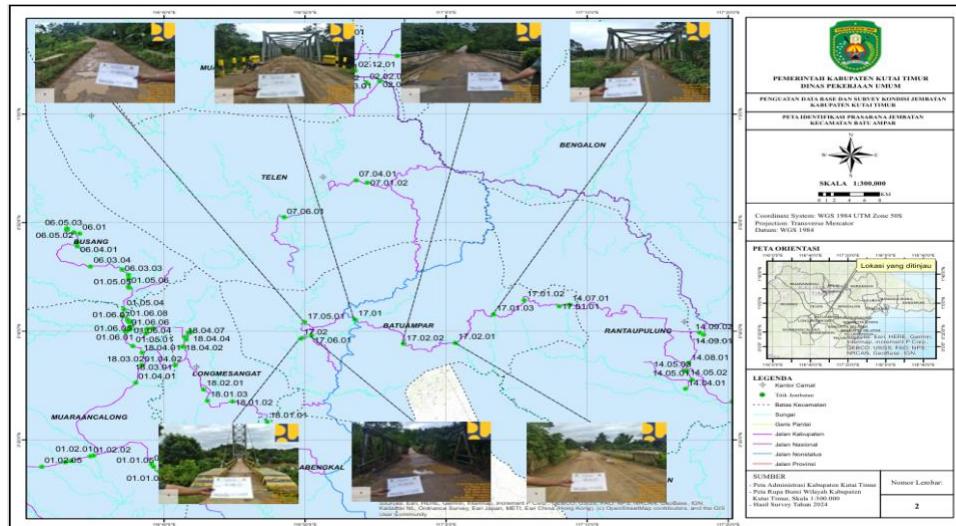


Gambar 11. Nilai Kondisi Jembatan Secara Keseluruhan

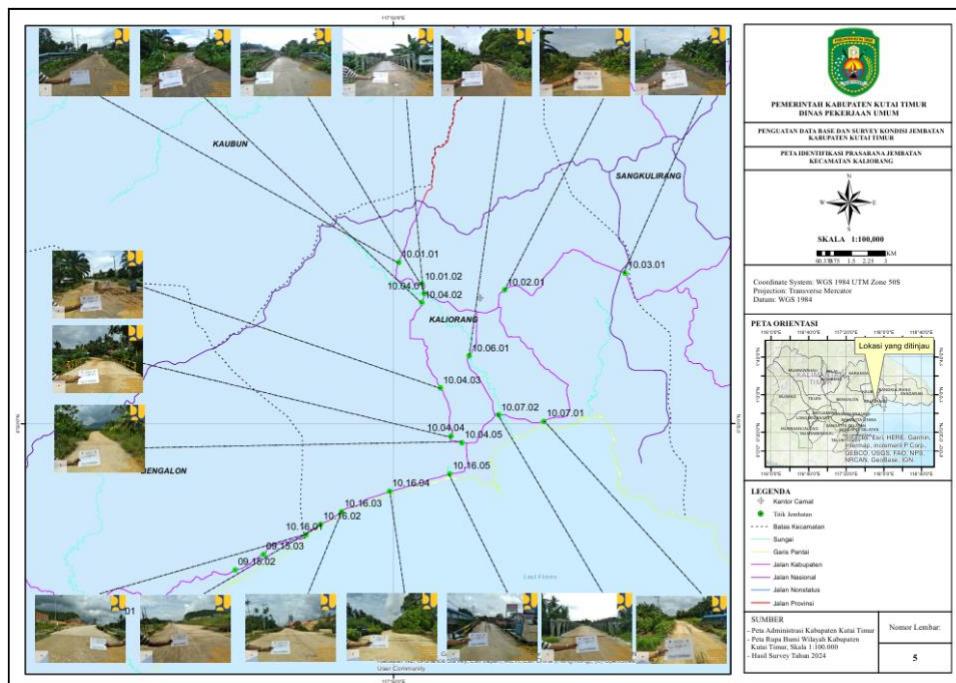
Berdasarkan pemeriksaan lapangan terhadap 215 jembatan di 18 kecamatan Kabupaten Kutai Timur, data dasar prasarana jembatan telah berhasil dikumpulkan. Data ini mencakup informasi detail mengenai nomor ruas, nama jembatan, jenis konstruksi, lokasi kecamatan, dimensi (panjang dan lebar), jumlah bentang, serta tipe dan kondisi masing-masing komponen utama jembatan, termasuk bangunan atas, bangunan bawah, fondasi, dan lantai. Selain itu, nilai kondisi (NK) untuk setiap jembatan juga telah ditentukan.

Dari data beberapa jembatan di Kecamatan Batu Ampar, Jembatan Beno Harapan (rangka, 47.4 m, 6 m, NK 1) dan Jembatan Sei Beru Muru Kiri (rangka, 36.25 m, 5.1 m, NK 1) memiliki kondisi terbaik dengan nilai kondisi total 1 untuk semua komponennya. Jembatan Telaga Abadi (gantung, 256 m, 1.8 m, NK 2) dan Jembatan Sei Tanah Hitam (girder, 26.22 m, 5.9 m, NK 2) menunjukkan nilai kondisi total 2. Sementara itu, Jembatan Sei Lepang (girder, 22.11 m, 5.1 m, NK 3), Jembatan Sei Sangatta Kanan (rangka, 41.65 m, 6 m, NK 3), dan Jembatan Sei Himbalestari (girder, 30.8 m, 8.16 m, NK 3) memiliki nilai kondisi total 3, mengindikasikan perlunya perhatian lebih pada beberapa komponennya seperti bangunan atas dan lantai. Analisis data dasar ini menunjukkan bahwa nilai kondisi jembatan (NK) di Kabupaten Kutai Timur bervariasi, mengindikasikan bahwa beberapa jembatan masih dalam kondisi baik (NK rendah), sementara yang lain mungkin memerlukan perhatian lebih lanjut (NK tinggi). Variasi ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk usia jembatan, jenis konstruksi, volume lalu lintas, kondisi lingkungan, dan riwayat pemeliharaan sebelumnya. Jembatan dengan NK 3 atau lebih tinggi, seperti Jembatan Sei Lepang dan Jembatan Sei Sangatta Kanan, kemungkinan besar membutuhkan tindakan pemeliharaan atau perbaikan yang lebih mendesak dibandingkan jembatan dengan NK 1 atau 2.

Peta hasil mapping jembatan juga telah dihasilkan, memberikan visualisasi spasial dari lokasi jembatan dan mungkin juga kondisi mereka. Informasi geospasial ini sangat berharga untuk perencanaan logistik pemeliharaan dan alokasi sumber daya. Dengan database yang kuat dan hasil pemetaan yang jelas, pemerintah daerah dapat mengembangkan program pemeliharaan jembatan yang lebih terarah dan efisien, memprioritaskan jembatan yang paling kritis atau yang membutuhkan perbaikan segera.



Gambar 12. Peta Hasil Mapping Jembatan Kec. Batu Ampar



Gambar 13. Peta Hasil Mapping Jembatan Kec. Kaliorang

Pembahasan ini akan membandingkan hasil kondisi jembatan dengan laporan nasional/provinsi (Kementerian PUPR, 2023), mendiskusikan implikasi prioritas terhadap alokasi anggaran daerah yang terbatas (D. Pratiwi et al., 2021; S. W. Pratiwi et al., 2021; Setiawan & Yulianto, 2019), serta mendorong implementasi teknologi seperti GIS dan drone untuk manajemen jembatan yang efisien (Alisjahbana et al., 2021). Penelitian ini juga mengakui

keterbatasan data (LHR, analisis struktural, keberlanjutan) dan menyarankan studi lanjutan seperti analisis life-cycle cost(Kim & Lee, 2018, 2020; Lee et al., 2018) atau model prediksi degradasi ((Adamu & Adebayo, 2022).

4. Kesimpulan

Penelitian ini mengevaluasi 215 jembatan di Kabupaten Kutai Timur menggunakan Bridge Management System (BMS). Hasilnya menunjukkan mayoritas aset (73.49% lantai dan 57.67% bangunan atas) dalam kondisi sangat baik-baik (nilai 1-2), sehingga hanya memerlukan pemeliharaan rutin. Namun, temuan krusial adalah adanya 26.65% lantai dan 40.00% bangunan atas yang sudah rusak (nilai 3-4), serta 1.86% berada pada kondisi kritis (nilai 5) yang memerlukan intervensi struktural mendesak. Faktor dominasi jembatan kayu (48.37%) dan variasi bentang menjadi pertimbangan utama dalam strategi perbaikan.

Berdasarkan variasi kondisi ini, kontribusi ilmiah utama penelitian ini adalah pengembangan dan validasi model prioritisasi pemeliharaan jembatan yang adaptif dan dapat direplikasi. Model ini secara eksplisit mengintegrasikan data kondisi lapangan dengan kerangka kerja BMS, mengisi kekosongan metodologis di tingkat lokal, serta menyediakan protokol praktis bagi daerah lain untuk beralih dari manajemen reaktif ke proaktif berbasis data.

Oleh karena itu, penelitian ini merekomendasikan Pemerintah Kabupaten Kutai Timur untuk segera menyusun rencana aksi perbaikan yang terpadu dan berkelanjutan berbasis data prioritas BMS ini. Keberhasilan implementasi bergantung pada peningkatan kapasitas SDM dan pemanfaatan teknologi. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan melakukan analisis ekonomi dan optimasi biaya siklus hidup (life-cycle cost) guna mendukung investasi infrastruktur yang lebih efisien.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini tidak akan dapat terwujud tanpa dukungan dari pihak-pihak yang peduli. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT. AWEfendi Geostruk Indonesia. Kerjasama dan kontribusi nyata dalam bentuk data, waktu, dan biaya menjadi fondasi yang kuat bagi penelitian ini.

Daftar Pustaka

Adamu, M., & Adebayo, S. (2022). A Review of Prediction Models for Bridge Deterioration and Performance. *Journal of Civil Engineering and Construction*, 5(2), 115–125.

Alisjahbana, R., Firmansyah, A., & Sumardi. (2021). Pemanfaatan Teknologi Drone dan Sistem Informasi Geografis dalam Inspeksi Jembatan. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Lingkungan*, 6(2), 89–98.

American Association of State Highway, & Officials, T. (2018). *Manual for Bridge Element Inspection*. AASHTO.

Basuki, H., Suryolelono, K. B., & Wibowo, A. (2021). Evaluasi Kondisi dan Penentuan Prioritas Penanganan Jembatan Menggunakan Metode BMS (Studi Kasus: Jembatan di Kabupaten X). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 10(1), 60–70.

Dorafshan, S., & Maguire, M. (2018). Bridge inspection: human performance, unmanned aerial systems and automation. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*. <https://doi.org/10.1007/s13349-018-0285-4>

Hearn, G., & Russell, A. D. (2017). *Bridge Management Systems: An Integrated Approach*. CRC Press.

Hudson, W. R., Haas, R., & Uddin, W. (1997). *Infrastructure Management: Integrating Design, Construction, Maintenance, Rehabilitation, and Renovation*. McGraw-Hill.

Khalafalla, E. E., & Ali, A. H. M. (2020). Inspection and rehabilitation of old White Nile steel bridge substructure. *FES Journal of Engineering Sciences*. <http://journal.oiu.edu.sd/index.php/fjes/article/view/659>

Kim, H., & Lee, D. (2018). Fatigue behavior of FRP-reinforced steel structures under cyclic loading. *Engineering Structures*, 176, 45–56.

Kim, H., & Lee, D. (2020). Life-Cycle Cost Analysis of Bridge Deck Rehabilitation Strategies. *Journal of Bridge Engineering*, 25(6), 4020042.

Lee, G. Y., Kim, M., Quan, Y. J., Kim, M. S., Kim, T. J. Y., & ... (2018). Machine health management in smart factory: A review. *Journal of Mechanical ...*. <https://doi.org/10.1007/s12206-018-0201-1>

OECD. (2007). *Bridge Management*. OECD Publishing.

Pangestu, D. S., Indrayanti, R., & Suparno. (2022). Aplikasi Bridge Management System (BMS) untuk Prioritas Penanganan Jembatan di Kota Semarang. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 7(1), 1–10.

Pratiwi, D., Susilo, Y. O., & Priantri, W. (2021). Analisis Prioritas Penanganan Jembatan Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP) (Studi Kasus: Jembatan di Kabupaten Sidoarjo). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 3(1), 23–32.

Pratiwi, S. W., Arjudin, A., Kurniati, N., & ... (2021). Penerapan Konsep Persamaan Diferensial Biasa Pada Pemodelan Tali Penahan Jembatan Gantung. *Griya Journal of ...*. <https://mathjournal.unram.ac.id/index.php/Griya/article/view/115>

Putra, M. P. R. (2018). *Modifikasi Jembatan Duplikasi Musi 2 Dengan Menggunakan Cable-Stayed Modified-Fan Pattern Two Inclined Planes System Dengan Twin Rectangular Steel Box* repository.its.ac.id. <https://repository.its.ac.id/55489/>

Putra, Y. F., Rahmah, S., & Sari, N. L. (2023). Evaluasi Kondisi Jembatan dan Penentuan Prioritas Perbaikan Menggunakan Bridge Management System (Studi Kasus: Jembatan di Kota Banda Aceh). *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Teknik Lingkungan*, 2(1), 30–40.

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.

Setiawan, A., & Yulianto, H. (2019). Studi Prioritas Penanganan Jembatan Menggunakan Metode Multikriteria (Studi Kasus: Jembatan di Kabupaten Trenggalek). *Jurnal Teknologi Sipil*, 18(2), 173–182.

Sukmana, M. R., Setiadi, A., & Wibisono, S. (2020). Implementasi Bridge Management System (BMS) dalam Pengelolaan Infrastruktur Jembatan di Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Teknik Sipil*, 27(1), 1–10.

Tarawneh, B., Bodour, W. Al, & Masada, T. (2018). Inspection and risk assessment of mechanically stabilized earth walls supporting bridge abutments. *Journal of Performance of ...*. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0001132](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0001132)

Wulansari, E. D., & Widyatmoko, W. S. (2022). Evaluasi Kondisi Jembatan dan Prioritas Penanganannya dengan Metode Bridge Management System (BMS) di Ruas Jalan Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 11(1), 45–56.

Zardari, N. H., Ahmed, K., Shirazi, S. M., & Bazmi, A. A. (2015). *Weighting Methods and their Effects on Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes in Water Resources Management*. Springer.