Journal Application Civil Engineering
Volume 1 Nomor 1 Juni 2026
e-ISSN: XXXX-XXX; p-ISSN: XXXX-XXX, Hal 01-09
Tersedia: https://jurnalnew.unimus.ac.id/index.php/JACE

Analisis Daya Dukung Struktur Bawah Pada Integrasi Jembatan Terpisah Ditinjau dari Alinyemen Jalan Nasional Semarang-Surakarta Kecamatan Bergas

Jho Ananda Bagus Firman Shah
Program Studi S1 Rekayasa Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Semarang, Indonesia
Email: firmanshah1919@gmail.com

**Penulis Korespondensi: firmanshah1919@gmail.com*

Abstract. *The Semarang–Surakarta National Road in Bergas District is a 4/2 divided national arterial road that currently uses two separate bridge structures. This study aims to evaluate the road geometric alignment and the safety of the substructure for a single-bridge configuration based on PDGJ 2021, Minister of Public Works and Housing Regulation No. 19 of 2023, and SNI 1725:2016. The analysis was conducted using manual calculations and AllPile 6.5 software. The results show that the existing horizontal alignment does not meet the minimum radius requirement of 230 m specified in PDGJ 2021, while the vertical curves do not meet the minimum safety values of 30 for sag curves and 26 for crest curves. The substructure analysis indicates that the soil bearing capacity, sliding stability, and overturning stability meet the safety requirements, with a safety factor (SF) ≥ 1.5. The AllPile 6.5 analysis also shows that the well foundation is capable of resisting the applied axial, lateral, and moment loads, with a foundation settlement of 1.11 cm, which is less than the allowable limit of 2 cm. Therefore, the substructure is considered safe to support a single bridge structure.*

Keywords: *Abutment; Bridge Substructure; Divided Road Configuration; PDGJ 2021; Well Foundation.*

Abstrak. Ruas Jalan Nasional Semarang–Surakarta di Kecamatan Bergas merupakan jalan arteri nasional tipe 4/2 T yang masih menggunakan dua struktur jembatan terpisah. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi geometrik jalan dan keamanan struktur bawah untuk konfigurasi satu struktur jembatan berdasarkan PDGJ 2021, Permen PUPR Nomor 19 Tahun 2023, SNI 1725:2016. Analisis dilakukan menggunakan perhitungan manual dan perangkat lunak AllPile 6.5. Hasil penelitian menunjukkan evaluasi alinyemen jalan dengan perangkat lunak Autodesk Civil 3D radius tikungan pada eksisting alinyemen horizontal tidak memenuhi ketentuan PDGJ 2021 minimal radius 230 m dan lengkung vertikal tidak memenuhi nilai minimum nilai keamanan sebesar 30 pada lengkung vertikal cekung dan 26 pada lengkung vertikal cembung. Analisis struktur bawah menunjukkan daya dukung tanah, stabilitas geser, dan stabilitas guling memenuhi persyaratan keamanan dengan nilai SF ≥ 1,5 . Hasil analisis AllPile 6.5 juga menunjukkan pondasi sumuran mampu menahan beban aksial, lateral, dan momen yang bekerja dengan penurunan pondasi sebesar 1,11 cm kurang dari batas izin 2 cm. Dengan demikian, struktur bawah dinyatakan aman untuk mendukung satu struktur jembatan.

Kata kunci: Abutmen; Konfigurasi Jalan; PDGJ 2021; Pondasi Sumuran; Struktur Bawah Jembatan.

1. LATAR BELAKANG

Transportasi jalan memiliki peran penting dalam mendukung mobilitas dan perekonomian. Ruas Jalan Nasional Semarang–Surakarta di Kecamatan Bergas merupakan jalan arteri 4 lajur 2 arah yang memiliki kondisi topografi bergelombang hingga berbukit, sehingga diperlukan perencanaan geometrik yang memenuhi standar keselamatan dan kenyamanan.

Pada kondisi eksisting, jembatan menggunakan dua struktur terpisah untuk masing-masing arah lalu lintas. Konfigurasi tersebut memiliki beberapa kendala, seperti ketidaksinambungan elevasi, keterbatasan ruang, serta kompleksitas pemeliharaan. Oleh karena itu, dilakukan alternatif penggabungan menjadi satu struktur jembatan dengan tetap mempertahankan konfigurasi jalan 4/2 T.

Naskah Masuk: 10 Mei 2026; Revisi: 17 Mei 2026; Diterima: 24 Mei 2026; Terbit: 01 Juni 2026;

Penggabungan struktur tersebut perlu dievaluasi dari aspek geometrik jalan dan keamanan struktur bawah. Perencanaan mengacu pada PDGJ 2021 [1], Permen PUPR Nomor 19 Tahun 2023 [3], serta SNI 1725:2016 [2]. Analisis struktur bawah meliputi daya dukung tanah, stabilitas geser, stabilitas guling, dan kemampuan pondasi sumuran menggunakan AllPile 6.5. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis terhadap integrasi dua jembatan menjadi satu struktur yang aman dan memenuhi ketentuan yang berlaku.

2. METODE PENELITIAN

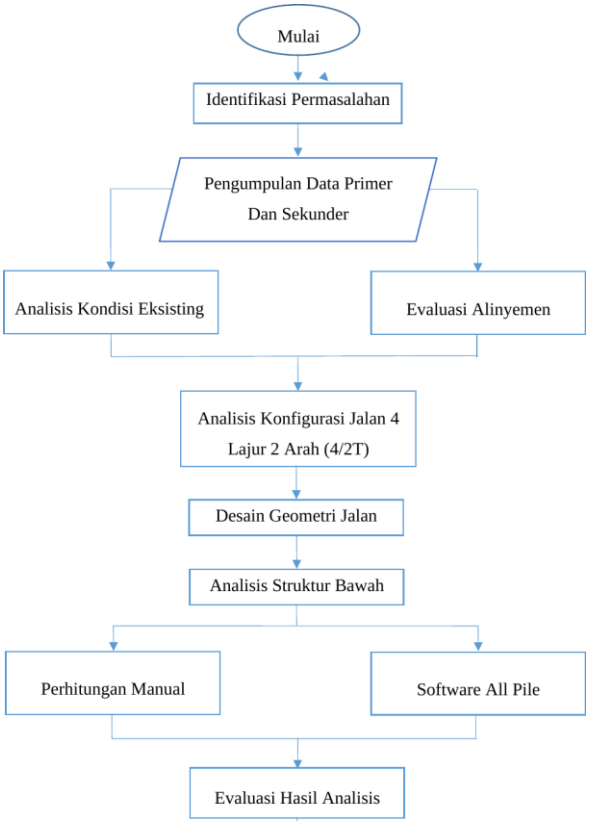
Bagian ini menguraikan teori-teori relevan yang mendasari topik penelitian dan memberikan ulasan tentang beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dan memberikan acuan serta landasan bagi penelitian ini dilakukan. Jika ada hipotesis, bisa dinyatakan tidak tersurat dan tidak harus dalam kalimat tanya.

Penelitian ini dilaksanakan pada ruas Jalan Nasional Semarang–Surakarta, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah, dengan objek penelitian berupa jembatan eksisting yang memiliki konfigurasi jalan 4 lajur 2 arah terbagi (4/2T). Pengumpulan data dilakukan melalui data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan berupa pengukuran geometrik jembatan dan lebar jalan, observasi konfigurasi jalan, serta data tanah dan penyelidikan geoteknik. Data sekunder meliputi gambar rencana, data teknis jembatan, serta standar dan peraturan yang relevan.

Analisis dilakukan secara deskriptif dan analitis melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah evaluasi kondisi geometrik jalan eksisting, meliputi alinyemen horizontal dan vertikal berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021. Selanjutnya dilakukan analisis konfigurasi jalan dengan mengevaluasi perubahan dua struktur jembatan terpisah menjadi satu struktur jembatan dengan konfigurasi 4 lajur 2 arah, terutama dari aspek kesesuaian lebar jalan.

Tahap berikutnya adalah analisis struktur bawah jembatan berdasarkan kombinasi pembebanan sesuai SNI 1725:2016, yang meliputi beban mati, beban hidup, tekanan tanah, beban lajur D, beban pedestrian, beban rem, temperatur, angin, dan gempa. Struktur bawah kemudian dievaluasi berdasarkan daya dukung pondasi, stabilitas geser, dan stabilitas guling. Hasil evaluasi geometrik jalan dan analisis struktur bawah selanjutnya dibandingkan dengan ketentuan yang berlaku untuk menentukan kelayakan usulan konfigurasi jalan 4 lajur 2 arah dan integrasi struktur jembatan menjadi satu struktur.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa usulan konfigurasi jalan 4 lajur 2 arah terbagi (4/2 T) dan integrasi dua jembatan terpisah menjadi satu struktur dapat direncanakan dengan mempertimbangkan kesesuaian geometrik jalan serta kemampuan struktur bawah jembatan. Evaluasi geometrik dilakukan terhadap alinyemen horizontal dan vertikal, sedangkan struktur bawah dievaluasi berdasarkan pembebanan yang meliputi beban mati, beban hidup, tekanan tanah, angin, temperatur, dan gempa. Hasil analisis struktur bawah kemudian menunjukkan kondisi daya dukung pondasi, stabilitas geser, dan stabilitas guling sebagai dasar dalam menentukan kelayakan konfigurasi jembatan yang diusulkan.

Evaluasi Alinyemen Horizontal

Evaluasi alinyemen horizontal dilakukan untuk mengetahui kesesuaian geometrik jalan eksisting dan rencana terhadap ketentuan PDGJ Tahun 2021. Evaluasi meliputi radius tikungan, dan superelevasi dengan mempertimbangkan kecepatan rencana. Hasil evaluasi digunakan untuk memastikan bahwa alinyemen horizontal jalan rencana memenuhi persyaratan geometrik serta mendukung keamanan dan kenyamanan pengguna jalan. Evaluasi alinyemen horizontal dapat dilihat pada Tabel 1.

Parameter	Eksisting 1	Eksisting 2	Ketentuan PDGJ 2021	Keterangan
Kecepatan rencana	80 km/jam	80 km/jam	JRY-Arteri Primer =50-90 Km/Jam	Memenuhi
Radius tikungan 1	400 m	229 m	Rmin Vr 80 Km/Jam = 230 m	Tidak Memenuhi
Radius tikungan 2	225 m	229 m	Rmin Vr 80 Km/Jam = 230 m	Tidak Memenuhi
Jenis tikungan 1&2	S-C-S	S-C-S	Sesuai ketentuan	Memenuhi
Superelevasi	8%	8%	Maksimum 8%	Memenuhi

Gambar 2. Evaluasi Alinyemen Horizontal

Sumber: Hasil Analisis 2026

Berdasarkan hasil evaluasi alinyemen horizontal, kondisi eksisting dibandingkan dengan ketentuan PDGJ 2021. Hasil analisis menunjukkan bahwa radius tikungan ada yang tidak memenuhi minimum sebesar 230 m pada kecepatan rencana 80 km/jam.

Evaluasi Alinyemen Vertikal

Evaluasi alinyemen vertikal dilakukan untuk mengetahui kesesuaian geometrik jalan eksisting dan rencana terhadap ketentuan Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) Tahun 2021. Evaluasi meliputi kemiringan memanjang (grade) dan lengkung vertikal, baik crest maupun sag, dengan mempertimbangkan kecepatan rencana dan panjang lengkung yang digunakan. Hasil evaluasi digunakan untuk memastikan bahwa alinyemen vertikal jalan rencana memenuhi persyaratan geometrik dan memberikan kenyamanan serta keselamatan bagi pengguna jalan.

Evaluasi Alinyemen Vertikal 1

Evaluasi setiap lengkung vertikal (LV) pada alinyemen vertikal kondisi eksisting 1 dilakukan pada setiap Point of Vertical Intersection (PVI) dengan membandingkan parameter geometrik hasil pemodelan Autodesk Civil 3D terhadap ketentuan PDGJ 2021. Parameter yang dievaluasi meliputi Grade In, Grade Out, perbedaan kelandaian (A), panjang lengkung vertikal (Lv), dan nilai K. Hasil evaluasi tersebut disajikan pada Tabel 2.

LV	STA PVI	Parameter	Ketentuan PDGJ 2021	Eksisting 1	Evaluasi
LV-1	0+200	Grade In (g_1)	Kelandaian max 8%	-2,45%	Memenuhi
		Grade Out (g_2)	Kelandaian max 8%	0,00%	Memenuhi
		A	-	2,45%	-
		Lv	-	4,75	-
		K	Nilai minimum 30	1,8	Tidak Memenuhi
		Jenis Lengkung	Crest/Sag	Sag	Sesuai
LV-2	0+250	Grade In (g_1)	Kelandaian max 8%	0%	Memenuhi
		Grade Out (g_2)	Kelandaian max 8%	4,44%	Memenuhi
		A	-	4,44%	-
		Lv	-	50,38	-
		K	Nilai minimum 30	11,34	Tidak Memenuhi
		Jenis Lengkung	Crest/Sag	Sag	Sesuai
LV-3	0+300	Grade In (g_1)	Kelandaian max 8%	4,44%	Memenuhi
		Grade Out (g_2)	Kelandaian max 8%	4,00%	Memenuhi
		A	-	0,44%	-
		Lv	-	4,28	-
		K	Nilai minimum 26	16,2	Tidak Memenuhi
		Jenis Lengkung	Crest/Sag	Sag	Sesuai

Gambar 3. Evaluasi Alinyemen Vertikal 1

Sumber: Hasil Analisis 2026

Evaluasi Alinyemen Vertikal 2

Evaluasi setiap lengkung vertikal (LV) pada alinyemen vertikal kondisi eksisting 2 ditinjau pada LV-1, LV-2, dan LV-3. Hasil evaluasi tersebut disajikan pada Tabel 3.

LV	STA PVI	Parameter	Ketentuan PDGJ 2021	Eksisting 2	Evaluasi
LV-1	0+250	Grade In (g_1)	Kelandaian max 8%	-4,08%	Memenuhi
		Grade Out (g_2)	Kelandaian max 8%	0,00%	Memenuhi
		A	-	4,08%	-
		Lv	-	35,14	-
		K	Nilai minimum 30	8,6	Tidak Memenuhi
		Jenis Lengkung	Crest/Sag	Sag	Sesuai
LV-2	0+300	Grade In (g_1)	Kelandaian max 8%	0%	Memenuhi
		Grade Out (g_2)	Kelandaian max 8%	2,07%	Memenuhi
		A	-	2,07%	-
		Lv	-	12,9	-
		K	Nilai minimum 30	6,21	Tidak Memenuhi
		Jenis Lengkung	Crest/Sag	Sag	Sesuai
LV-3	0+350	Grade In (g_1)	Kelandaian max 8%	2,07%	Memenuhi
		Grade Out (g_2)	Kelandaian max 8%	2,00%	Memenuhi
		A	-	0,70%	-
		Lv	-	82,7	-
		K	Nilai minimum 30	1103,9	Memenuhi
		Jenis Lengkung	Crest/Sag	Crest	Sesuai

Gambar 4. Evaluasi Alinyemen Vertikal 2

Sumber: Hasil Analisis 2026

Berdasarkan hasil evaluasi nilai minimum lengkung vertikal (K) pada STA PVI 0+250 dan 0+300 belum memenuhi persyaratan PDGJ 2021.

Usulan Rencana Jalan

Usulan rencana jalan disusun dengan mempertahankan konfigurasi jalan eksisting 4 lajur 2 arah terbagi (4/2T) pada dua jembatan terpisah menjadi satu struktur jembatan dengan mempertimbangkan kesesuaian geometrik jalan, lebar lajur, bahu jalan, dan median berdasarkan ketentuan Permen PUPR No. 5 Tahun 2023. Usulan rencana jalan dapat dilihat pada Tabel 4.

URAIAN			KRITERIA	USULAN RENCANA
SPESIFIKASI PENYEDIAAN PRASARANA JALAN			JALAN NASIONAL	JALAN NASIONAL
Kelas Jalan			KELAS I	KELAS I
LHRT (smp/hr)			> 2.400	> 2.400
Medan (Datar, Bukit, Gunung)			Bukit	Bukit
Tipe Jalan			4/2 T	4/2 T
Kecepata Rencana Vr (km/jam) > 60 Km/Jam			50 - 90	80
POTONGAN MELINTANG	RUMAJA, paling kecil	Lebar, m	16,00	21,00
		Tinggi, m	5.10	5.10
		Dalam, m	0,5	0,5
	RUMIJA paling kecil, m	Jalan Existing	16,00	16,00
		Jalan Baru	25,00	25,00
	RUWASJA lebar paling kecil, m		15,00	15,00
	JEMBATAN		100	100
Badan Jalan lebar paling kecil, m			14-18	19,00
Lebar Jalur Lalu Lintas Vr > 60 km/jam			2 X (2 X 3.50)	2 X (2 X 3.50)
Bahu Jalan lebar paling kecil, m			Bahu Luar 1,00 M, Bahu Dalam 0,50 M	Bahu Luar 2,00 M, Bahu Dalam 0,25 M
Lebar Median m			1	0,6
Lebar Trotoar bila diperlukan, m			0,5	1
Kemiringa Normal Perkerasan Jalan, %			2	2
Kemiringa Normal Bahu Jalan, %			4-6	4
Superelevasi, paling besar, %			8	8
Kekesatan Melintang Jalan, paling tinggi			0.14	0.14
Kekesatan Memanjang Jalan, paling tinggi			0.33	0.33
Radius Tikungan, paling kecil, m			230	230
Kelandaian Paling Besar, %			10	8

Gambar 5. Usulan Rencana Jalan

Sumber: Hasil Analisis 2026

Tabel di atas membandingkan kriteria jalan nasional dengan usulan rencana jalan 4/2T. Secara umum, usulan rencana menggunakan kecepatan rencana 80 km/jam, lebar jalan 21 m, lebar lajur 3,50 m, bahu luar 2,00 m, dan superelevasi maksimum 8%.

Trase Jalan Rencana

Trase jalan rencana hasil pemodelan menggunakan Autodesk Civil 3D dirancang sebagai jalan 4 lajur 2 arah terbagi (4/2T) dengan satu struktur jembatan yang menggantikan dua struktur jembatan eksisting. Perencanaan trase disesuaikan dengan kondisi topografi dan geometri jalan di lokasi penelitian. Trase jalan rencana tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 6. Trase jalan rencana

Analisis Struktur Bawah

Dimensi struktur bawah direncanakan berdasarkan hasil analisis pembebanan dan kebutuhan struktur untuk mendukung satu struktur jembatan berdasarkan SNI 1725:2016. Struktur bawah meliputi abutment dan pondasi sumuran, dengan dimensi yang disesuaikan terhadap beban yang bekerja serta kondisi tanah di lokasi penelitian. Dimensi dan konfigurasi struktur bawah hasil perencanaan dapat dilihat pada Tabel 5.

Struktur Bawah		Dimensi	Satuan
Abutmen	Lebar	5	m
	Tinggi	6,7	m
	Panjang	25	m
	Mutu Beton	fc' 25	MPa
Pondasi Sumuran	Diameter	3	m
	Jumlah	5	buah
	Jarak sumuran	5	m
	Panjang	4	m
	Mutu Beton	fc' 25	MPa
	Tebal Dinding	0,3	m

Gambar 7. Dimensi Struktur Bawah

Sumber: Hasil Analisis 2026

Berdasarkan hasil analisis sesuai dimensi pada tabel, struktur bawah dinyatakan layak, karena memenuhi persyaratan kapasitas daya dukung tanah, stabilitas terhadap geser, dan stabilitas terhadap guling dengan ketentuan SF ≥ 1,50. Dengan demikian, dimensi yang direncanakan mampu mendukung beban yang bekerja pada satu struktur jembatan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi geometrik jalan, perencanaan konfigurasi jalan, dan analisis struktur bawah pada ruas Jalan Nasional Semarang–Surakarta di Kecamatan Bergas, dapat disimpulkan bahwa hasil evaluasi alinyemen horizontal dan vertikal eksisting menggunakan Autodesk Civil 3D menunjukkan bahwa kondisi geometrik jalan belum memenuhi ketentuan PDGJ 2021. Radius tikungan horizontal sebesar 225 m masih lebih kecil dari radius minimum 230 m, sedangkan beberapa lengkung vertikal memiliki nilai K di bawah nilai minimum 30 untuk kecepatan rencana 80 km/jam. Berdasarkan hasil tersebut, direncanakan konfigurasi jalan 4 lajur 2 arah terbagi (4/2T) dengan kecepatan rencana 80 km/jam, lebar lajur 3,50 m, radius tikungan minimum 230 m, superelevasi 8%, dan kelandaian maksimum 8% sesuai ketentuan geometrik dan Peraturan Menteri PUPR Tahun 2023. Perencanaan ini digunakan sebagai dasar integrasi dua struktur jembatan terpisah menjadi satu struktur jembatan.

Hasil analisis struktur bawah menunjukkan bahwa abutment pada kombinasi pembebanan Ekstrem I belum memenuhi persyaratan stabilitas guling dan geser karena nilai faktor keamanan (SF) kurang dari 1,50. Setelah didukung oleh lima pondasi sumuran berdiameter 3,00 m dan kedalaman 4,00 m, seluruh kombinasi pembebanan memenuhi persyaratan stabilitas guling, geser, dan tegangan tanah dengan SF $\geq$ 1,50. Hasil analisis menggunakan AllPile juga menunjukkan penurunan sebesar 1,11 cm, lebih kecil dari batas izin 2,00 cm. Dengan demikian, penggunaan pondasi sumuran dinyatakan layak secara teknis untuk mendukung integrasi dua struktur jembatan menjadi satu struktur jembatan, serta mampu menahan beban struktur atas secara aman sesuai ketentuan perencanaan yang berlaku.

Saran

Integrasi dua jembatan menjadi satu struktur disarankan dilaksanakan setelah geometri jalan rencana disesuaikan sehingga radius tikungan dan nilai K lengkung vertikal memenuhi ketentuan PDGJ 2021. Pada tahap desain teknis, konfigurasi lima pondasi sumuran berdiameter 3,00 m dan kedalaman 4,00 m perlu diverifikasi kembali terhadap data geoteknik lapangan dan kombinasi pembebanan rencana sebelum pelaksanaan konstruksi.

DAFTAR REFERENSI

Surat Edaran Nomor 20, “Pedoman Desain Geometri Jalan,” 2021.

Badan Standardisasi Nasional, “Pembebanan untuk Jembatan,” BSN, 2016.

Peraturan Menteri PUPR, “Persyaratan Teknis Jalan dan Perencanaan Teknis Jalan,” 2023.