

Analisis Struktur Jembatan Overpass Jalan Desa Dengan Metode Elemen Hingga

VELMA ZANA KAYANA¹, BERNARDINUS HERBUDIMAN²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Email : velma.zana@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta–Bawen menimbulkan tantangan integrasi dengan jalan desa yang berpotensi mengganggu aksesibilitas masyarakat. Penelitian ini menganalisis perencanaan struktur Jembatan Overpass Jalan Desa di STA 40+150 sebagai solusi konektivitas sekaligus menjaga keselamatan lalu lintas. Analisis dilakukan dengan metode elemen hingga, mengacu pada SNI 1725:2016. Pemodelan meliputi definisi material, penampang, kondisi batas, serta pembebanan permanen dan transien. Dua konfigurasi ditinjau, yaitu 4 girder setinggi 160 cm dan 3 girder setinggi 210 cm. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kedua konfigurasi kapasitas nominal lebih besar dibanding gaya ultimit, dengan rasio $\phi M_n/\mu < 1$, $\phi V_n/V_u < 1$, dan $\phi P_n/P_u < 1$. Hal ini menegaskan struktur memenuhi kriteria desain dan aman terhadap beban rencana. Konfigurasi 3 girder dinilai tetap efisien karena walaupun mengurangi jumlah elemen tetapi tidak mengurangi tingkat keamanan struktur.

Kata kunci: Jembatan Overpass, Modifikasi Penampang, Rasio Kekuatan, MIDAS Civil.

1. PENDAHULUAN

Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta–Bawen merupakan salah satu proyek infrastruktur strategis nasional yang bertujuan meningkatkan konektivitas antara Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. Jalan tol ini diharapkan memperlancar distribusi barang dan jasa serta mendukung mobilitas masyarakat dengan lebih cepat dan aman. Namun, dalam perencanaannya, proyek ini menghadapi tantangan integrasi dengan jaringan infrastruktur lokal, khususnya jalan desa yang menjadi jalur utama aktivitas sosial dan ekonomi masyarakat.

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 15 Tahun 2005 tentang Jalan Tol, jalan tol berkecepatan tinggi tidak diperbolehkan memiliki persimpangan sebidang dengan jalan umum, termasuk jalan desa, karena perbedaan kecepatan berpotensi menimbulkan titik konflik lalu lintas. Kondisi ini terjadi pada lokasi Jalan Tol Yogyakarta–Bawen Seksi 4 di STA 40+151, di mana terdapat jalan desa yang masih aktif digunakan. Jika tidak ditangani, pemisahan fisik akibat pembangunan tol berpotensi menghambat akses masyarakat ke lahan pertanian, fasilitas pendidikan, tempat ibadah, dan pusat kegiatan ekonomi.

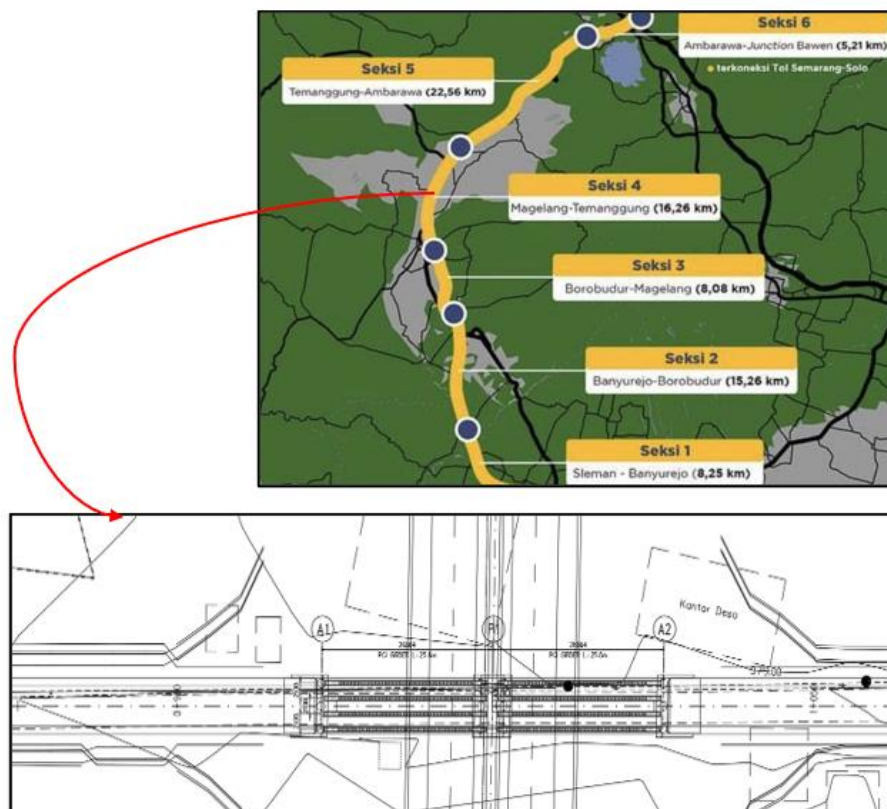
Sebagai solusi, pembangunan jembatan overpass di lokasi tersebut menjadi langkah strategis untuk menjaga konektivitas lokal sekaligus memastikan keselamatan lalu lintas. Penelitian ini menganalisis perencanaan dan desain struktur Jembatan Overpass Jalan Desa pada STA 40+151 dengan menggunakan metode elemen hingga. Analisis difokuskan pada evaluasi

efisiensi dan kelayakan struktur, khususnya modifikasi konfigurasi girder yang semula empat buah menjadi tiga buah girder dengan dimensi lebih besar, sementara lebar jembatan tetap dipertahankan.

Tujuan utama penelitian ini adalah menyusun tahapan pemodelan struktur jembatan dengan metode elemen hingga, menerapkan distribusi beban sesuai ketentuan SNI 1725:2016, serta mengevaluasi pengaruh modifikasi dimensi terhadap berat struktur dengan rasio kekuatan yang relatif sama.

2. METODOLOGI

Lokasi penelitian ini berada di Jalan Tol Yogyakarta – Bawen Seksi 4, tepatnya pada Jembatan Overpass Jalan Desa yang terletak di STA 40+150. Dapat dilihat pada **Gambar 1**. Dibawah ini:



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini bersifat kuantitatif dengan pendekatan analisis numerik dengan metode elemen hingga serta acuan SNI 1725:2016 tentang pembebanan jembatan. Objek penelitian adalah Jembatan Overpass Jalan Desa pada Jalan Tol Yogyakarta–Bawen Seksi 4 STA 40+150 dengan sistem struktur integral, panjang total 53,728 m, lebar 6,3 m, dan 2 bentang.

Variasi pemodelan struktur terdiri dari:

- Pemodelan jembatan eksisting dengan 4 girder berpenampang PCI tinggi 160 cm.
- Pemodelan variasi dengan 3 girder berpenampang PCI tinggi 210 cm.

Data penelitian berupa data sekunder meliputi spesifikasi teknis jembatan (dimensi, mutu material beton f_c' 30–50 MPa, dan baja tulangan BJTP/BJTD) dan beban sesuai standar (berat sendiri, beban mati tambahan, beban lalu lintas, beban rem, pejalan kaki, angin, temperatur, serta gempa).

Tahapan analisis meliputi:

1. Pemodelan struktur 3D dengan metode elemen hingga.
2. Pendefinisian material, penampang, boundary, serta pembebanan.
3. Analisis gaya dalam (geser, aksial, momen).
4. Evaluasi kapasitas nominal penampang (P_n , M_n , V_n) dibandingkan dengan gaya ultimit (P_u , M_u , V_u).
5. Analisis perbandingan dua konfigurasi untuk menilai pengaruh modifikasi dimensi girder terhadap stabilitas dan efisiensi struktur.

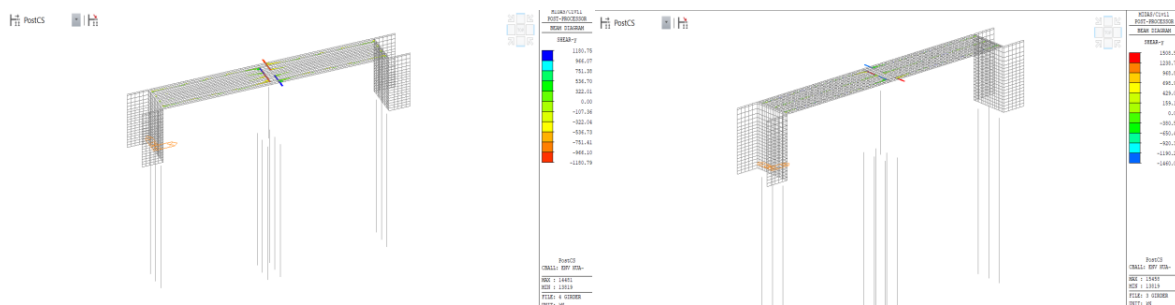
Hasil analisis digunakan untuk menentukan kelayakan desain serta rekomendasi optimasi struktur jembatan overpass.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh modifikasi dimensi girder pada Jembatan Overpass Jalan Desa Tol Yogyakarta–Bawen Seksi 4 STA 40+150 dengan membandingkan konfigurasi 4 girder (tinggi 160 cm) dan 3 girder (tinggi 210 cm). Analisis dilakukan menggunakan metode elemen hingga.

3.1 Gaya Geser

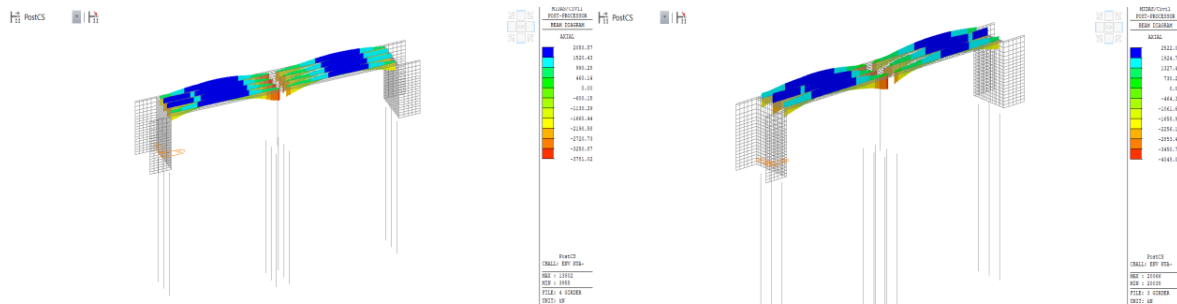
Konfigurasi 4 girder menghasilkan gaya geser maksimum $\pm 1180,75$ kN, sedangkan 3 girder meningkat menjadi $\pm 1508,59$ kN. Peningkatan ini akibat distribusi beban yang lebih terkonsentrasi pada girder. Dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Hasil Analisis 4 Girder dan 3 Girder Terhadap Gaya Geser

3.2 Gaya Aksial

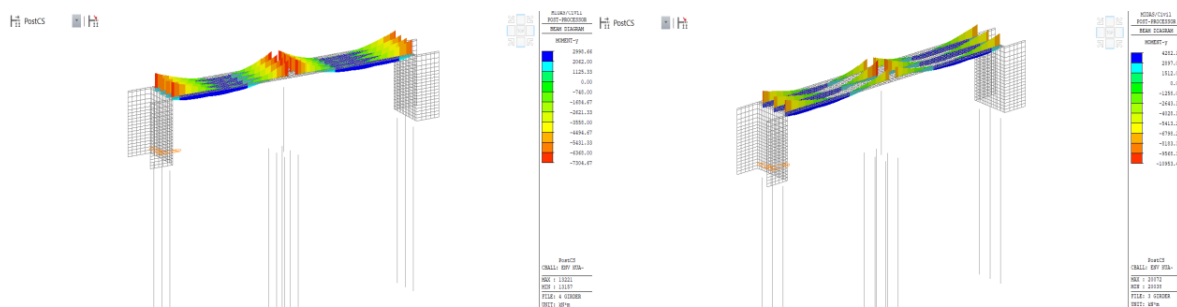
Pada 4 girder, gaya aksial maksimum $+2050,57$ kN dan minimum $-3781,02$ kN. Konfigurasi 3 girder menunjukkan nilai lebih tinggi yaitu $+2522,04$ kN dan minimum $-4048,01$ kN. Dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Hasil Analisis 4 Girder dan 3 Girder Terhadap Gaya Aksial

3.3 Momen Lentur

Konfigurasi 4 girder menghasilkan momen maksimum +2998,66 kNm dan minimum -7304,67 kNm. Pada 3 girder, nilai meningkat menjadi +4282,15 kNm dan minimum -10953,44 kNm. Peningkatan ini disebabkan oleh konsentrasi beban yang lebih besar pada tiap girder akibat pengurangan jumlah elemen utama. Dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Hasil Analisis 4 Girder dan 3 Girder Terhadap Momen Lentur

3.4 Momen Ultimit (μ) dengan Kapasitas Desain (ϕM_n)

Hasil perhitungan kapasitas nominal menunjukkan bahwa meskipun terjadi peningkatan momen pada tiga girder, nilai kapasitas desain (ϕM_n) tetap lebih besar daripada momen ultimit (μ). Evaluasi ulang dilakukan dengan memodifikasi jumlah strand pada tendon 1, tendon 2, dan tendon 3, masing-masing menjadi 22 strand. Dengan demikian, struktur dinyatakan tetap aman terhadap kapasitas lentur. Seperti tampak pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Analisis Perbandingan Antara Momen Ultimit yang Terjadi (μ) dengan Kapasitas Desain (ϕM_n) dengan Menambah Strand pada Tendon 3 Girder

Momen	Mn (kNm)	ϕ	ϕM_n (kNm)	μ (kNm)	Ratio ($\mu / \phi M_n$)	Konfigurasi Girder
Negatif	8494,76	0,9	7645,28	7304,67	0,8	4 girder
Positif	4026,22	0,9	3623,59	2998,66	0,9	
Negatif	12969,61	0,9	11672,65	10953,44	0,9	3 girder
Positif	13817,71	0,9	12435,94	4282,15	0,3	

3.5 Geser Ultimit (V_u) dengan Kapasitas Desain (ϕV_n)

Dari hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh konfigurasi girder, baik dengan 4 maupun 3 buah girder, memiliki kapasitas geser yang sangat aman, karena rasio $V_u/\phi V_n < 1,0$. Seperti tampak pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Analisis Perbandingan Antara Geser Ultimit yang Terjadi (V_u) dengan Kapasitas Desain (ϕV_n)

Geser	V_n (kN)	ϕ	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	Ratio ($V_u/\phi V_n$)	Konfigurasi Girder
Negatif	8640	0,75	7593,85	1180,79	0,2	4 girder
Positif	8640	0,75	7593,85	1180,75	0,2	
Negatif	13316,94	0,75	9987,71	1460,08	0,1	3 girder
Positif	13316,94	0,75	9987,71	1508,59	0,2	

3.6 Aksial Ultimit (P_u) dengan Kapasitas Desain (ϕP_n)

Berdasarkan hasil analisis, dapat menunjukkan bahwa kapasitas aksial desain seluruh konfigurasi girder (3 dan 4 girder) memiliki nilai yang jauh lebih besar dari beban kerja aksial yang terjadi. Dengan rasio $P_u/\phi P_n$ hanya berada pada kisaran 0,1 – 0,2, maka dapat dikatakan bahwa struktur direncanakan secara konservatif dan aman terhadap beban aksial. Hal ini tampak pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Analisis Perbandingan Antara Geser Ultimit yang Terjadi (P_u) dengan Kapasitas Desain (ϕP_n)

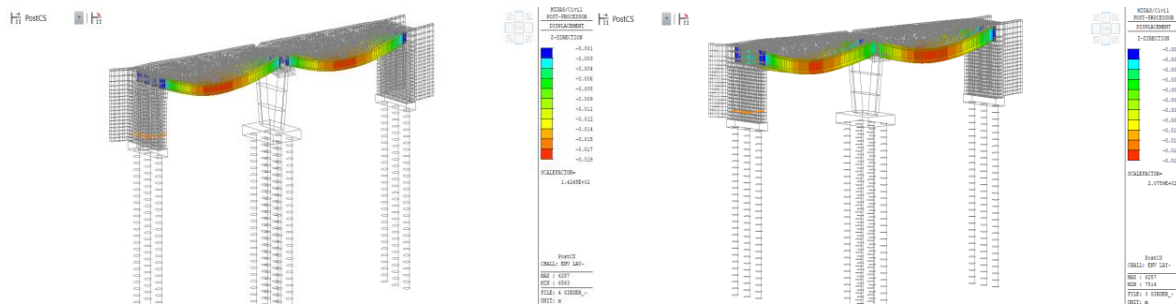
Aksial	P_n (kN)	ϕ	ϕP_n (kN)	P_u (kN)	Ratio ($P_u/\phi P_n$)	Konfigurasi Girder
Negatif	21459,9	0.75	16094,95	3781,02	0,2	4 girder
Positif	21459,9	0.75	16094,95	2050,57	0,1	
Negatif	25709.9	0.75	19282,45	4048,01	0,2	3 girder
Positif	25709.9	0.75	19282,45	2522,04	0,1	

3.7 Aksial – Lentur

Hasil perhitungan aksial-lentur menunjukkan bahwa baik konfigurasi 4 girder (positif: $0,9 < 1$; negatif: $1 < 1$) maupun 3 girder (positif: $0,4 < 1$; negatif: $1 < 1$) berada dalam batas aman, sehingga penampang dinyatakan mampu menahan kombinasi beban tekan dan lentur pada kondisi tersebut.

3.8 Kondisi Layan

Hasil evaluasi lendutan vertikal pada kondisi layan menunjukkan bahwa konfigurasi 4 girder memiliki lendutan maksimum 19 mm dan konfigurasi 3 girder sebesar 13 mm (**Gambar 5**), keduanya masih di bawah batas izin 32 mm ($L/800$), sehingga struktur dinyatakan layak secara layan tanpa mengalami deformasi berlebihan.



Gambar 5. Kondisi Layan 4 Girder dan 3 Girder

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pemodelan struktur jembatan overpass pada Jalan Desa di Tol Yogyakarta–Bawen STA 40+150, maka dapat disimpulkan modifikasi dimensi penampang dan jumlah girder pada Jembatan Overpass STA 40+150 menunjukkan bahwa pengurangan jumlah girder dari 4 menjadi 3, dengan peningkatan tinggi penampang, mampu menjaga rasio kekuatan tetap aman ($M_u/\phi M_n < 1$) setelah penyesuaian desain tendon. Meskipun gaya dalam meningkat akibat beban terdistribusi ke lebih sedikit girder, struktur tetap memenuhi kriteria kekuatan dan kondisi layan.

DAFTAR RUJUKAN

- Pemerintah Republik Indonesia. (2005). *Peraturan Pemerintah Nomor 15 Tahun 2005 tentang Jalan Tol*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2020). *Pedoman Perencanaan Geometrik Jalan Tol*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Sutami, H. (2019). *Perencanaan Infrastruktur Transportasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mulyono, A.T. (2016). *Teknik Jalan Raya*. Jakarta: Erlangga.
- Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT). (2023). *Informasi Proyek Jalan Tol Yogyakarta–Bawen*. Diakses dari <https://bpjt.pu.go.id>
- Maharani, A. S. A., & Alexander, H. B. (2022, Oktober 17). *Tersambung penuh 2024, begini jalur tol Yogyakarta–Bawen*. Kompas.com.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta : BSN