21 (1) (2026) 104-114

Teknika

http://journals.usm.ac.id/index.php/teknika

JURNAL ILMIAH
UNIVERSITAS SEMARANG

ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR JEMBATAN BENTANG TUNGGAL DENGAN SISTEM GIRDER PRATEGANG: STUDI KASUS JEMBATAN NGLESES KABUPATEN BOYOLALI

Suudi Al Mukarom[1] ✉, Retno Sri Waryani[2], Adolf situmorang[3]

[1,2]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Semarang, Indonesia
[3]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Semarang, Indonesia

DOI: https://doi.org/10.26623/teknika.v21i1.13541

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Disubmit 30 Desember 2025
Direvisi : 14 Februai 2026
Disetujui 17 Februari 2026

Keywords:
Bridge design; structural analysis; prestressed girder; hydraulic analysis; geometric design

–

Abstrak

Pembangunan infrastruktur jembatan merupakan komponen penting dalam mendukung konektivitas dan pertumbuhan ekonomi wilayah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan merancang struktur jembatan bentang tunggal dengan sistem girder prategang di lokasi Jembatan Ngleses, Kecamatan Juwangi, Kabupaten Boyolali. Metodologi yang digunakan meliputi survei topografi dan geoteknik, analisis hidrologi untuk menentukan debit banjir rencana, perencanaan geometrik jembatan, perhitungan struktur menggunakan standar SNI, dan perencanaan bangunan pelengkap. Hasil analisis hidrologi menunjukkan debit banjir rencana periode ulang 50 tahun sebesar 129,8 m^3/s, dengan tinggi muka air banjir yang menjadi dasar penentuan elevasi jembatan. Perencanaan geometrik menghasilkan bentang jembatan 30 meter dengan lebar total 7,0 meter yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan dan volume lalu lintas. Analisis struktur meliputi perhitungan pelat lantai, balok girder prategang, abutment, dan fondasi tiang pancang dengan mempertimbangkan beban mati, beban hidup, dan beban lingkungan sesuai pembebanan standar. Hasil perencanaan menunjukkan struktur jembatan mampu menahan beban rencana dengan momen maksimum 1850 kNm dan gaya geser 685 kN, dengan faktor keamanan yang memadai. Kontribusi penelitian ini adalah menyediakan metodologi analisis dan desain struktur jembatan yang komprehensif serta memberikan referensi untuk proyek jembatan sejenis di Indonesia.

Abstract

Bridge infrastructure development plays a vital role in enhancing regional connectivity and supporting economic growth. This study aims to analyze and design a single-span bridge structure employing a prestressed girder system at the Ngleses Bridge site, located in Juwangi District, Boyolali Regency, Indonesia. The research methodology comprises topographic and geotechnical surveys, hydrological analysis to determine the design flood discharge, geometric bridge design, structural analysis in accordance with the Indonesian National Standards (SNI), and the design of supporting structures. The hydrological analysis indicates that the 50-year return period flood discharge is 129.8 m^3/s, and the corresponding flood water level is used as the basis for establishing the bridge elevation. The geometric design results in a 30 m bridge span with a total width of 7.0 m, adjusted to the road classification and traffic demand. Structural analysis covers the bridge deck slab, prestressed girders, abutments, and pile foundations by considering dead loads, live loads, and environmental loads in accordance with standard loading provisions. The results demonstrate that the proposed bridge structure can safely resist the design loads, with a maximum bending moment of 1850 kNm and a maximum shear force of 685 kN, while maintaining an adequate safety margin. This study provides a comprehensive framework for bridge structural analysis and design and serves as a useful reference for similar bridge development projects in Indonesia.

✉ **Alamat Korespondensi:**
E-mail: suudialmukarom@unimus.ac.id

p-ISSN 1410-4202
e-ISSN 2580-8478

PENDAHULUAN

Infrastruktur jembatan memiliki peran strategis dalam sistem transportasi nasional, khususnya dalam menghubungkan wilayah-wilayah yang terpisah oleh sungai atau lembah. Kabupaten Boyolali, sebagai salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Tengah, memiliki topografi yang berbukit dengan beberapa aliran sungai yang memerlukan infrastruktur jembatan untuk mendukung mobilitas masyarakat dan distribusi hasil pertanian.

Jembatan Ngleses yang berlokasi di Kecamatan Juwangi, Kabupaten Boyolali, merupakan penghubung penting antara desa-desa di wilayah tersebut. Kondisi jembatan eksisting yang sudah tidak memadai baik dari segi kapasitas struktural maupun dimensi geometrik menuntut adanya perencanaan pembangunan jembatan baru yang memenuhi standar keselamatan dan kenyamanan.

Perencanaan dan analisis struktur jembatan telah banyak dikaji menggunakan berbagai pendekatan dan metodologi. Situmorang et al. (2020) melakukan studi tentang perilaku defleksi pelat perkerasan dengan fondasi tiang pada tanah lunak, yang memberikan wawasan tentang interaksi antara struktur atas dan struktur bawah jembatan pada kondisi tanah yang tidak stabil. Dalam bidang geoteknik dan pondasi, Bowles (1977) menyajikan metodologi komprehensif untuk analisis dan desain pondasi yang menjadi rujukan standar dalam perencanaan pondasi jembatan. Analisis fondasi jembatan dengan analisis menggunakan program Plaxis mendapatkan hasil yang maksimal, Su'udi Al Mukarom (2023).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, perencanaan pembangunan Jembatan Ngleses di Kecamatan Juwangi, Kabupaten Boyolali, difokuskan pada beberapa permasalahan utama, yaitu bagaimana menentukan karakteristik hidrologi dan hidraulika sungai untuk memperoleh debit banjir rencana serta elevasi jembatan yang aman, bagaimana merencanakan geometrik jembatan yang sesuai dengan klasifikasi jalan dan kebutuhan lalu lintas, serta bagaimana melakukan analisis dan desain struktur jembatan bentang tunggal dengan sistem girder prategang yang memenuhi ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI). Selain itu, diperlukan pula perencanaan struktur bawah berupa abutment dan fondasi yang mampu mendukung beban struktur atas secara aman dan stabil sesuai kondisi tanah setempat.

Sejalan dengan rumusan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan perencanaan teknis Jembatan Ngleses yang komprehensif melalui analisis hidrologi dan hidraulika guna menentukan elevasi yang aman, perencanaan geometrik yang memenuhi standar jalan, perancangan struktur atas dengan sistem girder prategang sesuai SNI, serta perencanaan struktur bawah yang memadai agar tercapai jembatan yang kuat, aman, dan berkelanjutan dalam mendukung mobilitas masyarakat.

Rumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, perencanaan pembangunan Jembatan Ngleses di Kecamatan Juwangi, Kabupaten Boyolali, difokuskan pada beberapa permasalahan utama, yaitu bagaimana menentukan karakteristik hidrologi dan hidraulika sungai untuk memperoleh debit banjir rencana serta elevasi jembatan yang aman, bagaimana merencanakan geometrik jembatan yang sesuai dengan klasifikasi jalan dan kebutuhan lalu lintas, serta bagaimana melakukan analisis dan desain struktur jembatan bentang tunggal dengan sistem girder prategang yang memenuhi ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI). Selain itu, diperlukan pula perencanaan struktur bawah berupa abutment

dan fondasi yang mampu mendukung beban struktur atas secara aman dan stabil sesuai kondisi tanah setempat.

Sejalan dengan rumusan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan perencanaan teknis Jembatan Ngleses yang komprehensif melalui analisis hidrologi dan hidraulika guna menentukan elevasi yang aman, perencanaan geometrik yang memenuhi standar jalan, perancangan struktur atas dengan sistem girder prategang sesuai SNI, serta perencanaan struktur bawah yang memadai agar tercapai jembatan yang kuat, aman, dan berkelanjutan dalam mendukung mobilitas masyarakat.

METODE

Metode penelitian ini dilaksanakan pada lokasi rencana pembangunan Jembatan Ngleses yang berada di Kecamatan Juwangi, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah, dengan kondisi sungai yang memiliki lebar alur sekitar 25 meter sehingga memerlukan pendekatan perencanaan yang komprehensif dan terintegrasi. Pelaksanaan penelitian dilakukan secara sistematis melalui tahapan survei, analisis, dan perencanaan teknis. Tahap awal berupa survei dan investigasi lapangan yang meliputi survei topografi untuk memperoleh data situasi, elevasi, serta profil memanjang sungai menggunakan metode terestrial dengan alat total station berketelitian tinggi guna menjamin akurasi data geometrik. Investigasi geoteknik dilakukan melalui pengujian Standard Penetration Test (SPT) untuk mengidentifikasi karakteristik lapisan tanah, parameter kuat geser tanah, daya dukung tanah, serta kedalaman lapisan tanah keras. Pengeboran dilakukan pada titik rencana abutment hingga kedalaman ±20 meter sehingga diperoleh data tanah yang representatif sebagai dasar perencanaan fondasi. Selain itu, survei hidrologi dilaksanakan melalui pengumpulan data curah hujan dari stasiun klimatologi terdekat yang selanjutnya digunakan untuk analisis frekuensi hujan dan penentuan debit banjir rencana.

Analisis hidrologi dilakukan untuk memperoleh debit banjir rencana dengan periode ulang 50 tahun sesuai klasifikasi jembatan. Analisis frekuensi curah hujan menggunakan distribusi Log Pearson tipe III dan Gumbel, dilanjutkan dengan perhitungan intensitas hujan menggunakan metode Mononobe serta estimasi debit banjir rencana menggunakan metode rasional. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam penentuan parameter hidraulika sungai. Analisis hidraulika dilakukan untuk menentukan tinggi muka air banjir, kecepatan aliran, kedalaman aliran, serta potensi gerusan (scour) pada fondasi. Perhitungan debit aliran menggunakan persamaan Manning, yaitu :

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

dengan : Q = debit aliran,
n = koefisien kekasaran Manning,
A = luas penampang basah,
R = jari-jari hidrolis,
S = kemiringan dasar sungai.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, ditetapkan elevasi minimum lantai jembatan dengan mempertimbangkan tinggi jagaan (freeboard) guna menjamin keamanan terhadap banjir rencana.

Perencanaan geometrik jembatan dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomis dalam penentuan panjang bentang berdasarkan lebar sungai, serta penentuan lebar jembatan sesuai klasifikasi jalan dan volume lalu lintas. Perencanaan juga mencakup penetapan alinyemen horizontal dan vertikal, kemiringan melintang (cross slope) untuk mendukung sistem drainase, serta penyediaan trotoar dan fasilitas pejalan kaki demi memenuhi aspek keselamatan dan kenyamanan pengguna. Analisis dan perancangan struktur dilakukan dengan mengacu pada ketentuan pembebanan yang berlaku secara nasional, khususnya SNI 1725:2016 mengenai pembebanan jembatan dan SNI 2833:2016 terkait perencanaan jembatan terhadap beban gempa. Beban yang diperhitungkan meliputi beban mati, beban mati tambahan, beban lalu lintas (beban D), beban pejalan kaki, beban angin, serta beban gempa. Struktur atas direncanakan terdiri atas pelat lantai kendaraan, balok girder prategang dengan sistem post-tension, serta diafragma dan ikatan angin sebagai elemen pengaku. Struktur bawah meliputi abutment tipe gravitasi, wingwall sebagai struktur penahan tanah timbunan, serta pondasi tiang pancang yang dirancang berdasarkan hasil investigasi geoteknik.

Perencanaan turut mencakup struktur pelengkap berupa sistem drainase jembatan, railing dan parapet pengaman, perkerasan jalan pendekat (approach), serta sistem penerangan apabila diperlukan. Seluruh proses perancangan juga mengacu pada SNI 2847:2019 mengenai persyaratan beton struktural dan SNI 03-1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa, serta pedoman teknis yang diterbitkan oleh Kementerian PUPR. Data hasil survei dan investigasi dianalisis menggunakan perangkat lunak analisis struktur untuk memperoleh gaya dalam dan lendutan, yang selanjutnya diverifikasi melalui perhitungan manual. Analisis statistik diterapkan pada data hidrologi, sedangkan analisis geoteknik dan daya dukung fondasi dilakukan menggunakan pendekatan numerik. Secara ringkas, metode penelitian ini mengintegrasikan tahapan survei lapangan, analisis hidrologi dan hidraulika, perencanaan geometrik, serta analisis dan desain struktur berdasarkan pendekatan Load and Resistance Factor Design (LRFD) guna menghasilkan perencanaan jembatan yang memenuhi aspek keselamatan, keandalan, dan kesesuaian terhadap standar teknis yang berlaku.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil survei topografi menunjukkan karakteristik lokasi sebagai berikut: - Lebar sungai pada lokasi rencana jembatan: 25 meter - Elevasi dasar sungai: +125.00 m - Elevasi tebing kiri: +128.50 m - Elevasi tebing kanan: +128.30 m - Kemiringan tebing: relatif curam dengan sudut 30-45 derajat. Profil memanjang sungai menunjukkan kemiringan dasar sungai (slope) sekitar 0.002 yang termasuk kategori sungai dengan aliran relatif tenang. Kondisi ini menguntungkan dari aspek hidraulika karena mengurangi potensi gerusan pada fondasi.

Sementara, hasil penyelidikan tanah dengan metode SPT menunjukkan profil tanah sebagai berikut: Lapisan 1 (0-4 meter) merupakan tanah lempung lunak dengan nilai N-SPT = 3-6, konsistensi lunak, berwarna cokelat kehitaman. Lapisan ini merupakan tanah timbunan dan lapisan organik yang tidak cocok untuk pendukung fondasi. Lapisan 2 (4-12 meter) merupakan tanah lempung kelanauan dengan nilai N-SPT = 8-15, konsistensi sedang, berwarna abu-abu. Lapisan ini memiliki daya dukung sedang, namun masih berpotensi mengalami settlement. Lapisan 3 (>12 meter): Tanah lempung padat hingga pasir kelanauan dengan nilai N-SPT = 25-40, konsistensi keras, berwarna abu-abu kecoklatan. Lapisan ini merupakan lapisan keras yang cocok sebagai tanah pendukung fondasi. Dari hasil penyelidikan tanah di atas, direkomendasikan penggunaan fondasi tiang pancang dengan kedalaman minimum 14 meter untuk mencapai lapisan tanah keras.

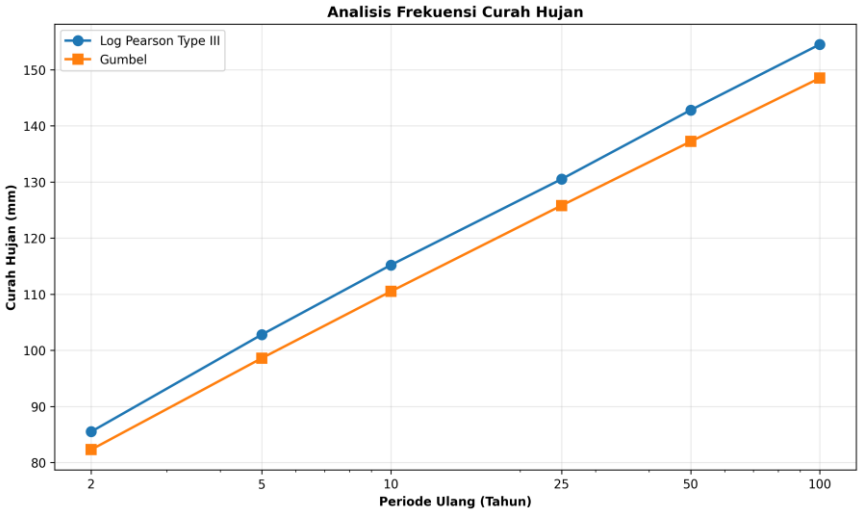
Perencanaan Hidrologi dan Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi dari data curah hujan maksimum tahunan dari stasiun terdekat dianalisis menggunakan metode distribusi Log Pearson Type III dan Gumbel. Hasil analisis frekuensi hujan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Frekuensi Curah Hujan

Periode Ulang (Tahun)	Log Pearson III (mm)	Gumbel (mm)	Nilai Desain (mm)
2	85.6	82.3	85.6
5	103.2	98.7	103.2
10	115.4	110.8	115.4
25	130.5	126.2	130.5
50	142.8	137.5	142.8
100	154.3	148.7	154.3

Metode Log Pearson Type III dipilih sebagai metode desain karena memberikan hasil yang lebih konservatif dan sesuai dengan karakteristik distribusi data curah hujan di wilayah Jawa Tengah.



Grafik Analisis Frekuensi Curah Hujan

Gambar 1. Grafik Analisis Frekuensi Curah Hujan

Perhitungan debit banjir rencana dilakukan dengan menggunakan metode Rasional melalui persamaan : $Q = 0{,}278 \times C \times I \times A$,

dimana : Q = debit banjir (m^3/s)

C = koefisien limpasan (0.55 untuk daerah aliran sungai dengan vegetasi sedang)

I = intensitas hujan (mm/jam)

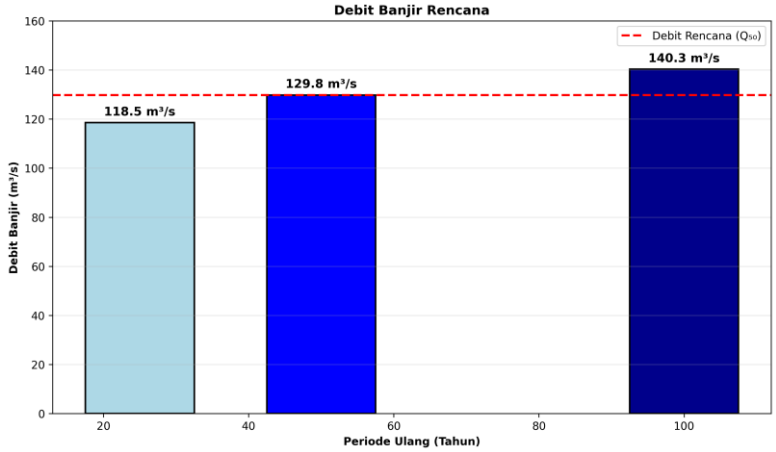
A= luas daerah aliran sungai (km^2)

Hasil perhitungan debit banjir untuk berbagai periode ulang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

Periode Ulang (Tahun)	Curah Hujan (mm)	Intensitas (mm/jam)	Debit Banjir (m^3/s)
25	130.5	65.2	118.5
50	142.8	71.4	129.8
100	154.3	77.2	140.3

Untuk perencanaan jembatan dengan klasifikasi jalan kolektor, digunakan debit banjir dengan periode ulang 50 tahun, yaitu $\mathbf{Q_{50} = 129.8\ m^3/s}$.



Grafik Debit Banjir Rencana

Gambar 2. Grafik Debit Banjir Rencana untuk Berbagai Periode Ulang

Analisis hidraulika dilakukan dengan menggunakan persamaan Manning berdasarkan data geometri sungai eksisting. Hasil analisis menunjukkan bahwa tinggi muka air banjir (HWL) mencapai elevasi +127,25 m, dengan kecepatan aliran sebesar 2,8 m/s dan kedalaman aliran 2,25 m. Nilai bilangan Froude sebesar 0,59 mengindikasikan bahwa kondisi aliran termasuk dalam kategori subkritis, sehingga aliran masih dikendalikan oleh kondisi hilir. Dengan mempertimbangkan kebutuhan freeboard minimum sebesar 1,5 m di atas muka air banjir, elevasi lantai jembatan direncanakan pada +129,00 m guna menjamin keamanan struktur terhadap limpasan banjir.

Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometrik jembatan didasarkan pada pertimbangan lebar sungai, kondisi tanah dasar, serta aspek efisiensi biaya konstruksi. Jembatan direncanakan sebagai bentang tunggal sepanjang 30,0 m dengan lebar total 7,0 m yang terdiri atas dua lajur lalu lintas masing-masing selebar 2,75 m serta dua trotoar di sisi kiri dan kanan masing-masing selebar 0,75 m. Tebal pelat lantai

ditetapkan sebesar 0,25 m dengan tinggi girder 1,50 m dan jumlah girder sebanyak empat buah. Pemilihan bentang tunggal sepanjang 30 m memberikan ruang bebas yang cukup bagi aliran banjir sekaligus meminimalkan kebutuhan pilar di tengah sungai, sehingga potensi hambatan aliran dan risiko gerusan dapat dikurangi secara signifikan. Alinyemen jembatan direncanakan lurus tanpa lengkung horizontal untuk meningkatkan keselamatan dan kemudahan pelaksanaan konstruksi, dengan kemiringan memanjang nol persen, kemiringan melintang sebesar 2% untuk kebutuhan drainase permukaan, serta tanpa kebutuhan superelevasi.

Perencanaan Struktur Jembatan

Perencanaan struktur mengacu pada ketentuan SNI 1725:2016 dengan mempertimbangkan kombinasi beban mati, beban hidup, dan beban lingkungan. Beban mati meliputi berat sendiri pelat lantai, girder, lapis aspal, serta railing dan utilitas, sedangkan beban hidup terdiri atas beban lalu lintas tipe D dan beban trotoar. Beban lingkungan yang diperhitungkan mencakup beban angin dan beban gempa berdasarkan analisis respons spektrum sesuai koefisien wilayah setempat. Pelat lantai kendaraan direncanakan dengan tebal 25 cm menggunakan beton mutu fc' 30 MPa dan tulangan baja mutu fy 400 MPa. Analisis pelat satu arah menunjukkan bahwa momen ultimit dan rasio tulangan yang direncanakan telah memenuhi batas minimum dan maksimum yang dipersyaratkan, sehingga aman terhadap kondisi ultimit.

Struktur atas menggunakan sistem balok girder prategang dengan metode post-tension sebanyak empat buah. Dimensi girder dirancang dengan tinggi 1.500 mm, lebar badan 300 mm, serta lebar sayap atas dan bawah masing-masing 800 mm dan 600 mm, menggunakan beton mutu 40 MPa. Hasil analisis menunjukkan bahwa momen maksimum terjadi di tengah bentang, sedangkan gaya geser maksimum terjadi di tumpuan, dan nilai lendutan maksimum yang diperoleh masih lebih kecil dari batas izin L/800, sehingga memenuhi kriteria kekakuan struktur. Sistem prategang menggunakan tendon strand tujuh kawat dengan jumlah dua belas strand per girder, gaya prategang awal 1.860 MPa, dan gaya efektif setelah kehilangan prategang sebesar 1.395 MPa dengan eksentrisitas yang bervariasi sepanjang bentang untuk mengoptimalkan distribusi tegangan.

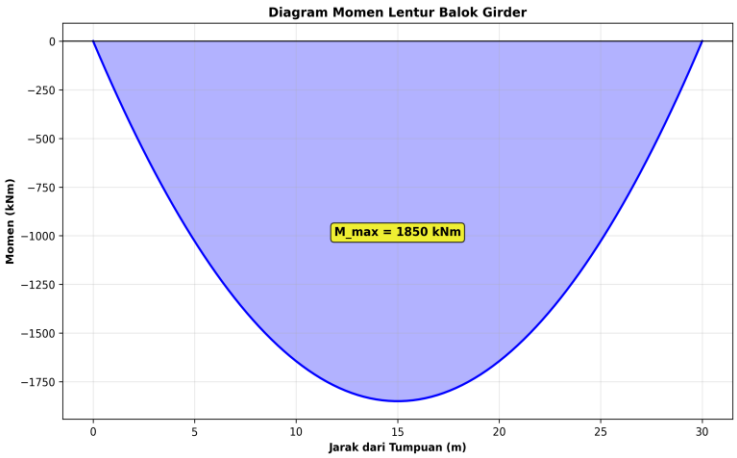


Diagram Momen Girder

Gambar 3. Diagram Momen Lentur Balok Girder

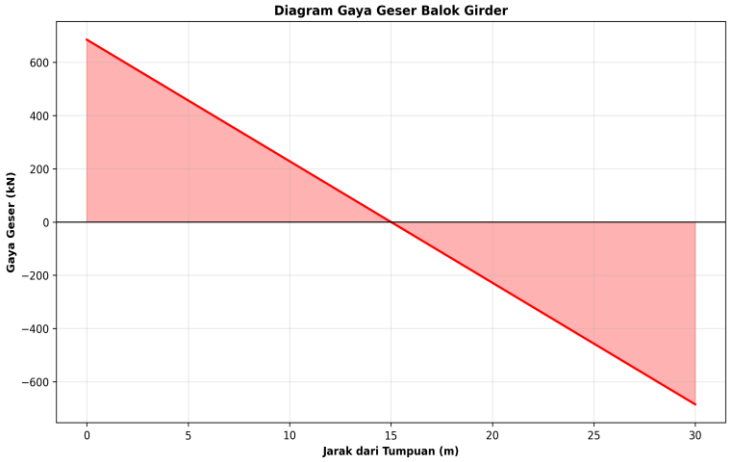
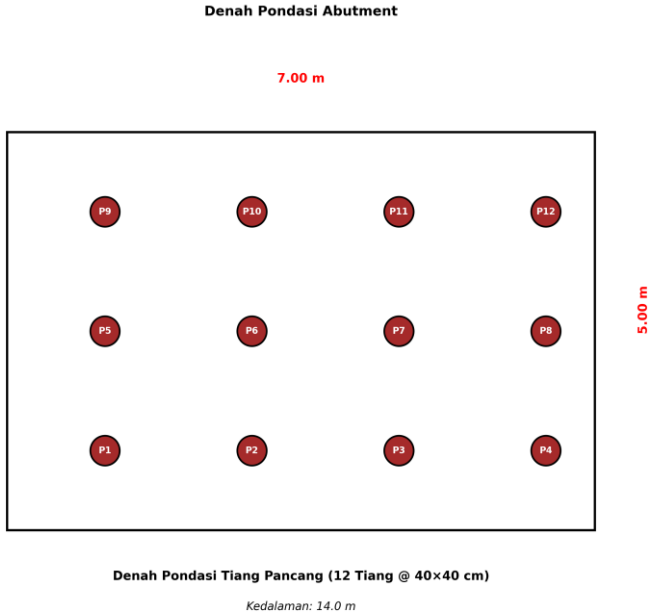


Diagram Geser Girder

Gambar 4. Diagram Gaya Geser Balok Girder

Struktur bawah direncanakan berupa abutment tipe gravitasi dari beton bertulang mutu 25 MPa dengan dimensi yang memadai untuk menjamin stabilitas terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor keamanan terhadap guling dan geser telah melampaui nilai minimum yang dipersyaratkan, sedangkan tegangan tanah maksimum masih berada di bawah daya dukung izin. Wingwall dirancang sepanjang 6,0 m dengan sistem kantilever untuk menahan tekanan tanah timbunan jalan pendekat. Pondasi menggunakan tiang pancang beton pracetak berukuran 40 cm × 40 cm dengan kedalaman 14 m dan jumlah 12 tiang per abutment dalam konfigurasi tiga baris dan empat kolom. Daya dukung tiang dihitung menggunakan metode Meyerhof dengan mempertimbangkan tahanan ujung dan gesekan selimut, sedangkan efisiensi kelompok tiang dihitung menggunakan rumus Converse-Labarre. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa daya dukung kelompok tiang lebih besar dibandingkan dengan beban total yang bekerja, sehingga sistem pondasi dinyatakan aman.



Denah Pondasi

Gambar 5. Denah Pondasi Abutment

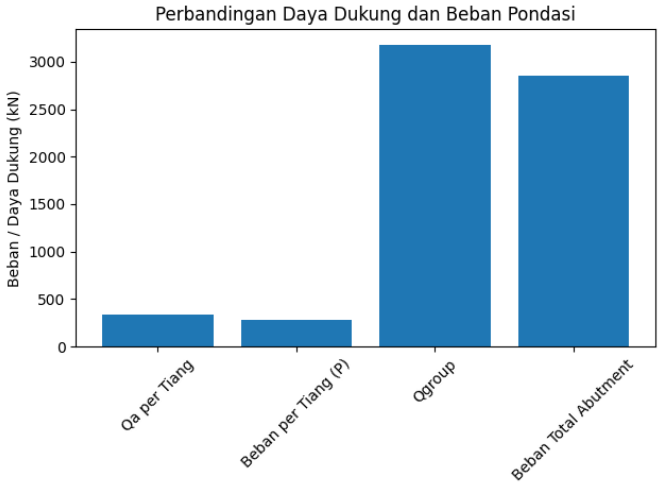


Diagram Daya Dukung

Gambar 6. Perbandingan Kapasitas Dukung Tiang Tungan dan Kelompok

Perhitungan daya dukung tiang dengan metode Meyerhof menghasilkan daya dukung ultimate (Qu) sebesar 850 kN per tiang dan daya dukung izin (Qa) sebesar 340 kN setelah menggunakan faktor keamanan 2,5. Beban maksimum per tiang sebesar 285 kN lebih kecil dari Qa sehingga aman. Efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus Converse-Labarre diperoleh sebesar 0,78, sehingga daya dukung kelompok untuk 12 tiang adalah 3182 kN. Beban total pada fondasi abutment sebesar 2850 kN masih lebih kecil dari daya dukung kelompok, sehingga fondasi secara keseluruhan dinyatakan aman.

Perencanaan Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap meliputi sistem drainase dengan kemiringan melintang 2%, saluran tepi selebar 30 cm, serta pipa pembuangan berdiameter 15 cm yang diarahkan ke sungai. Railing pengaman dipasang pada kedua sisi jembatan dengan tinggi sesuai standar keselamatan untuk menahan beban horizontal yang dipersyaratkan. Jalan pendekat direncanakan dengan struktur perkerasan berlapis yang terdiri atas lapis aspal, lapis pondasi atas dan bawah, serta timbunan pilihan yang dipadatkan hingga mencapai minimal 95% kepadatan maksimum.

Secara keseluruhan, hasil perencanaan menunjukkan bahwa seluruh elemen struktur memenuhi ketentuan standar yang berlaku dengan tingkat efisiensi yang baik, tercermin dari rasio tegangan yang berada dalam rentang optimal tanpa indikasi over-design. Pemilihan sistem girder prategang untuk bentang 30 m terbukti memberikan keseimbangan antara kekuatan, kekakuan, dan efisiensi biaya. Dari aspek konstruksi, metode pelaksanaan yang sistematis memungkinkan penyelesaian pekerjaan dalam kurun waktu enam hingga delapan bulan dengan asumsi kondisi eksternal yang mendukung. Selain itu, desain juga mempertimbangkan aspek keberlanjutan melalui pemilihan material yang tahan lama, sistem drainase yang efektif, serta upaya meminimalkan dampak terhadap aliran sungai. Secara metodologis, pendekatan analisis hidrologi dan geoteknik yang digunakan menunjukkan konsistensi dengan kajian terdahulu, khususnya dalam hal pentingnya analisis statistik hidrologi dan investigasi tanah yang komprehensif guna menjamin keandalan desain struktur jembatan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perencanaan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa analisis hidrologi menghasilkan debit banjir rencana periode ulang 50 tahun sebesar 129.8 m^3/s

dengan tinggi muka air banjir +127.25 m, yang menjadi dasar penentuan elevasi jembatan pada +129.00 m dengan freeboard 1.75 meter.

Perencanaan geometrik menghasilkan jembatan bentang tunggal 30 meter dengan lebar total 7.0 meter yang terdiri dari jalur lalu lintas 5.5 meter dan trotoar 2 × 0.75 meter, sesuai dengan klasifikasi jalan kolektor dan volume lalu lintas rencana. Analisis struktur menunjukkan bahwa sistem girder prategang dengan 4 buah girder mampu menahan beban rencana dengan momen maksimum 1850 kNm dan gaya geser 685 kN, dengan defleksi maksimum 22 mm yang masih dalam batas izin ($L/800 = 37.5$ mm). Struktur bawah dengan abutment gravitasi dan fondasi tiang pancang 12 buah per abutment (dimensi 40×40 cm, kedalaman 14 meter) memberikan faktor keamanan yang memadai terhadap guling (SF = 2.35), geser (SF = 1.82), dan daya dukung tanah.

Metodologi perencanaan yang terintegrasi dari survei, analisis hidrologi-hidraulika, perencanaan geometrik, hingga desain detail struktur dapat menjadi referensi untuk proyek jembatan sejenis dengan bentang menengah (20-40 meter) di Indonesia. Kontribusi penelitian ini adalah penyediaan dokumentasi lengkap metodologi analisis dan desain struktur jembatan yang komprehensif serta studi kasus dengan data lapangan aktual yang dapat digunakan sebagai referensi akademis dan praktis dalam bidang teknik sipil, khususnya rekayasa struktur jembatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Kabupaten Boyolali melalui Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang atas kesempatan untuk melakukan studi perencanaan jembatan ini. Apresiasi juga disampaikan kepada CV. Amphidya Yodha Engineering dan seluruh tim surveyor serta teknisi yang telah membantu dalam pengumpulan data lapangan. Apresiasi khusus kepada Program Studi Teknik Sipil Universitas Semarang atas dukungan akademis dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., Siddiq, T. P., & Fukuda, Y. (2013). Land subsidence in the coastal city of Semarang (Indonesia): characteristics, impacts, and causes. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 4(3), 226-240. https://doi.org/10.1080/19475705.2012.692336

Andre, J. (2022, February 2). Prediksi tenggelamnya Jakarta dan penurunan muka tanah yang kian parah. Kompas.com. Retrieved from https://megapolitan.kompas.com

Antonius, A., & Imran, I. (2013). Experimental study of confined low, medium, and high-strength concrete subjected to concentric compression. Journal of Engineering and Technological Sciences, 44(3), 252-269. https://doi.org/10.5614/itbj.eng.sci.2012.44

Badan Standardisasi Nasional. (2022). SNI 03-6850-2002: Metode pengujian pengukuran kadar air kayu dan bahan berkayu. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Bowles, J. E. (1977). Foundation analysis and design. New York, NY: McGraw-Hill.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2016). SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2016). SNI 2833:2016 Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2019). SNI 03-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2019). SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Mohsin Al-Hameedawi, A. N., & Shihab, T. H. (2021). Irrigation canal assessment using geomatics. In Proceedings of the 4th International Conference on Engineering Sciences (ICES 2020) (pp. 1-11). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. https://doi.org/10.1088/1757-899X/1094/1/012054

Project Management Institute. (2013). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (6th ed.). Project Management Institute.

Rath, A., & Swain, P. C. (2020). Evaluation of performance of irrigation canals using benchmarking techniques - a case study of Hirakud dam canal system, Odisha, India. ISH Journal of Hydraulic Engineering, 26(1), 51-58. https://doi.org/10.1080/09715010.2018.1439777

Sajid, I., Tischbein, B., Borgemeister, C., & Flörke, M. (2022). Performance evaluation and water availability of canal irrigation scheme in Punjab Pakistan. Water, 14(3), 405. https://doi.org/10.3390/w14030405

Situmorang, A., Pratikso, & Rochim, A. (2020). Deflection behaviour of slab pavement with pile on soft soil. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), 11(2), 52-29. https://www.doi.org/10.34218/IJCIET.11.2.2020.006

Su'udi Al Mukarom & Meilinda D. (2023) Analisa Geoteknik Pada Tanah Lunak Pada Longsoran Tanggul Sungai Tuntang. Jurnal Teknik Indonesi, 19-29 (4) https://doi.org/10.61689/jti.v4i2.492

Su'udi Al Mukarom, Abdul Rochim & Meilinda Dwi, A (2025) Pile Capacity Analysis Using Hydraulic Static Pile Driver and Pile Driver Analysis Test Method on the Tuntang River Bridge Foundation, Grobogan Regency. Journal Advanced Civil and Environmental Engineering, 8(1) 32-46 DOI: http://dx.doi.org/10.30659/jacee.8.1.32-46

Susilo, E., Suripin, & Suharyanto. (2020). Perforated horizontal recharge pipe modeling with non-linear regression. International Journal of Engineering Research and Technology, 13(7), 1724-1734.