

Pengaruh Perilaku Struktur Jembatan *Steel U Girder* Sei Padang Dengan Modifikasi Diafragma Belah Ketupat

M. FIRMAN NUR ALAMSYAH¹, EUNEKE WIDYANINGSIH²

1. Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
2. Dosen Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
Email: mfirmannuralsyah5@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis pengaruh modifikasi diafragma belah ketupat terhadap perilaku struktur jembatan Steel U Girder Sei Padang dengan membandingkan model eksisting. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak Midas Civil dengan parameter utama berupa momen, gaya geser, rasio tegangan lentur dan geser, serta lendutan. Hasil menunjukkan bahwa modifikasi belah ketupat menurunkan momen maksimum dari 62.789,65 kNm menjadi 61.971,85 kNm dan lendutan dari 42,647 mm menjadi 41,93 mm, yang mengindikasikan peningkatan kekakuan struktur. Namun, gaya geser maksimum meningkat dari -6.134,34 kN menjadi -6.717,36 kN, sedangkan rasio tegangan geser naik dari 0,7968 menjadi 0,8725. Dengan demikian, modifikasi belah ketupat terbukti lebih efektif dalam mengurangi deformasi dan tegangan lentur, meskipun menimbulkan peningkatan beban geser. Temuan ini menegaskan bahwa pemilihan konfigurasi diafragma memiliki peran penting dalam optimasi desain jembatan agar tercapai keseimbangan antara kekakuan, kekuatan, dan efisiensi struktur..

Kata kunci: Diafragma, Steel U Girder, Midas Civil, Jembatan, Lendutan

1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur transportasi yang berperan penting dalam mendukung konektivitas dan aktivitas ekonomi. Dalam sistem strukturnya, diafragma berfungsi sebagai elemen pengaku yang mendistribusikan beban ke gelagar utama serta meningkatkan kekakuan dan stabilitas. Variasi bentuk diafragma akan memengaruhi respons struktur terhadap beban, sehingga pemilihan konfigurasi yang tepat menjadi faktor penting dalam perancangan jembatan yang aman dan efisien.

Hasil kajian sebelumnya menunjukkan bahwa modifikasi bentuk diafragma mampu memberikan kinerja struktural yang lebih baik dibandingkan konfigurasi standar. Pada penelitian ini, perhatian difokuskan pada diafragma tipe belah ketupat yang dihipotesiskan memiliki kemampuan mendistribusikan beban lebih merata melalui titik-titik kuat struktur. Kondisi ini berpotensi menurunkan konsentrasi tegangan serta menghasilkan kontrol lendutan yang lebih efektif. Sebagai pembanding, digunakan model diafragma eksisting yang selama ini umum diterapkan pada konstruksi jembatan.

Analisis dilakukan dengan perangkat lunak MIDAS Civil untuk mengevaluasi perbedaan perilaku struktur antara diafragma eksisting dan diafragma belah ketupat. Parameter yang diamati meliputi tegangan, lendutan, serta pola distribusi beban pada struktur. Hasil penelitian

ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam bentuk rekomendasi desain diafragma yang lebih inovatif dan efisien, sehingga dapat mendukung pengembangan ilmu pengetahuan di bidang rekayasa jembatan sekaligus meningkatkan kualitas perencanaan infrastruktur transportasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini diawali dengan studi literatur untuk memperoleh dasar teori mengenai peran diafragma pada struktur jembatan, dilanjutkan dengan pengumpulan data teknis Jembatan Sei Padang yang meliputi dimensi, penampang gelagar, spesifikasi material, dan konfigurasi diafragma berdasarkan gambar rencana. Data tersebut kemudian digunakan untuk melakukan pemodelan struktur jembatan, baik kondisi eksisting dengan diafragma tipe X maupun modifikasi dengan diafragma tipe Belah Ketupat. Selanjutnya dilakukan analisis struktur pada kedua model dengan mengkaji kapasitas berdasarkan lendutan serta tegangan lentur dan geser, kemudian hasilnya dibandingkan melalui parameter rasio tegangan dan lendutan. Dari perbandingan tersebut ditarik kesimpulan mengenai tipe diafragma yang memberikan kinerja paling optimal terhadap pengendalian lendutan dan tegangan pada Jembatan Sei Padang.

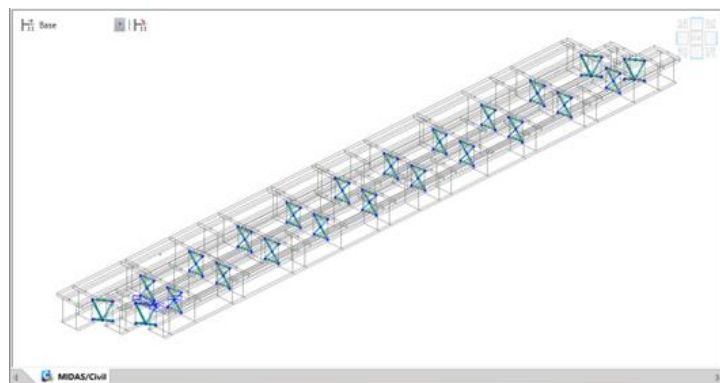
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Pembebanan Jembatan

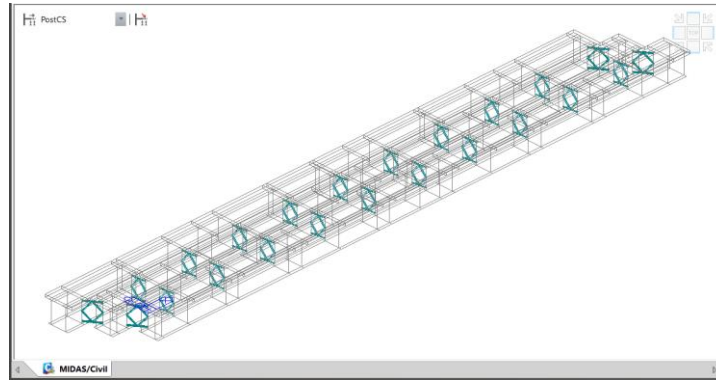
Pembebanan struktur jembatan dalam penelitian ini mengikuti ketentuan SNI 1725:2016, yang meliputi beban mati (*dead load*) berupa berat sendiri struktur dan elemen non-struktural permanen, beban mati tambahan seperti lapisan aspal dan utilitas permanen di atas jembatan, beban lalu lintas (*live load*) yang mengacu pada beban kendaraan sesuai klasifikasi pembebanan pada standar, termasuk beban lajur D dan truk T, serta beban suhu yang timbul akibat perubahan temperatur sehingga menyebabkan pemuaian atau penyusutan pada struktur.

3.2 Pemodelan Jembatan Eksisting dan Modifikasi Belah Ketupat

Analisis struktur jembatan dilaksanakan setelah proses pemodelan selesai dibuat menggunakan Midas Civil 3D, dengan hasil pemodelan tiga dimensi struktur jembatan ditampilkan pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.



Gambar 1. Stuktur Jembatan Diafragma Eksisting



Gambar 2. Struktur Jembatan Diafragma Modifikasi Belah Ketupat

3.3 Kebutuhan Diafragma pada Jembatan Eksisting dan Modifikasi

Kebutuhan panjang diafragma pada jembatan eksisting relatif lebih kecil dibandingkan dengan modifikasi tipe belah ketupat. Hal ini disebabkan bentuk belah ketupat memiliki konfigurasi diagonal yang lebih panjang sehingga menghasilkan total panjang diafragma yang lebih besar. Meskipun demikian, peningkatan panjang ini memberikan kontribusi terhadap peningkatan kekakuan dan distribusi beban yang lebih merata pada struktur. Kebutuhan panjang dan berat diafragma dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Panjang dan Berat Diafragma

	Eksisting X	Modifikasi Belah Ketupat	Satuan
Berat Diafragma	5,901	6,124	Ton
Panjang Diafragma	233,95	239,15	m

3.4 Hasil Pemodelan Momen Maksimum dan Minimum

Berdasarkan **Tabel 2** analisis menunjukkan bahwa momen maksimum pada jembatan eksisting sebesar 62.789,65 kNm, sedikit lebih tinggi dibandingkan modifikasi belah ketupat sebesar 61.971,85 kNm. Sebaliknya, nilai momen minimum pada modifikasi belah ketupat lebih besar secara absolut, yakni -7.839,49 kNm dibandingkan -7.624 kNm pada kondisi eksisting. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa modifikasi belah ketupat mampu menurunkan momen maksimum namun memberikan peningkatan kekakuan yang tercermin dari nilai momen minimum yang lebih besar.

Tabel 2. Momen Maksimum dan Minimum Struktur Jembatan

	Eksisting X	Modifikasi Belah Ketupat	Satuan
Momen Maksimum	62789,65	61971,85	kNm
Momen Minimum	-7624	-7839,49	kNm

3.5 Hasil Pemodelan Geser Maksimum

Hasil analisis menunjukkan bahwa gaya geser maksimum pada jembatan eksisting sebesar -6.134,34 kN, sedangkan pada modifikasi belah ketupat meningkat menjadi -6.717,36 kN. Kenaikan nilai geser ini menunjukkan bahwa modifikasi belah ketupat memberikan distribusi gaya yang lebih kaku, sehingga elemen struktur menerima beban geser yang lebih besar.

Kondisi ini perlu menjadi pertimbangan dalam desain, terutama terkait kapasitas elemen terhadap gaya geser. **Tabel 3** menunjukan geser maksimum pada jembatan.

Tabel 3. Penentuan Koefisien Seismik

	Eksisting X	Modifikasi Belah Ketupat	Satuan
Geser Maksimum	-6134,34	-6717,36	kN

3.6 Hasil Pemodelan Rasio Tegangan Lentur dan Geser

Hasil pemodelan pada **Tabel 4** menunjukkan bahwa rasio tegangan lentur pada jembatan eksisting sebesar 0,7722, sedikit lebih tinggi dibandingkan modifikasi belah ketupat sebesar 0,7629. Hal ini mengindikasikan bahwa modifikasi belah ketupat mampu menurunkan tegangan lentur sehingga kinerja struktur terhadap lentur menjadi lebih aman. Namun, pada rasio tegangan geser, nilai pada modifikasi belah ketupat meningkat menjadi 0,8725 dibandingkan 0,7968 pada kondisi eksisting. Peningkatan ini menunjukkan bahwa meskipun modifikasi lebih efektif dalam mengurangi tegangan lentur, namun beban geser yang diterima struktur relatif lebih besar sehingga memerlukan perhatian dalam aspek perencanaan kapasitas geser.

Tabel 4. Rasio Tegangan Geser dan Lentur Jembatan

	Eksisting X	Modifikasi Belah Ketupat
Rasio Tegangan Lentur	0,7722	0,7629
Rasio Tegangan Geser	0,7968	0,8725

3.7 Hasil Pemodelan Lendutan

Hasil analisis menunjukkan bahwa lendutan maksimum pada jembatan eksisting sebesar 42,647 mm, sedangkan pada modifikasi belah ketupat menurun menjadi 41,93 mm. Penurunan lendutan ini mengindikasikan bahwa modifikasi belah ketupat memberikan peningkatan kekakuan struktur, sehingga mampu mengurangi deformasi vertikal yang terjadi akibat beban kerja. **Tabel 5** menunjukan lendutan jembatan

Tabel 5. Lendutan Jembatan

	Eksisting X	Modifikasi Belah Ketupat	Satuan
Lendutan	42,647	41,93	mm

4. KESIMPULAN

Modifikasi diafragma belah ketupat mampu meningkatkan kinerja struktur dengan menurunkan momen dan lendutan, sehingga memberikan kontrol deformasi yang lebih baik. Namun, peningkatan gaya geser dan rasio tegangan geser menunjukkan bahwa aspek kapasitas geser harus diperhatikan dalam perencanaan desain. Secara keseluruhan, modifikasi belah ketupat memberikan alternatif desain yang lebih kaku dan aman terhadap lentur, meskipun memerlukan evaluasi lanjutan pada detail penulangan maupun kapasitas geser agar tercapai keseimbangan optimal antara kekuatan dan efisiensi struktur jembatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Mochammad Fahmi Fakhruddin atas bantuan dalam penyediaan data yang sangat mendukung kelancaran penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak di lingkungan Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Bandung yang turut memberikan dukungan dan fasilitas sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1725:2016 – Beban minimum untuk perancangan jembatan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 1729:2015 – Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 8460:2017 – Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Fakhruddin, M. F., & Nuranita, B. (2023). Analisis struktur jembatan steel U girder dengan variasi bentuk diafragma. *Prosiding Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir FTSP 2023*, 134–138. Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Segui, W. T. (2017). *Steel design* (6th ed.). Cengage Learning.
- Supriyadi, B., & Muntohar, A. S. (2007). *Jembatan*. Yogyakarta: Beta Offset.