

Studi Alternatif Perencanaan Struktur Jembatan: Studi Kasus Jembatan Biru Ruas Jalan Bandongan Salamkanci

Diki Wahyudi, Ali Murtopo, Dwi Sat Agus Yuwana

Univeritas Tidar, Indonesia

* Email untuk Korespondensi: dikiwahyudi.mgl99@gmail.com, a.m@untidar.ac.id, dwisatagus@untidar.ac.id

ABSTRAK

Kata kunci:

alternatif desain
struktur jembatan,
jembatan biru, beton
prategang

Keywords:

alternative bridge
structure design, Biru
bridge, prestressed
concrete

Jembatan Biru menghubungkan Ruas Jalan Bandongan – Salamkanci. Lokasi Jembatan Biru berada pada tikungan tajam sehingga membahayakan pengguna jalan. Apabila terdapat kendaraan bermuatan melewati jembatan harus menghentikan laju jika berpapasan dengan kendaraan lain. Oleh karena itu penggantian Jembatan Biru diperlukan karena umur rencana dan pertimbangan keamanan lalu lintas. Maka studi pemilihan struktur diperlukan untuk memilih tipe struktur jembatan yang tepat sebagai desain alternatif pengganti Jembatan Biru. Penyelidikan kondisi geografi berdasarkan data topografi, data tanah dan data curah hujan sebagai parameter pemilihan struktur jembatan. Pemilihan tipe struktur atas berdasarkan pada (Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan, 2021) dengan hasil jembatan beton prategang. *Preliminary design* untuk menentukan dimensi dan mutu material jembatan. Perencanaan pembebanan jembatan berdasarkan SNI 1725:2016, SNI 2833:2016, dan Peta dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Perhitungan gaya prategang untuk mengetahui jumlah tendon dan lintasan tendon. Pemeriksaan tegangan dipertimbangkan saat masa konstruksi sampai umur rencana. Tinggi gelagar terpakai yaitu 2100 milimeter untuk bentang jembatan 40 meter. Penghubung antar segmen yaitu *shear key* dengan perletakan *pot bearing* dan sambungan siar muai dengan tipe *compression seal*. Struktur bawah jembatan yaitu *abutment* dengan tipe dinding yang ditopang oleh fondasi sumuran.

The Biru Bridge connects the Bandongan – Salamkanci Road Section. The location of the Biru Bridge is on a sharp curve, putting road users at risk. If there is a loaded vehicle passing through the bridge, it must stop the pace if it crosses paths with other vehicles. Therefore the replacement of the Blue Bridge is necessary due to the life of the plan and traffic safety considerations. So the study of structure selection is needed to choose the right type of bridge structure as an alternative design to replace the Biru Bridge. Investigation of geographical conditions based on topographic data, soil data and rainfall data as parameters for the selection of bridge structures. The selection of the type of upper structure is based on referring to the (Bridge Technical Planning Practical Guide, 2021) with the results of prestressed concrete bridges. Preliminary design to determine the dimensions and quality of bridge materials. Bridge loading planning based on SNI 1725:2016, SNI 2833:2016, and the 2017 Indonesian Earthquake Map and Hazard. Calculation of the prestressed force to find out the number of tendons and the trajectory of the tendons. Voltage checks are considered during the construction period to the life of the plan. The used girder height is 2100 millimeters for a bridge span of 40 meters. The link between segments is a shear key with the placement of pot bearings and a expansion broadcast connection with a compression seal type. The structure under the bridge is an abutment with a wall type supported by a well foundation.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan perpindahan dari satu tempat ke tempat lainnya dengan menggunakan yang digerakkan oleh manusia atau mesin (Fahmi, 2017). Transportasi menjadi hal yang penting untuk kehidupan manusia. Dalam Undang - Undang Nomor 38 Tahun 2004 menyatakan jalan sebagai salah satu prasarana transportasi yang penting untuk kelangsungan kehidupan berbangsa dan bernegara serta memajukan kesejahteraan umum. Sehingga Jalan mempunyai peranan penting untuk mempercepat perkembangan ekonomi, sosial, dan budaya yang saling berkesinambungan untuk menciptakan kemakmuran masyarakat. Jembatan merupakan sarana transportasi yang berfungsi sebagai penghubung dua jalan atau dua jalur transportasi yang terhalang oleh suatu kondisi tertentu.

Jembatan mampu mempersingkat waktu tempuh dan jarak untuk mencapai tempat tujuan (Al Hafidh, 2021). Perencanaan sebuah jembatan memiliki umur rencana untuk memperhitungkan kinerja layanan jembatan untuk beberapa tahun ke depan. Kinerja layanan jembatan harus sesuai dengan rencana awal pembangunan.

Jembatan yang sudah melebihi umur layanan harus dilakukan penggantian dengan jembatan baru (Karim et al., 2023). Jembatan Biru Ruas Jalan Bandongan – Salamkanci Kabupaten Magelang merupakan penghubung jalan kecamatan. Lokasi Jembatan Biru yang berada pada tikungan tajam menjadikan rawan kecelakaan. Kondisi jalan yang menikung tajam disertai dengan turunan sering kali membahayakan pengguna jalan. Apabila terdapat kendaraan bermuatan yang melewati jembatan harus menghentikan laju jika berpapasan dengan kendaraan (Maisara et al., 2023).

Maka dalam studi ini perlu dilakukan perencanaan struktur Jembatan Biru Ruas Jalan Bandongan – Salamkanci yang sesuai dengan permasalahan sehingga dapat dijadikan salah satu alternatif desain jembatan pengganti. Perencanaan struktur jembatan berpedoman pada SNI 1725:2016, SNI 2833:2016, dan Peta dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui estimasi biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan jembatan alternatif yang direncanakan (Batubara, 2021).

METODE

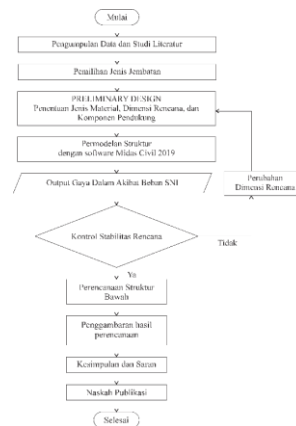
Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan di Jembatan Biru, Kecamatan Bandongan, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Koordinat astronomis lokasi penelitian yaitu $7^{\circ}28'52,0''$ LS dan $110^{\circ}10'54,4''$ BT, ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi penelitian

Langkah analisis pada penelitian ini termuat dalam diagram alir penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2 Diagram alir penelitian

Studi literatur dan pengumpulan data

Studi literatur yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan pada penelitian terdahulu yang sejenis. Pedoman peraturan perencanaan struktur jembatan diperlukan untuk merencanakan struktur jembatan, pembebanan dan peta bahaya gempa Indonesia tahun 2017.

Pengumpulan data bersumber pada data primer dan data sekunder. Data primer adalah pengamatan langsung pada lokasi penelitian dan pengukuran kondisi geografis. Data sekunder merupakan data yang bersumber dari instansi terkait, seperti Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Magelang, dan sebagainya.

Pemilihan jenis jembatan

Pemilihan tipe jembatan berdasarkan pada studi literatur terdahulu dengan penilaian terhadap beberapa aspek parameter. Salah satu parameter pemilihan tipe jembatan yaitu efisiensi bentang dan kemudahan konstruksi jembatan. Sehingga mampu menghasilkan alternatif perencanaan struktur jembatan tepat guna sesuai dengan kebutuhan.

Preliminary Design

Preliminary design merupakan tahapan untuk menentukan jenis dan mutu material. Serta menentukan dimensi konseptual seperti lebar dan bentang jembatan, tebal plat lantai, dan penentu acuan perencanaan lainnya.

Pemodelan struktur

Pemodelan struktur menggunakan *software Midas Civil 2019* sebagai alat bantu untuk mengetahui perilaku struktur akibat beban rencana yang bekerja. Pemodelan struktur mewakili data *preliminary design* sehingga analisis yang dikeluarkan sesuai dengan perilaku struktur sebenarnya.

Pembebanan Jembatan

Analisis pembebanan berdasarkan pada SNI 1725:2016 tentang pembebanan jembatan dan SNI 2833:2016 tentang perencanaan jembatan terhadap beban gempa. Beban gempa dimodelkan dengan memasukkan nilai respon spektrum gempa yang bersumber pada peta dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017.

Kontrol stabilitas rencana

Analisa struktur diperlukan untuk melakukan kontrol kapasitas tegangan yang terjadi pada struktur jembatan. Penggunaan pedoman kontrol stabilitas menyesuaikan tipe jembatan hasil pemilihan.

Perencanaan struktur bawah

Struktur bawah direncanakan menyesuaikan desain struktur atas, sehingga beban dari struktur atas mampu ditopang oleh struktur bawah. Pemilihan jenis struktur bawah berdasarkan tinggi jembatan, kondisi geografis, dan pola aliran sungai.

Penggambaran hasil perencanaan

Visualisasi hasil perencanaan jembatan dalam bentuk gambar Teknik untuk menjelaskan bagian – bagian jembatan dan informasi pendukung lainnya. Penggambaran menggunakan *software* berupa *AutoCAD*, *SketcUP* dan *software* lainnya untuk menghasilkan gambar dua dimensi (2D) ataupun tiga dimensi (3D)

Penyusunan kesimpulan

Penyusunan kesimpulan diuraikan untuk menjawab rumusan dan tujuan penelitian. Kesimpulan berisi mengenai poin – poin penting yang dibahas dalam penelitian, untuk menunjukkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Identifikasi Tumbuhan

Hasil identifikasi tumbuhan yang dilakukan di Laboratorium Ekologi dan Konservasi Keanekaragaman Hayati Hutan Tropis Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman menunjukkan bahwa tumbuhan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tumbuhan daun sungkai (*Peronema canescens* Jack) dari famili *Labiatae*. Hasil pemeriksaan identitas

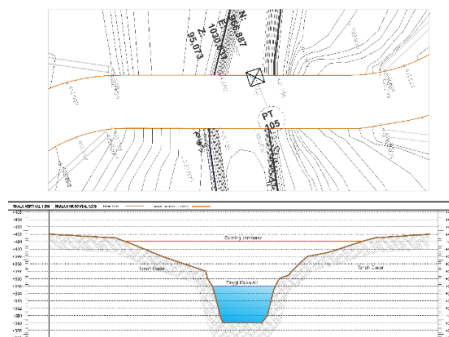
Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh hasil penelitian sebagai berikut:

Data Penyelidikan/ Survei

Data penyelidikan atau survei diperlukan sebagai data awal penelitian. Data geografis yang terkumpul untuk mendukung penelitian berlangsung. Data geografis berisikan data topografi, data tanah, dan data hidrologi di lokasi penelitian.

Data Topografi

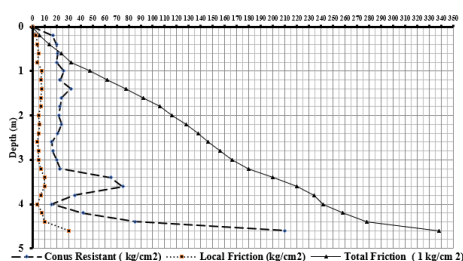
Data topografi digunakan untuk mengetahui elevasi dan koordinat dari objek yang ditinjau. Data topografi merupakan data sekunder dari DPUPR Kabupaten Magelang. Data *long section* perencanaan jembatan diambil dengan melakukan survei langsung. Hasil survei langsung *long section* ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Penampang Sungai Kali Katek

Data Tanah

Data tanah diperlukan untuk mengetahui jenis tanah pada lokasi penelitian. Data yang diperoleh merupakan data sekunder dari DPUPR Kabupaten Magelang dengan pengujian sondir dan pengujian *boring*. Hasil uji sondir ditunjukkan pada Gambar 4, sedangkan pengujian laboratorium hasil tanah uji *boring* ditunjukkan pada Tabel 1



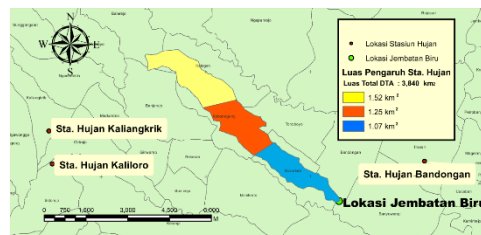
Gambar 4 Grafik pengujian sondir

Tabel 2 Hasil pengujian laboratorium *boring*

No.	Parameter	Unit	Kedalaman	
			2 (m)	4 (m)
1	Berat jenis tanah, G_s		2,608	2,596
2	Kadar air, W	(%)	39,922	23,213
3	Berat tanah basah, γ_m	(gr/cm^3)	1,628	1,800
4	Berat tanah kering, γ_d	(gr/cm^3)	1,163	1,461
5	Angka pori, e		1,241	0,777
6	Kadar pori (porositas), n	(%)	0,554	0,437
7	Kohesi, c		0,245	0,113
8	Sudut gesek dalam tanah, ϕ	($^\circ$)	30,36	28,32
9	Batas cair, LL		28,00	26,50
10	Batas plastis, PL		6,23	21,10
11	Indeks plastisitas, PI		21,77	5,40
12	Gravel	(%)	5,90	6,38
13	Sand	(%)	39,23	37,56
14	Silt	(%)	25,59	33,64
15	Clay	(%)	29,28	22,43

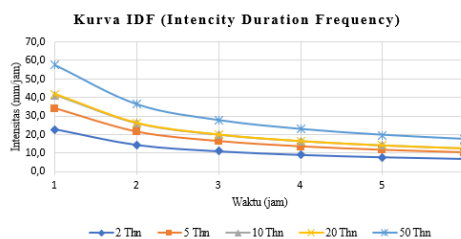
Data Hidrologi

Data hidrologi mengacu pada analisa data hujan untuk menentukan debit banjir rencana menggunakan (HSS) metode Nakayasu, dengan dasar luasan pengaruh DAS < 50 km² dan data hujan < 20 tahun terakhir. Terdapat tiga stasiun hujan yang berpengaruh pada daerah tangkapan hujan dengan metode *thiessen*, ditunjukkan pada Gambar 5.



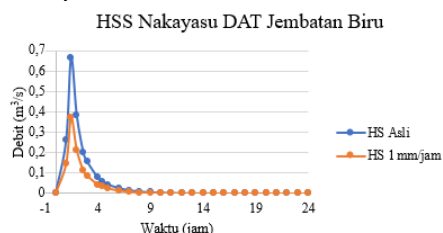
Gambar 5 Peta tangkapan hujan metode *Thiessen* pada *ArcGIS*

Data hujan dari ketiga stasiun dilakukan analisis frekuensi untuk menentukan jenis sebaran setiap kala ulang. Uji kecocokan sebaran digunakan untuk analisa distribusi probabilitas yang dipilih-sebagai sampel data statistik, metode untuk menguji data yaitu uji kecocokan *Chi-kuadr* (χ^2) dan *Smirnov-kolmogorof*. Data hujan yang diperoleh selanjutnya dilakukan perhitungan dengan persamaan *mononobe* untuk menentukan distribusi jam-jaman, sehingga diperoleh kurva IDF (*Intencity Duation Frequency*) ditunjukkan pada Gambar 6.



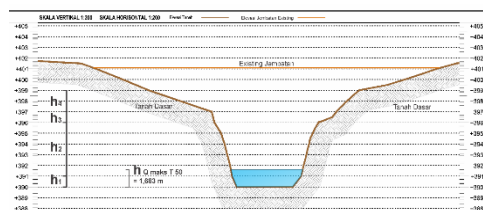
Gambar 6 Kurva IDF (*Intencity Duration Frequency*)

Perhitungan debit banjir rencana metode HSS Nakayasu dilakukan perhitungan untuk mengetahui Ordinat hidrograf satuan yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik ordinat hidrograf satuan

Debit banjir rencana maksimum pada kala ulang 50 tahun (Q_{T50}) yaitu sebesar 32,1492 m³/s. Maka tinggi muka air diperoleh dengan nilai 1,683 m dari dasar sungai sehingga memenuhi syarat tinggi jagaan minimum 1 m dari lantai jembatan, tinggi muka air ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 tinggi muka air kala ulang 50 tahun

Pemilihan Tipe Jembatan

Pemilihan tipe jembatan meperkirakan kemungkinan jembatan dapat dibangun pada lokasi penelitian. Penilaian parameter berdasarkan pada penelitian terdahulu tentang pertimbangan nilai jembatan.

Perbandingan perencanaan jembatan struktur beton dan jembatan struktur baja dinilai dari segi biaya, memiliki selisih biaya sebesar Rp.98.618.400,00. Sehingga struktur atas yang paling efisien berupa jembatan beton tipe gelagar balok T.

Perbandingan volume untuk struktur pelat girder baja dibutuhkan bahan baja sebanyak 30,525 m³, sedangkan untuk struktur beton diperlukan bahan beton sebanyak 344,218 m³.

Perbandingan *Life Cycle Cost* antara jembatan rangka baja dengan girder beton. Total biaya LCC jembatan rangka baja yaitu Rp. 34.292.221.312,48 dengan rincian 64,31% biaya pengadaan, 22,78% biaya operasional dan pemeliharaan, 2,49% biaya bongkaran dan 10,42% nilai sisa. Sedangkan jembatan girder beton total biaya LCC jembatan girder beton yaitu Rp. 27.621.106.884,03 dengan rincian 62,53% biaya pengadaan, 27,20% biaya operasional dan pemeliharaan, 5,45% biaya bongkaran dan 4,82% nilai sisa.

Penelitian sebelumnya menghasilkan balok beton konvensional dan balok girder baja memungkinkan untuk jembatan bentang pendek 25 meter. Balok beton konvensional atau balok girder baja pelaksanaan dan pengadaannya lebih mudah. Balok girder baja lebih ringan dari pada balok girder *prestress*.

Aspek parameter yang ditentukan berdasarkan pada pokok - pokok perencanaan jembatan. Penilaian setiap parameter berpedoman pada penelitian terdahulu terkait dengan perbandingan nilai. Penilaian diberikan pada skala 1-10 untuk masing-masing tipe jembatan. Hasil penilaian tipe jembatan terhadap parameter seperti pada Tabel 3.

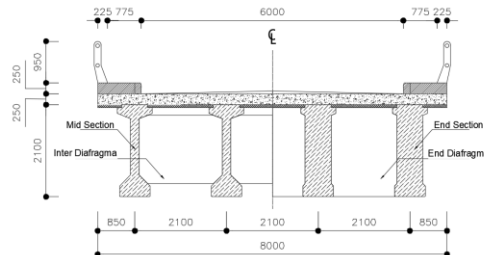
Tabel 3 Penilaian tipe jembatan terhadap parameter

No.	Parameter	Tipe Jembatan		
		Rangka baja	Plate Girder	Beton Prategang
1	Keselamatan	7	7	7
2	Keawetan	7	7	8
3	Mudah diperiksa	8	8	8
4	Mudah dipelihara	7	6	8
5	Keamanan dan kenyamanan pengguna	8	8	8
6	Perubahan bentuk	8	6	7
7	Pertumbuhan pelebaran di masa depan	6	8	6
8	Kemudahan dalam pengerjaan	7	6	7
9	Ekonomis	6	7	8
10	Estetika	8	7	6
Jumlah		72	70	73

Berdasarkan penilaian Tabel 3 Jembatan Biru menggunakan tipe jembatan beton prategang 2 perencanaan.

Preliminary Design

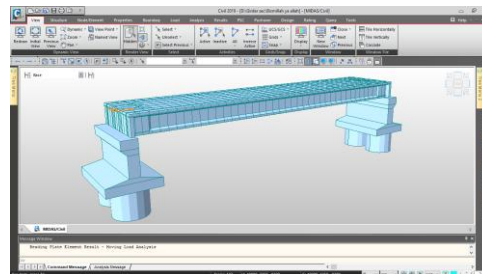
Preliminary design sebagai acuan awal pemodelan jembatan menggunakan mutu gelagar beton 50 MPa, sedangkan pada pelat dan komponen pendukung menggunakan mutu beton 35 MPa. Baja prategang menggunakan *seven wire strand low relaxation* dengan diameter 12,70 mm. Baja penulangan memiliki tegangan leleh sebesar $f_y = 420$ MPa. Dimensi gelagar yang direncanakan ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Potongan melintang jembatan

Pemodelan Dan Pembebanan Struktur Jembatan

Pemodelan dilakukan dengan *software Midas Civil 2019* yang dikhususkan untuk mendesain jembatan. Midas Civil memiliki fitur pemeriksaan kode desain dan peringkat beban kuat.AASHTO LRFD & LRFR, CHBDC, dan kode lainnya. Hasil pemodelan jembatan beton prategang bentang 40 m ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 pemodelan struktur pada Midas Civil 2019

Beban rencana mengacu pada SNI 1725:2016 tentang pembebanan jembatan, sehingga jembatan dimodelkan menerima beban mati, beban lalu lintas dan aksi lingkungan. Beban gempa dimasukkan berdasarkan SNI 2833:2016 tentang perencanaan tahan gempa.

Gaya Prategang, Eksentrisitas Dan Jumlah Tendon

Perkiraan gaya prategang direncanakan berdasarkan tegangan tarik pada serat bawah akibat kombinasi pembebanan Layan III sebagai batas minimal jumlah *strand* prategang terpakai. Persamaan yang digunakan untuk mencari tegangan tarik adalah sebagai berikut:

$$f_{bserv} : \frac{M_{MS}}{S_b} + \frac{M_{MA} + 0,8(M_{LL})}{S_{bcg}} \dots\dots\dots(1)$$

Perkiraan gaya prategang berdasarkan nilai momen akibat beban mati dan beban lalu lintas sesuai dengan kombinasi beban pada Layan III : MS + MA + 0,8TD + 0,8TB + 0,8TP + EUn . Sehingga persamaan (1) diturunkan menjadi persamaan berikut:

$$f_{bserv} : \frac{M_{MS_G} + M_{MS_D} + M_{MS_S}}{S_b} + \frac{M_{MA} + 0,8(M_{TD} + M_{TB})}{S_{bcg}} \quad (2)$$

Gaya prategang akhir diperkirakan mengalami *losses* 10% sebagai batasan tegangan efektif pada setiap strand, yang diketahui dengan persamaan berikut:

$$P_{e_strand} : A_{strand} \times f_{pbt} \times (1 - losses) \quad (3)$$

$$n_{strand_reg} : \frac{P_e}{P_{e_strand}} \quad (4)$$

$$A_{ps} = n_{strand} \times A_{strand} \quad (5)$$

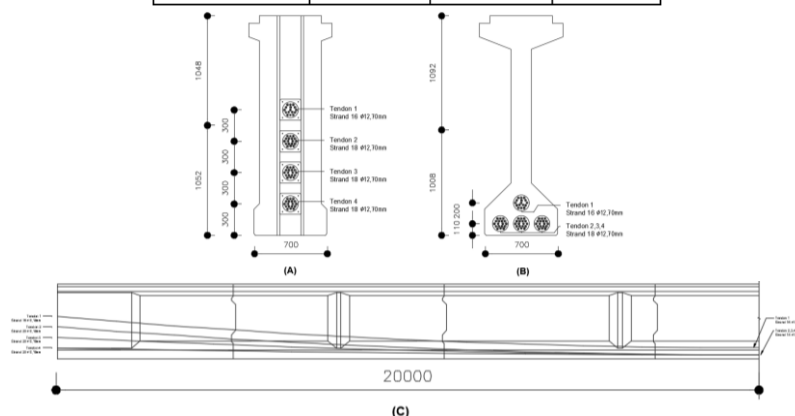
Jumlah tendon dan posisi tendon hasil perhitungan ditunjukkan pada Gambar 3.9 yang memuat posisi tendon tumpuan dan lapangan serta layout lintasan tendon.

Analisa Kehilangan Prategang

Perhitungan keghilangan prategang jangka panjang menggunakan metode *refined method* dengan ketentuan mengetahui karakteristik pada saat transformasi penampang. Perhitungan kehilangan gaya prategang sesaat yan diakibatkan oleh *friction*, *anchorage set*, *elastic shortening*. Kehilangan gaya prategang paruh waktu seperti kehilangan saat transfer hingga pengecoran plat dan kehilangan saat pengecoran pelat hingga final. Sehingga diperoleh rekapitulasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Rekapitulasi kehilangan prategang

Kondisi	Kehilangan prategang (MPa)	% Kehilangan Prategang	% UTS prategang efektif
Jangka pendek D_{pST}	131,572	9,4317	65,5683
Jangka panjang D_{pLT}	20,3147	1,4562	64,1121



Gambar 11 Posisi dan jumlah tendon (a) tumpuan, (b) lapangan (c) lintasan tendon Pemeriksaan Tegangan

Pemeriksaan tegangan izin diperlukan untuk mengetahui pengaruh beban maksimum pada posisi eksentrisitas dari tendon maksimum. Terdapat tiga kondisi pemeriksaan tegangan yaitu saat, transfer, saat konstruksi dan saat layan. Tegangan penampang saat transfer merupakan keadaan awal pemberian gaya prategang awal pada penampang dengan gaya prategang bekerja maksimum hanya terbebani beban sendiri gelagar. Pemeriksaan tegangan berdasarkan persamaan berikut:

Tegangan serat atas saat transfer

$$f_{t_i} : \frac{-P_{transfer}}{A_g} + \frac{P_{transfer} \times e_{mid}}{S_t} + \frac{-M_{MS_G}}{S_t} \dots (6)$$

Tegangan serat bawah saat transfer

$$f_{b_i} : \frac{-P_{transfer}}{A_g} + \frac{-P_{transfer} \times e_{mid}}{S_b} + \frac{M_{MS_G}}{S_b} \dots (7)$$

Hasil perhitungan tegangan penampang saat transfer ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil perhitungan tegangan penampang saat transfer

Kondisi	Lokasi	$-P_{transfer}/A_g$	$P_{transfer} \times e_{mid}/S$	M_{MS_G}/S	Total
		MPa	MPa	MPa	MPa
Transfer	Sisi atas	-11,6465	19,5538	-11,5784	-3,67
	Sisi bawah	-11,6465	-18,0497	10,6877	-19,00

Tegangan penampang saat konstruksi terdapat penambahan beban yang bekerja pada gelagar berupa beban sendiri seperti pengecoran pelat, barrier, dan diafragma. Keadaan ini belum terjadi interaksi komposisi antara gelagar dengan pelat lantai jembatan. Dengan persamaan yang hampir sama dengan tegangan saat transfer, hanya terjadi penambahan beban pelat lantai, barrier dan diafragma didapatkan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil perhitungan tegangan penampang saat konstruksi

Kondisi	Lokasi	$-P_{transfer}/A_g$	$P_{transfer} \times e_{mid}/S$	M_g/S	Total
		MPa	MPa	MPa	MPa
Konstruksi	Sisi atas	-11,6465	19,5538	-23,7218	-15,81
	Sisi bawah	-11,6465	-18,0497	21,8970	-7,80

Tegangan penampang saat keadaan layan mengakomodasi semua beban rencana sudah bekerja, pada keadaan ini merupakan aksi komposit antara gelagar dengan pelat. Sehingga beban yang bekerja maksimum sedangkan gaya prategang yang bekerja minimum (terjadi kehilangan prategang jangka panjang). Pemeriksaan tegangan diperiksa berdasarkan kombinasi Layan I sebagai koreksi tegangan tekan dan kombinasi Layan III sebagai koreksi tegangan tarik. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil perhitungan tegangan penampang saat layan

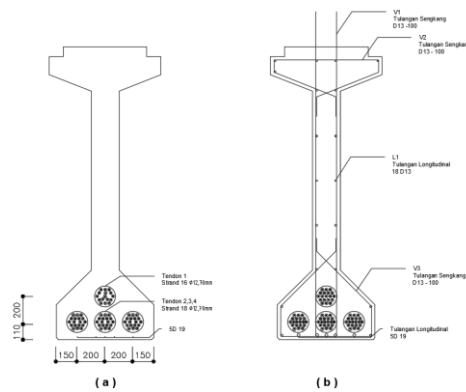
Kondisi	Lokasi	$\frac{P_{pr}}{A_g}$	$\frac{P_{pr} \times e_{mid}}{S}$	$\frac{M_1}{S}$	$\frac{M_2}{S}$	$\frac{M_{LL}}{S}$	Total
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Layan	Top_c	-11,457	19,236	-23,721	-0,456	-3,271	-19,669
	Bot_c	-11,457	-17,757	21,897	1,167	6,697	0,546
	Top_ck	-11,457	19,236	-23,086	-1,848	-3,277	-20,433
	Bot_ck	-11,457	-17,757	21,311	4,258	6,040	2,394
	Top_s_c	-	-	-	-0,630	-4,524	-5,154
	Bot_s_c	-	-	-	-0,467	-3,350	-3,817
	Top_s_ck	-	-	-	-2,595	-4,061	-7,196
	Bot_s_ck	-	-	-	-1,848	-3,277	-5,125

Kapasitas Lentur dan Geser Penampang

Tahanan lentur terjadi pada kondisi momen maksimum, terjadi pada tengah bentang. Kapasitas lentur penampang diperiksa terhadap momen *ultimit* kombinasi Kuat I yang dihitung sebagai berikut:

$$M_u : 1,2(M_{MS_G} + M_{MS_D}) + 1,3M_{MS_S} + 2M_{MA} + 1,8.M_{LL} \quad (8)$$

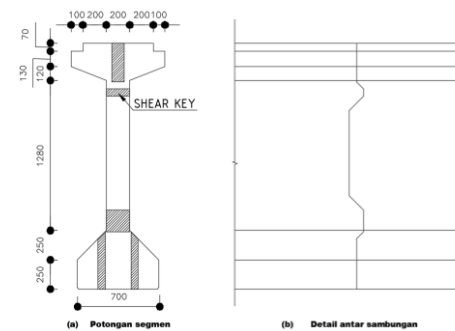
Pemeriksaan tulangan lentur minimum harus memenuhi persyaratan tendon, nilai M_r memenuhi ketentuan $1,2M_{cr}$ atau $1,33M_u$. Sehingga tulangan lentur yang dipakai yaitu 5D19. Kemampuan geser nominal dapat gaya geser yang terjadi pada gelagar. Tulangan geser yang digunakan D13-100 mm. Spasi tulangan geser diperiksa terhadap spasi izin maksimum. Sketsa tulangan lentur dan geser penampang ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 12 Sketsa tulangan *longitudinal* dan tulangan geser

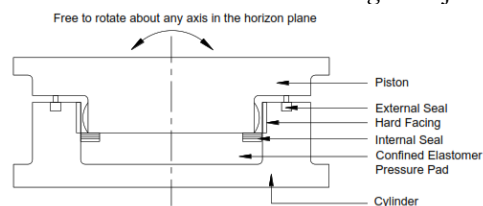
Pemilihan Penghubung Antar Segmen, Perletakan, Sambungan Siar Muai

Penghubung antar segmen (*connector*) adalah penghubung antar segmen pada konstruksi gelagar segmental. Pada penelitian ini dipilih jenis *shear key* karena penggunaan mutu material dan tinggi gelagar. Penghubung antar segmen ditunjukkan pada Gambar 13



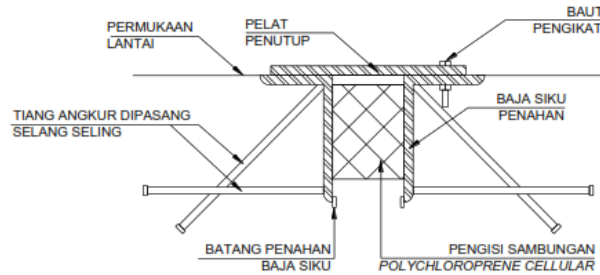
Gambar 13 Penghubung antar segmen gelagar

Tipe perletakan menggunakan *pot bearing* sebagai tumpuan I-girder berfungsi untuk menyalurkan dan mengendalikan beban dari struktur atas ke struktur bawah. *Pot bearing* ditunjukkan pada Gambar 14.



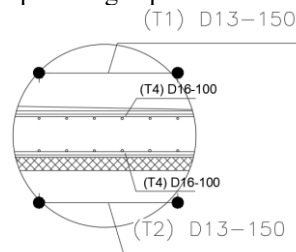
Gambar 14 *Pot bearing* jenis *fixed*

Sambungan siar muai (*expansion joint*) merupakan sambungan pada lantai jembatan yang berfungsi untuk mengendalikan interaksi kepala jembatan dengan oprit yang disebabkan oleh pengembangan atau penyusutan akibat panas, susut rangkai beton dan kondisi pembebanan. Sambungan siar muai menggunakan tipe *compression seal*, ditunjukkan pada Gambar 15.

Gambar 15 Siar muai tipe *compression seal*

Perencanaan Pelat Lantai

Pembebanan yang terjadi pada pelat lantai yaitu berat sendiri (MS), beban mati tambahan (MA) seperti *railling*, aspal, trotoar dan beban lalu lintas truk. Luas minimum ditentukan dari nilai terkecil dari $1,33M_u$ atau $1,2M_{cr}$. Tulangan lentur terpakai pelat D16-100 (T3 dan T4) ditentukan berdasarkan nilai $1,2M_{cr}$. Dari perhitungan diperoleh tahanan lentur terfaktor (M_r) sebesar 154,416 kNm. Syarat penulangan minimum sudah terpenuhi $M_r > 1,2M_{cr} = (154,416 > 55,90) \text{ kNm}$. Detail penulangan pelat lantai ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16 Detail penulangan pelat lantai jembatan.

Perencanaan *Abutment* Tipe Dinding

Abutment digunakan dengan pertimbangan tinggi jembatan dengan elevasi tanah kurang dari 4 m dan memiliki kondisi tanah yang baik. *Abutment* tipe dinding bekerja menggunakan kekuatan dan ketahanan gaya-gaya dari berat sendiri.

Gaya dalam yang terjadi pada *abutment* diakibatkan oleh beban sendiri (SW) beban mati tambahan (MA), beban tekanan tanah lateral aktif (TA), beban tanah di belakang *abutment* diatas *pile cap* (TA'), beban tekanan *surchage* (PS), beban lalu lintas, gaya rem (TB), gempa dan beban gempa akibat tekanan tanah aktif gempa. Rekapitulasi gaya *ultimit* pada pangkal badan *abutment* merupakan hasil dari gaya dalam terfaktor kombinasi pembebanan ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Gaya *ultimit* pada pangkal badan *abutment*

Kombinasi pembebanan	Gaya Dalam		
	V (kN)	H (kN)	M (kNm)
Kuat I	9922,35	1705,35	2391,61
Kuat II	9398,13	1862,85	3183,29
Kuat III	7563,34	1705,35	2391,61
Ekstrem I	7563,34	7386,53	25078,39
Estrem II	8218,62	1761,60	2674,35

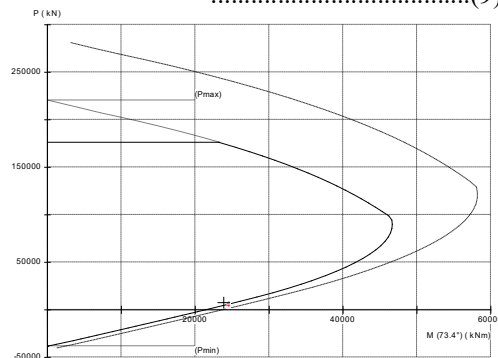
Gaya dalam *service* pada *bottom pile cap* diperoleh merupakan hasil dari gaya dalam pada *bottom pile cap* yang terfaktorkan kaombinasi pembebanan dengan hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9

Tabel 9 Gaya dalam *service* akibat kombinasi pada *bottom pile cap*

Kombinasi pembebanan	Gaya Dalam		
	V (kN)	H (kN)	M (kNm)
Daya layan I	10561,50	1993,39	6185,59
Daya layan II	10954,67	2027,14	6418,85
Daya layan III	10299,39	1970,89	6030,08
Daya layan IV	9250,94	1880,89	5408,05
Ekstrem I	12357,92	2463,62	7537,60
Service gempa	9250,94	6375,14	28475,04

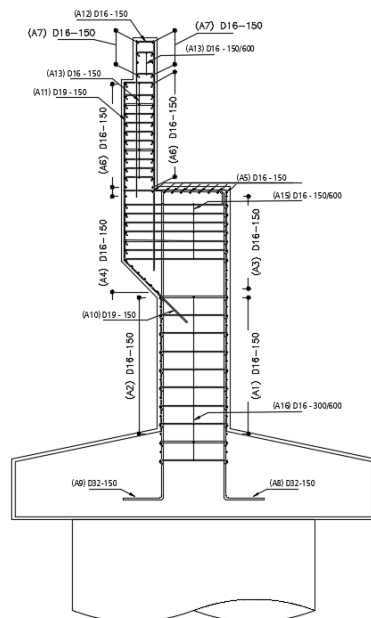
Perencanaan penulangan vertikal *abutment* menggunakan program bantu *SPcolumn* dengan memasukkan nilai gaya *ultimit*. Berdasarkan pemodelan *SPcolumn* menghasilkan diagram kekuatan *abutment* yang ditunjukkan pada Gambar 17. Kuat geser yang disumbangkan oleh beton perlu diperiksa untuk mengetahui kebutuhan tulangan geser, dengan persamaan berikut:

$$V_u > 0,5 \cdot \phi_v \cdot V_{cl} \dots\dots\dots (9)$$



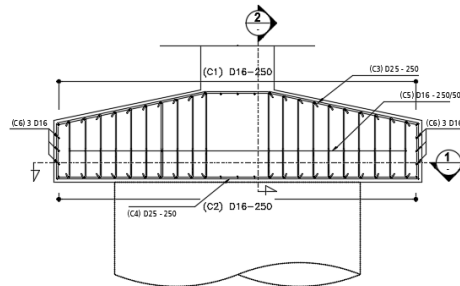
Gambar 17 Diagram kekuatan *abutment*

Hasil perencanaan penulangan *abutment* ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17 Diagram penulangan *abutment*

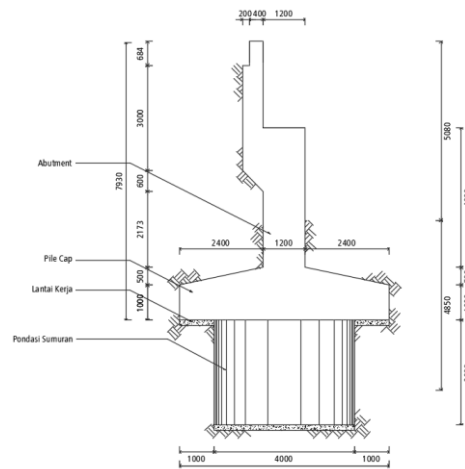
Perencanaan tulangan pada pilecap *abutment* dengan gaya dalam service sehingga perencanaan tulangan pile cap ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18 Detail penulangan pilecap

Perencanaan Fondasi

Fondasi sumuran digunakan karena lokasi perencanaan jembatan memiliki kedalaman tanah keras yang dangkal. Selain itu fondasi sumuran relatif murah. Fondasi direncanakan menerima beban statik dengan data yang ditunjukkan pada Gambar 19



Gambar 19 Data dimensi fondasi

Beban struktur statik, merupakan gaya dalam pada *bottom pilecap* pada kondisi layan menggunakan kombinasi Layan II terdiri dari beban aksial 10954,67 kN, beban horizontal 2027,14 kN dan momen statik yang terjadi akibat gaya yang bekerja sepanjang jembatan ($M_{X \text{ statik}}$) sebesar 6418,85 kNm

Perencanaan fondasi dilakukan pengecekan terhadap persamaan berikut: Stabilitas terhadap geser:

$$FK_{\text{geser}} : \frac{\sum V \cdot \tan(\phi_2 \cdot c) + P_p}{\sum P_a} \dots\dots\dots(10)$$

Stabilitas terhadap guling

$$FK_{\text{guling}} : \frac{\sum M_R}{\sum M_0} = \frac{M_{\text{penahan}} + M_{\text{pasif}}}{\sum M_{\text{aktif}}} \dots\dots\dots(11)$$

Stabilitas terhadap daya dukung

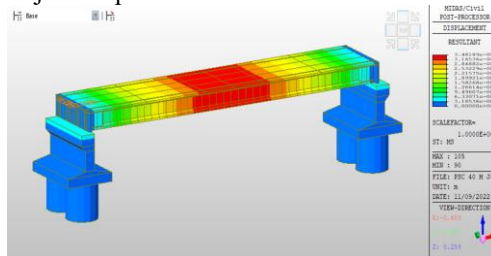
$$q_u : 1,3 \cdot c \cdot N_c + \gamma_s \cdot h_2 \cdot N_q + 0,3 \cdot Y' \cdot B \cdot N_\gamma \dots\dots\dots(12)$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa

1. Ketahanan geser (*sliding resistance*) lebih besar akibat gaya geser yang disebabkan oleh beban rencana, $FK > 5,3$.
2. Ketahanan akibat guling (*overtuning resistance*) lebih besar dari momen guling yang disebabkan oleh beban rencana, $FK \geq 2$.
3. Kestabilan terhadap daya dukung, dengan beban rencana sebesar 10954,67 kN lebih kecil dari gaya aksial izin 2 buah fondasi sumuran yaitu 36096,534 kN, dengan faktor keamanan 3.

Optimasi Alternatif Perencanaan Struktur Jembatan

Optimasi penggunaan bahan pada model jembatan memperhatikan aspek fungsional struktur. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan bahwa jembatan I girder dengan 40 m yang diperkuat dengan profil girder setinggi 2100 mm merupakan yang paling efisien. Berpedoman pada SNI 1725:2016 bahwa lendutan izin yang terjadi tidak lebih dari $L/1000$ dari bentang jembatan. Sehingga lendutan izin yang diperbolehkan maksimal yaitu $\frac{40000}{1000} = 40$ mm. Tingkat efisiensi terlihat pada diagram kontur deformasi atau lendutan yang terjadi saat layan, ditunjukkan pada Gambar 20.



Gambar 20 Deformasi saat pembebanan service

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu Ekstrak etanol daun sungkai (*Peronema Canescens* Jack) dapat digunakan sebagai formulasi krim dan memiliki sifat fisik yang baik. Memenuhi persyaratan karakteristik. Sediaan ekstrak etanol daun sungkai dua konsentrasi memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Propionibacterium acnes*.

Saran berdasar hasil penelitian ini, yakni agar guru dapat meningkatkan kemampuan berbahasa Indonesia pada anak dan menerapkannya dengan anak dan pada guru itu sendiri untuk menjadikan anak memiliki kemampuan berbahasa Indonesia yang baik dan dapat ditepakan pada kehidupan sehari-hari.

REFERENSI

- Ayu Restuti Wulandari, D. (2016). Perbandingan Perencanaan Jembatan Struktur Beton dan Jembatan Struktur Baha Ditinjau dari Segi Biaya. *Jurnal "MITSU" Media Informasi Teknik Sipil UNIJA*, 20-22.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *Pembebanan Untuk Jembatan (BSN)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *Perencanaan Jembatan Terhadap beban Gempa*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Chen, W.-F., & Duan, L. (2014). *Birdge ENgineering Handbook Second Edition Super Structure Design*. London : CRC Press Nora Konopka.
- Direktorat Jendral Bina Marga. (2021). *Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan (06/SE/Db/2021)*. Jakarta: Direktur Bina Teknik Jalan dan Jembatan.
- Handayasari, I., & Maulana, A. (2015). Desain Alternatif Jembatan Menggunakan Plat Girder (Studi Kasus Jembatan RSUD Kota Tangerang). *Jurnal Kilat*, 70-81.
- Kamiana, I. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencanan Bangunan Air*.
- Masrilanyanti, P., Akhmad Suraji, P., & Ilham, S.T., A. (2015). Perbandingan Life Cycle Cost antara Jembatan Rangka Baja dengan Girder Beton. *Annual CivilEngineering Seminar*, 193-200.
- Midasindo. (2017). *Tutorial MidasCivil*. <http://www.midasindo.com/tutorial/>
- Nisumanti, S., & Hadiyana, D. (2016). Analisis Perbandingan Gelagar Induk Jembatan Konstruksi Balok Beton Konvensional dengan Girder Baja Komsit Jembatan Air Pedu OKI. *Jurnal Tekno Global*, 11-16.
- Al Hafidh, M. A. (2021). Optimalisasi Biaya Transportasi Pengiriman Barang dengan Menerapkan Metode Potensial. *Journal Of Informatics Management and Information Technology*, 1(4), 153–158.
- Batubara, F. M. A. (2021). Tinjauan Kinerja Angkutan Umum Pedesaan Dari Desa Stabat-Tandem (Studi Kasus). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, 1(4).
- Fahmi, F. O. (2017). Penerapan Metode Stepping Stone Untuk Transportasi Pengiriman Barang pada CV. Mitra Trans Logistics. *Informasi Dan Teknologi Ilmiah (INTI)*, 4(3).
- Karim, H. A., Lis Lesmini, S. H., Sunarta, D. A., SH, M. E., Suparman, A., SI, S., Kom, M., Yunus, A. I., Khasanah, S. P., & Kom, M. (2023). Manajemen transportasi. Cendikia Mulia Mandiri.
- Maisara, M., Hakiman, H., & Munandar, F. A. (2023). Analisis Pemilihan Moda Transportasi Angkutan Umum di Kota Kendari. *Sultra Civil Engineering Journal*, 4(2), 149–160