

ANALISIS KELAYAKAN STRUKTUR ATAS MUNGKUNG OVERPASS MENGUNAKAN METODE RATING FACTOR

Debora Lau^{1*}, Miguel Felix Wijaya², Akhmad Aminulloh³, Remigildus Cornelis⁴, Irvebry A. Wulandari⁵, Yulita Prasinda⁶, Alvin A. Bara⁷

^{1,4,6,7}Program Studi Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana

²Program Studi Teknik Sipil Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

³Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada

⁵Program Studi Teknik Sipil Universitas Pontianak

*Email: debora.lau@staf.undana.ac.id

ABSTRAK: Keandalan struktur jembatan tol eksisting perlu dievaluasi secara berkala untuk menjamin keselamatan pengguna dan keberlanjutan layanan lalu lintas. Peningkatan volume serta beban kendaraan yang tidak selalu sesuai dengan asumsi perencanaan awal berpotensi memengaruhi kapasitas aktual struktur. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan struktur atas Overpass Mungkung yang berada pada ruas Tol Ngawi–Kertosono melalui pendekatan load rating dengan indikator rating factor (RF). Objek penelitian merupakan jembatan beton prategang tipe PCI girder dengan empat bentang, yang dianalisis menggunakan data sekunder berupa dokumen perencanaan dan data teknis, serta data hasil survei lapangan untuk verifikasi kondisi eksisting. Pemodelan numerik struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000 dengan merepresentasikan geometri, properti material, sistem tumpuan, dan konfigurasi tendon prategang sesuai kondisi aktual. Pembebanan dimodelkan mengacu pada ketentuan SNI dan AASHTO yang meliputi beban mati, beban mati tambahan, dan beban lalu lintas. Evaluasi kelayakan dilakukan dengan menghitung rating factor momen (RFM) dan rating factor gaya geser (RFS) pada girder interior dan eksterior di setiap bentang. Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh elemen superstruktur memiliki nilai RFM dan RFS yang berada di atas batas minimum kelayakan, yang mengindikasikan bahwa struktur masih mampu menahan beban layanan dengan cadangan kapasitas yang memadai. Bentang 1 dan 4 menunjukkan kinerja struktural yang relatif lebih baik dibandingkan bentang lainnya, sementara bentang 2 dan 3 tetap berada pada kategori aman tanpa indikasi kebutuhan rehabilitasi struktural. Secara keseluruhan, struktur atas Mungkung Overpass dinyatakan masih layak beroperasi sebagai jembatan tol aktif, dengan rekomendasi pemantauan rutin sebagai bagian dari pengelolaan aset jembatan.

Kata Kunci: Load Rating, Rating Factor, Jembatan Beton Prategang, PCI Girder, Jembatan Tol.

ABSTRACT: The structural reliability of existing toll bridges must be periodically assessed to ensure user safety and service continuity. Increasing traffic demand and vehicle loads that may differ from original design assumptions can significantly affect the actual load-carrying capacity of bridge structures. This study aims to evaluate the serviceability of the superstructure of Mungkung Overpass, located on the Ngawi–Kertosono Toll Road, using a load rating approach with the rating factor (RF) as the primary performance indicator. The investigated bridge is a four-span prestressed concrete bridge with a PCI girder system. The analysis is based on secondary data obtained from design documents and technical records, complemented by field survey data to verify existing conditions. A numerical structural model was developed using SAP2000, incorporating actual geometric properties, material characteristics, support conditions, and tendon configurations. Load modeling followed applicable national and international standards, including dead load, superimposed dead load, and live traffic load in accordance with SNI and AASHTO provisions. Structural adequacy was assessed through the calculation of flexural rating factor (RFM) and shear rating factor (RFS) for both interior and exterior girders across all spans. The results indicate that all superstructure elements exhibit RFM and RFS values exceeding the minimum acceptable limits, confirming that the bridge retains sufficient reserve capacity under service load conditions. Spans 1 and 4 demonstrate comparatively higher rating factors, while spans 2 and 3 show slightly lower yet still acceptable values without indicating the need for structural rehabilitation. Overall, the findings confirm that the Mungkung Overpass superstructure remains suitable for unrestricted toll road operation, with routine monitoring recommended as part of long-term bridge asset management.

Keywords: Load Rating, Rating Factor, Prestressed Concrete Bridge, PCI girder, Toll Bridge.

PENDAHULUAN

Infrastruktur jembatan merupakan elemen penting dalam sistem transportasi darat yang berperan menjaga konektivitas antarwilayah, mendukung efisiensi logistik, serta menjamin keselamatan pengguna jalan. Ketahanan dan keandalan struktur jembatan sangat bergantung pada kemampuan sistem manajemen dalam melakukan evaluasi kondisi dan kinerja struktural secara berkala. Penurunan kapasitas, deformasi, atau kerusakan elemen utama jembatan dapat mengakibatkan gangguan fungsi dan

berdampak pada aspek sosial–ekonomi masyarakat, khususnya di jalur transportasi strategis (Lau dkk., 2024; Christensen dkk., 2023). Oleh karena itu, evaluasi kelayakan jembatan eksisting menjadi langkah fundamental dalam sistem manajemen aset infrastruktur yang berorientasi pada keselamatan dan keberlanjutan (Saputra Andika Arief dkk., 2020)

Load rating merupakan elemen krusial dalam inspeksi jembatan karena melengkapi keterbatasan inspeksi visual yang hanya memberikan informasi kualitatif dengan menyediakan estimasi kapasitas aman yang dapat dipikul struktur. Salah satu pendekatan kuantitatif yang digunakan secara luas dalam evaluasi kapasitas jembatan adalah metode *rating factor (load rating)*, yaitu perbandingan antara kapasitas aktual struktur terhadap beban rencana yang bekerja pada elemen jembatan (Karimpour dkk., 2021). Pendekatan ini memberikan dasar numerik untuk menentukan apakah suatu struktur masih memenuhi syarat pelayanan atau memerlukan pembatasan beban maupun perkuatan. Dalam konteks teknik sipil modern, metode *rating factor* umumnya dipadukan dengan *finite element analysis (FEA)* untuk memperoleh gambaran perilaku struktur yang lebih realistis terhadap kondisi in-situ (Sabara & Imran, 2024). Sejumlah penelitian juga menegaskan bahwa integrasi metode ini dengan data inspeksi lapangan dapat meningkatkan akurasi hasil evaluasi dibandingkan metode empiris tradisional (Catbas dkk., 2012).

Penelitian ini secara khusus berfokus pada analisis kelayakan struktur atas (*superstructure*) *Mungkung Overpass* menggunakan pendekatan *rating factor* berbasis model numerik dan acuan regulasi teknis nasional serta internasional. Pemilihan lokasi dilakukan karena perubahan karakteristik lalu lintas dan kondisi operasional sejak masa konstruksi awal yang berpotensi mempengaruhi kapasitas superstruktur. Melalui pendekatan ini, penelitian menilai kapasitas elemen utama terhadap beban lalu lintas dan mengidentifikasi potensi kebutuhan pembatasan beban atau rehabilitasi struktural (Saputra Andika Arief dkk., 2020; Hasançebi & Dumlupinar, 2013; Rifadzi Zaeni dkk., 2022)

Untuk memastikan validitas hasil analisis, penelitian ini merujuk pada Pedoman Penentuan Bridge Load Rating untuk Jembatan Eksisting yang diterbitkan oleh Kementerian PUPR, serta standar internasional (AASHTO, 2024; FHWA, 2003; Department of Transportation, 2025; FHWA, 2016). Selain itu, beberapa Standar Nasional Indonesia seperti SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan, SNI 7833:2012 (Tata Cara Perancangan Beton Pracetak), dan SNI 2847:2013 (Persyaratan Beton Struktural) digunakan sebagai acuan teknis untuk menentukan parameter pembebanan, material, dan faktor distribusi beban (Bina Marga PUPR, 2016). Penerapan kombinasi regulasi nasional dan internasional ini sejalan dengan praktik terbaik yang direkomendasikan oleh *American Association of State Highway and Transportation Officials* (Christensen dkk., 2023).

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan metode *Load and Resistance Factor Rating (LRFR)* dapat memberikan estimasi yang lebih akurat dalam menilai kapasitas jembatan beton maupun baja, terutama jika didukung pemodelan numerik berbasis *FEA* (Karimpour dkk., 2021; Hasançebi & Dumlupinar, 2013). Studi oleh (Sabara & Imran, 2024) menegaskan bahwa metode ini mampu mendeskripsikan variasi kapasitas struktur terhadap kondisi batas layanan (*serviceability limit state*). Selain itu, (Catbas dkk., 2012) menunjukkan bahwa analisis distribusi beban yang disimulasikan secara numerik dapat memperkuat hasil inspeksi lapangan dalam menentukan nilai *rating factor*.

Dengan memperhatikan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan struktur atas *Mungkung Overpass* melalui penerapan metode *rating factor* berbasis analisis numerik yang divalidasi dengan pedoman teknis nasional dan internasional. Analisis ini diharapkan menghasilkan nilai *rating factor* yang representatif terhadap kondisi aktual jembatan, sekaligus memberikan kontribusi empiris dalam pengembangan metodologi evaluasi kapasitas jembatan eksisting di Indonesia. Hasil penelitian ini berpotensi menjadi dasar bagi penyusunan kebijakan pemeliharaan preventif, pengendalian beban lalu lintas, dan penguatan struktur dalam konteks *Bridge Management System (BMS)* nasional (Bina Marga PUPR, 2016; Christensen dkk., 2023).

METODE PENELITIAN

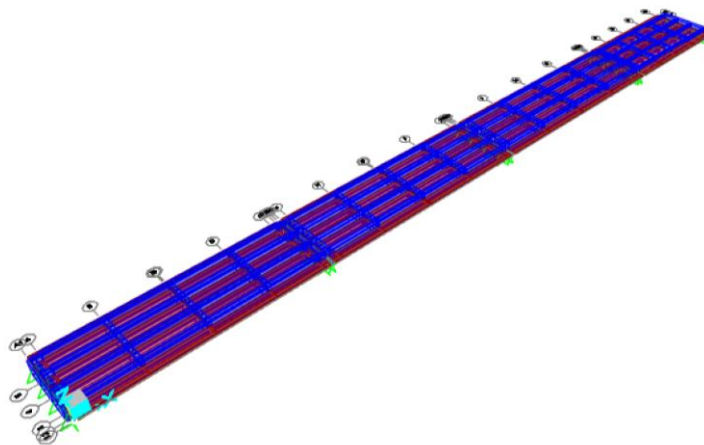
Penilaian kinerja struktural pada penelitian ini dilakukan melalui pendekatan *load rating*, yaitu metode evaluasi kuantitatif yang bertujuan untuk menentukan kemampuan aktual jembatan dalam memikul beban lalu lintas berdasarkan kondisi struktur eksisting. Pendekatan ini digunakan untuk menilai tingkat keamanan jembatan terhadap beban layanan dengan membandingkan kapasitas sisa struktur terhadap tuntutan beban yang bekerja. Metode *load rating* dipilih karena mampu memberikan

estimasi kapasitas struktural secara lebih objektif dibandingkan inspeksi visual semata, khususnya pada jembatan yang telah beroperasi dalam jangka waktu tertentu (AASHTO, 1992; AASHTO, 2018).

Indikator utama yang digunakan dalam analisis *load rating* adalah *Rating Factor* (RF). Secara konseptual, nilai RF merepresentasikan rasio antara kapasitas nominal struktur yang telah dikurangi pengaruh beban mati terhadap besarnya efek beban hidup yang bekerja pada jembatan. Nilai RF yang lebih besar dari satu menunjukkan bahwa struktur masih memiliki tingkat keamanan yang memadai untuk melayani beban lalu lintas rencana, sedangkan nilai RF kurang dari satu mengindikasikan perlunya pembatasan beban atau tindakan penanganan struktural (Nowak & Collins, 2012; Christensen et al., 2023).

Objek penelitian ini adalah Overpass Mungkung yang terletak pada ruas Tol Ngawi–Kertosono. Jembatan ini merupakan jembatan jalan raya dengan sistem struktur atas berupa girder beton tipe I-Girder, yang umum digunakan pada jaringan jalan tol di Indonesia. Karakteristik utama jembatan tipe ini adalah dominasi perilaku lentur pada elemen girder utama serta kontribusi pelat lantai dalam mendistribusikan beban lalu lintas ke sistem gelagar. Oleh karena itu, evaluasi kinerja struktur difokuskan pada respons momen lentur dan gaya geser yang bekerja pada girder eksterior dan interior.

Analisis struktural dilakukan menggunakan pendekatan pemodelan numerik berbasis metode elemen hingga (*finite element method*) dengan bantuan perangkat lunak SAP2000. Pemodelan struktur disusun sedemikian rupa agar merepresentasikan kondisi aktual jembatan di lapangan, mencakup dimensi geometrik, tipe penampang girder, sistem tumpuan, serta konfigurasi pelat lantai. Elemen girder dimodelkan sebagai elemen rangka (*frame elements*), sedangkan pelat lantai dimodelkan sebagai elemen shell untuk menangkap distribusi beban secara lebih realistis. Sistem perletakan dimodelkan sesuai kondisi eksisting untuk merepresentasikan perilaku batas struktur secara akurat (CSI, 2022).



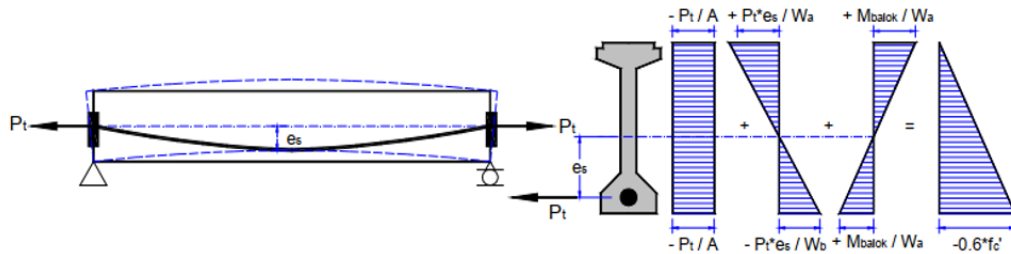
Gambar 1. Model numerik struktur atas Mungkung Overpass pada SAP2000 yang merepresentasikan kondisi geometrik, sistem perletakan, dan elemen struktur utama

Perhitungan kapasitas struktur didasarkan pada kondisi geometrik dan detail struktural eksisting yang diperoleh dari dokumen perencanaan. Dimensi penampang girder, termasuk tinggi, lebar badan, dan tebal pelat lantai, dimodelkan sesuai kondisi terpasang. Parameter material beton dan baja prategang mengacu pada mutu rencana yang digunakan pada saat konstruksi. Detail sistem prategang, meliputi jumlah strand, diameter, dan konfigurasi tendon, digunakan sebagai dasar dalam penentuan kapasitas momen dan gaya geser sehingga hasil analisis merepresentasikan kondisi aktual jembatan.

Pembebanan struktur mengacu pada ketentuan (FHWA, 2003) SNI 1725:2016 tentang pembebanan jembatan, yang meliputi beban mati, beban mati tambahan, serta beban lalu lintas. Beban mati mencakup berat sendiri elemen struktural, sedangkan beban mati tambahan meliputi lapis perkerasan, barrier, dan utilitas lainnya. Beban lalu lintas dimodelkan sesuai ketentuan beban lajur dan beban truk rencana sebagaimana diatur dalam standar nasional. Kombinasi beban diterapkan berdasarkan prinsip *load rating* sehingga efek masing-masing jenis beban terhadap respons struktur dapat dievaluasi secara terpisah dan komprehensif.

Perhitungan gaya prategang pada girder beton tidak dimodelkan secara eksplisit sebagai tendon pada SAP2000, melainkan dihitung secara analitis menggunakan lembar kerja berbasis spreadsheet.

Perhitungan ini mempertimbangkan jumlah dan diameter strand, mutu baja prategang, serta profil eksentrisitas tendon sepanjang bentang. Parameter geometrik tendon dan penampang girder diperoleh dari as-built drawing jembatan, sedangkan kehilangan gaya prategang akibat gesekan, perpendekan elastis, dan relaksasi dihitung sesuai ketentuan AASHTO dan SNI beton prategang. Nilai gaya prategang efektif yang diperoleh selanjutnya dikonversikan menjadi momen prategang (M_{PR}) dan digunakan dalam perhitungan kapasitas momen lentur serta evaluasi rating factor.



Gambar 2. Skema profil tendon prategang dan eksentrisitas sepanjang bentang pada girder beton prategang

Dalam proses evaluasi, pengaruh gaya prategang dan konfigurasi tendon turut diperhitungkan dalam analisis. Gaya prategang dimodelkan sebagai beban internal yang menghasilkan momen prategang (*prestressing moment*) pada girder. Konfigurasi tendon, termasuk profil eksentrisitas sepanjang bentang, dimasukkan ke dalam model untuk menangkap kontribusi prategang terhadap peningkatan kapasitas lentur dan pengurangan tegangan tarik pada beton. Pendekatan ini penting untuk memastikan bahwa kapasitas nominal struktur dihitung secara realistis sesuai dengan kondisi desain dan operasional jembatan beton prategang (Nilson et al., 2019; ACI Committee 318, 2019).

1. Rating Factor Momen (RFM)

Perhitungan *Rating Factor* terhadap momen lentur (RFM) dilakukan dengan membandingkan kapasitas momen nominal struktur terhadap kombinasi momen akibat beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, serta momen akibat gaya prategang. Kapasitas momen nominal dihitung berdasarkan ketentuan SNI 2847:2019 dan SNI 7833:2012 untuk beton prategang, dengan mempertimbangkan faktor reduksi kekuatan sesuai pendekatan LRFD. Persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai RFM dinyatakan sebagai berikut (AASHTO, 1992):

$$RF = \frac{\phi^{M_n - \gamma_{DC}M_{DC} - \gamma_{DW}M_{DW} - M_{PR}}}{\gamma_{LL}M_{LL}} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- ϕ : Faktor tahanan LRFD
- M_n : Kapasitas momen ($kN.m$)
- γ_{DC} : Faktor Beban Mati
- γ_{DW} : Faktor Beban Mati Tambahan
- γ_{LL} : Faktor Beban Hidup
- M_{DC} : Momen Beban Mati
- M_{DW} : Momen Beban Mati Tambahan
- M_{LL} : Momen Beban Hidup
- M_{PR} : Momen akibat gaya prategang ($kN.m$)

Adapun parameter dalam persamaan tersebut merepresentasikan kontribusi kapasitas dan efek pembebanan yang bekerja pada elemen struktur.

2. Rating Factor Geser (RFS)

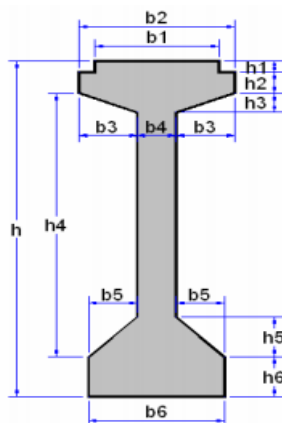
Selain momen lentur, evaluasi juga dilakukan terhadap kapasitas gaya geser melalui perhitungan *Rating Factor* gaya geser (RFS). Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa elemen girder memiliki kapasitas geser yang memadai terhadap kombinasi beban yang bekerja. Kapasitas geser nominal dihitung dengan mempertimbangkan kontribusi beton dan tulangan geser sesuai ketentuan AASHTO dan SNI beton struktural. Nilai RFS ditentukan menggunakan persamaan berikut (AASHTO, 1992):

$$RF = \frac{V_n - \gamma_{DC} V_{DC} - \gamma_{DW} V_{DW}}{\gamma_{LL} V_{LL}} \dots\dots\dots (2)$$

Hasil perhitungan RFM dan RFS selanjutnya dianalisis untuk membandingkan kinerja girder eksterior dan interior pada masing-masing bentang. Nilai RF yang diperoleh digunakan sebagai dasar untuk menilai tingkat kelayakan struktur atas jembatan serta mengidentifikasi potensi kebutuhan penanganan atau pembatasan beban pada Overpass Mungkung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data teknis yang dibutuhkan dalam analisis didapat dari gambar pelaksanaan di lapangan. Overpass Mungkung terdiri dari empat bentang dengan masing-masing bentang memiliki empat balok PCI *Girder*. Bentang pertama dan keempat memiliki panjang bentang sebesar 16,60 m. Sedangkan, panjang bentang kedua dan ketiga sebesar 25,60 m.



Gambar 3. Penampang Melintang PC-I Girder (Precast Concrete I-Girder)

Tabel 1. Dimensi Balok PCI Girder

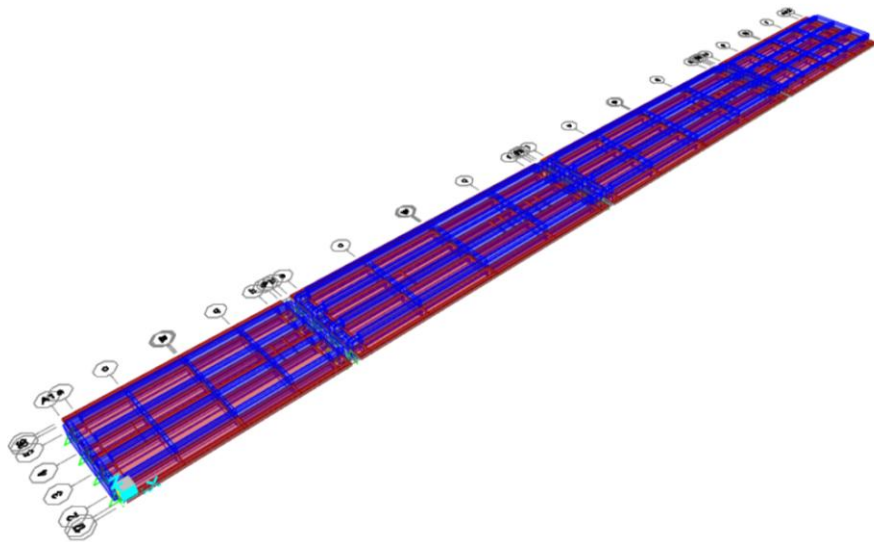
Dimensi Balok			
Kode	Lebar (m)	Kode	Lebar (m)
b1	0,40	h1	0,00
b2	0,40	h2	0,08
b3	0,09	h3	0,08
b4	0,22	h4	1,05
b5	0,22	h5	0,10
b6	0,65	h6	0,13
		h total	1,25

Selain dimensi geometrik balok, evaluasi kapasitas lentur juga mempertimbangkan kontribusi gaya prategang dan penulangan longitudinal pada girder PCI. Konfigurasi tendon prategang dan detail penulangan diperoleh berdasarkan gambar *as-built drawing* jembatan, sehingga merepresentasikan kondisi struktur eksisting. Gaya prategang tidak dimodelkan secara eksplisit sebagai tendon pada SAP2000, melainkan dihitung secara analitis menggunakan lembar kerja berbasis spreadsheet dengan mempertimbangkan jumlah dan diameter strand, mutu baja prategang, serta profil eksentrisitas tendon sepanjang bentang. Kehilangan gaya prategang akibat gesekan, perpendekan elastis, dan relaksasi

diperhitungkan mengacu pada ketentuan AASHTO dan SNI beton prategang. Gaya prategang efektif yang diperoleh selanjutnya dikonversikan menjadi momen prategang dan digabungkan dengan kontribusi penulangan longitudinal dalam penentuan kapasitas momen lentur nominal (M_n), yang digunakan dalam evaluasi rating factor. Untuk perhitungan pada panjang bentang kedua dan ketiga 25,60 m menggunakan persamaan yang sama seperti bentang pertama dan keempat 16,60 m. Rekapitulasi perhitungan RF panjang bentang 16,60 dan 25,60 m dapat dilihat pada Tabel 2.

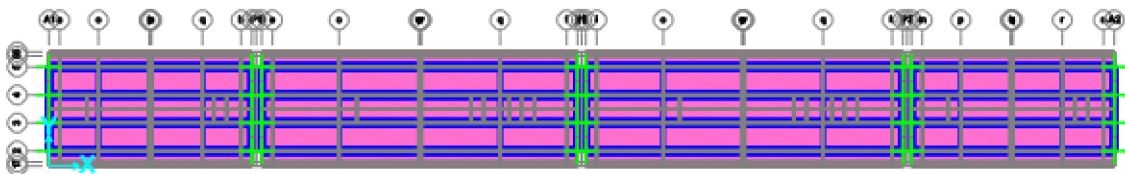
Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Perhitungan RF

Panjang Bentang (m)	Bentang ke-	Letak Girder	Respon Struktur	Kapasitas Tahanan	Besaran Respon Struktur				Rating Factor
16,6	1	Eksterior	Momen Lentur	M_n (kN.m)	M_{DC} (kNm)	M_{DW} (kNm)	M_{LL} (kNm)	3,1412	
			5518,59	868,97	417,27	1716,64			
		Interior	Momen Lentur	M_n (kN.m)	M_{DC} (kNm)	M_{DW} (kNm)	M_{LL} (kNm)	2,8884	
			5518,59	875,38	398,45	1871,19			
	4	Eksterior	Momen Lentur	M_n (kN.m)	M_{DC} (kNm)	M_{DW} (kNm)	M_{LL} (kNm)	3,1421	
			5518,59	870,14	417,94	1715,57			
		Interior	Momen Lentur	M_n (kN.m)	M_{DC} (kNm)	M_{DW} (kNm)	M_{LL} (kNm)	2,8900	
			5518,59	876,32	398,30	1869,88			
	25.5	2	Eksterior	Momen Lentur	M_n (kN.m)	M_{DC} (kNm)	M_{DW} (kNm)	M_{LL} (kNm)	2,8065
				10687,32	2284,77	998,99	3567,39		
			Interior	Momen Lentur	M_n (kN.m)	M_{DC} (kNm)	M_{DW} (kNm)	M_{LL} (kNm)	2,6814
				10687,32	2269,97	1009,23	3725,48		
3		Eksterior	Momen Lentur	M_n (kN.m)	M_{DC} (kNm)	M_{DW} (kNm)	M_{LL} (kNm)	2,7895	
			10687,32	2303,26	998,99	3582,55			
		Interior	Momen Lentur	M_n (kN.m)	M_{DC} (kNm)	M_{DW} (kNm)	M_{LL} (kNm)	2,6839	
			10687,32	2302,28	1006,06	3721,28			



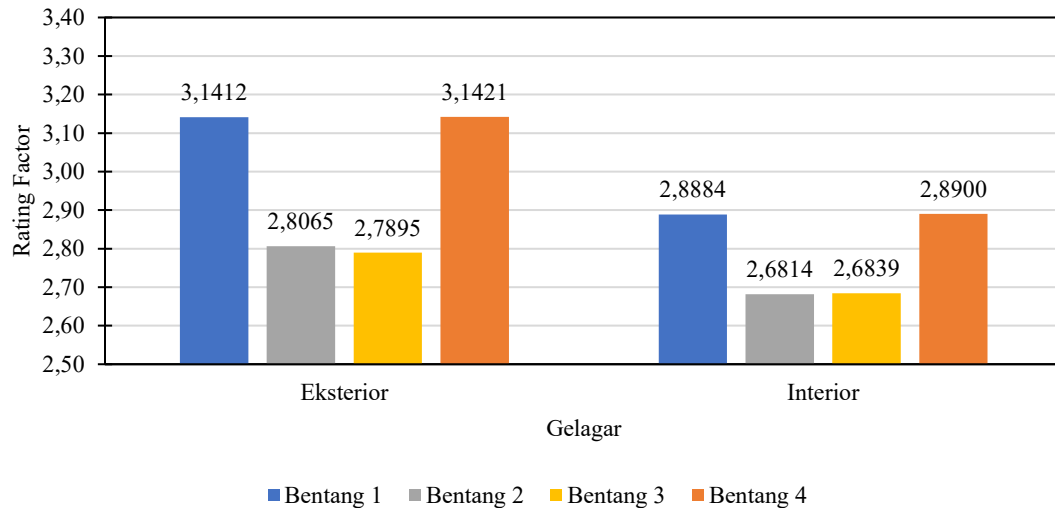
Gambar 4. Pemodelan 3D view

Gambar 4 menampilkan model tiga dimensi yang memperlihatkan susunan balok memanjang, balok melintang, serta elemen pengaku yang disusun dalam satu sistem rangka. Pemodelan 3D ini digunakan untuk memastikan bahwa dimensi, konfigurasi elemen, serta hubungan antar-sambungan telah sesuai dengan data desain dan kondisi eksisting.



Gambar 5. Pemodelan x-y View

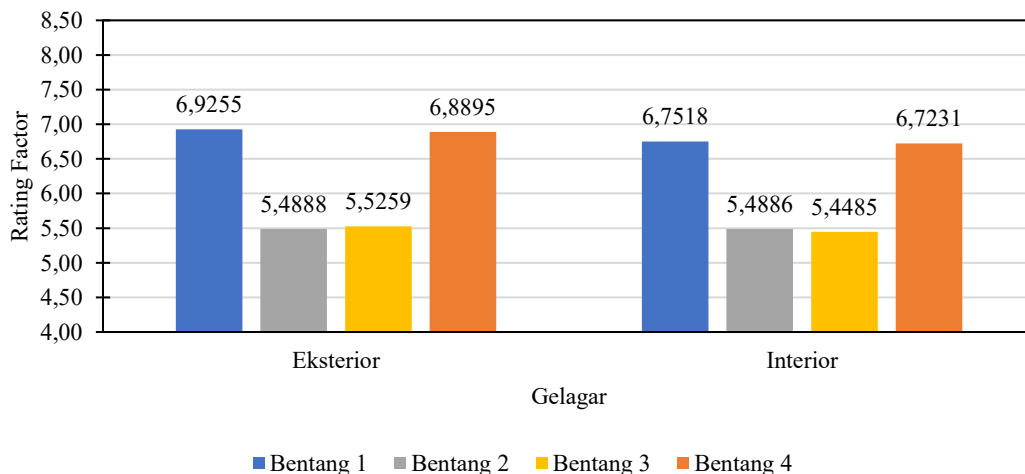
Gambar 5 menunjukkan tampilan bidang x-y yang memberikan gambaran susunan elemen secara plan, termasuk keteraturan jarak antarbalok dan posisi simpul. Tampilan ini mempermudah verifikasi jalur beban serta kesinambungan struktur sepanjang bentang. Setiap elemen dimodelkan sebagai *frame element*, sedangkan kondisi batas dan titik tumpuan diinput mengikuti sistem pendukung jembatan aktual.



Gambar 6. Nilai Rating Factor Momen Lentur (RFM)

Gambar 6 menunjukkan nilai *Rating Factor* momen lentur pada gelagar eksterior dan interior untuk masing-masing bentang. Secara umum, nilai RFM pada seluruh bentang berada di atas nilai batas minimum kelayakan, sehingga elemen gelagar masih mampu menahan momen yang bekerja. Pada gelagar eksterior, bentang 1 dan bentang 4 memiliki nilai RFM tertinggi, masing-masing sebesar 3,1412 dan 3,1421. Sementara itu, bentang 2 dan bentang 3 menunjukkan nilai sedikit lebih rendah, namun tetap berada dalam kategori aman.

Pola yang serupa terlihat pada gelagar interior. Nilai RFM berkisar antara 2,6814 hingga 2,8900, dengan bentang 4 menunjukkan nilai tertinggi. Variasi ini menggambarkan perbedaan kapasitas lentur antar-segmen, yang umumnya dipengaruhi oleh distribusi beban dan kondisi struktural masing-masing bentang. Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa seluruh gelagar masih memenuhi persyaratan kelayakan terhadap momen lentur.



Gambar 7. Nilai Rating Factor Gaya Geser (RFS)

Gambar 7 menunjukkan bahwa seluruh gelagar, baik eksterior maupun interior, memiliki nilai RFS yang berada di atas batas minimum kelayakan. Bentang 1 dan bentang 4 mencatat nilai tertinggi pada kedua posisi gelagar, masing-masing berada pada kisaran 6,7–6,9. Sementara itu, bentang 2 dan bentang 3 memiliki nilai sekitar 5,4–5,5, namun tetap berada dalam kategori aman. Hasil ini mengindikasikan bahwa kapasitas geser gelagar masih memadai untuk menahan beban layanan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi rating factor terhadap struktur atas Mungkung Overpass menggunakan pemodelan berbasis SAP2000 serta acuan peraturan SNI dan AASHTO, dapat disimpulkan bahwa keseluruhan gelagar pada keempat bentang masih berada dalam kondisi layak untuk menahan beban layanan. Nilai rating factor momen (RFM) dan gaya geser (RFS) pada girder eksterior maupun interior menunjukkan nilai yang konsisten berada di atas batas minimum kelayakan, sehingga struktur masih memiliki cadangan kapasitas yang memadai. Bentang 1 dan 4 tercatat memiliki nilai RF tertinggi, yang menandakan kinerja struktural yang lebih baik dibandingkan bentang lainnya. Sementara itu, bentang 2 dan 3 menunjukkan nilai yang relatif lebih rendah, namun tetap berada pada kategori aman dan tidak mengindikasikan kebutuhan rehabilitasi struktural. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa superstructure Mungkung Overpass dalam kondisi eksisting masih memenuhi persyaratan kelayakan dan dapat beroperasi tanpa pembatasan beban, dengan tetap direkomendasikan dilakukannya pemantauan rutin sebagai bagian dari pengelolaan aset jembatan.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. (2024). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications* (10 ed.). American Association of State Highway and Transportation Official.
- Badan Standardisasi Nasional, 1725:2016. (2016). *Pembebanan Untuk Jembatan*. www.bsn.go.id
- Badan Standardisasi Nasional, 7833:2012. (2012). *Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung*. www.bsn.go.id
- Catbas, F. N., Gokce, H. B., & Gul, M. (2012). Practical Approach for Estimating Distribution Factor for Load Rating: Demonstration on Reinforced Concrete T-Beam Bridges. *Journal of Bridge Engineering*, 17(4), 652–661. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)be.1943-5592.0000284](https://doi.org/10.1061/(asce)be.1943-5592.0000284)
- Christensen, C. O., Damsgaard, K. D. S., Sørensen, J. D., Engelund, S., Goltermann, P., & Schmidt, J. W. (2023). Reliability-Based Proof Load Factors for Assessment of Bridges. *Buildings*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/buildings13041060>
- FHWA. (2003). *Comprehensive Design Example for Prestressed Concrete Girder Superstructure with Commentary - US Customary Units*.
- FHWA. (2016). *Post-Tensioned Box Girder Design Manual*.
- Department Of Transportation. (2025). *Bridge Design Manual Engineering and Regional Operations Bridge and Structures LRFD*. <https://wsdot.wa.gov/engineering-standards/all-manuals-and-standards/manuals/>
- Hasançebi, O., & Dumlupinar, T. (2013). Detailed load rating analyses of bridge populations using nonlinear finite element models and artificial neural networks. *Computers and Structures*, 128, 48–63. <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2013.08.001>
- Karimpour, A., Rahmatalla, S., & Bolboli Ghadikolaee, H. (2021). Finite Element Model-Based Weight-Over Process Philosophy for Bridge Loading Capacity Evaluation and Rating Factor Estimation. *Advances in Civil Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/2244202>
- KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT. (2016). *Pedoman Penentuan Bridge Load Rating Untuk Jembatan Eksisting*.
- Lau, D., Aminullah, A., & Triwiyono, A. (2024). *Bridge Assessment Analysis using Sufficiency Rating Method (Case Study of The Mungkung Overpass)*. <https://doi.org/10.21831/inersia.v19i1.71384>
- Rifadzi Zaeni, M., Farih Ambari, S., Sudarsono, I., & Mulyawati, F. (2022). *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil Analisis Nilai Kapasitas Jembatan Eksisting Menggunakan Metode Rating Factor*. <https://doi.org/10.26760/rekaracana>
- Sabara, A. I. R., & Imran, I. (2024). Bridge Capacity Assessment through LRFR Method and Bridge Seismic Performance Evaluation Using the PBSD Concept: Case Study. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 56(1), 11–24. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2024.56.1.2>
- Saputra Andika Arief, Priyosulistyo Hrc., & Muslikh. (2020). Analisis Nilai Kapasitas Struktur Atas Jembatan Dengan Menggunakan Metode Rating Factor. *INERSIA*, XVII(1).
- SNI. (2013). *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung Badan Standardisasi Nasional*. www.bsn.go.id