

**ANALISIS PERHITUNGAN PLAT LANTAI JEMBATAN
PADA PROYEK PENGGANTIAN JEMBATAN IDANO EHO**

SKRIPSI

OLEH:

**YUNI ERLIANTI LAIA
188110070**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 29/11/23

Access From (repository.uma.ac.id)29/11/23

ANALISIS PERHITUNGAN PLAT LANTAI JEMBATAN PADA PROYEK PENGGANTIAN JEMBATAN IDANO EHO

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:

**YUNI ERLIANTI LAIA
188110070**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Perhitungan Plat Lantai Jembatan Pada Proyek
Penggantian Jembatan Idano Eho
Nama : Yuni Erlianti Laia
NPM : 188110070
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing



Tanggal Lulus : 09 Agustus 2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 22 Agustus 2023



Yuni Laia

188110070



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yuni Erlianti Laia
NPM : 188110070
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Perhitungan Plat Lantai Jembatan Pada Proyek Penggantian Jembatan Idano Eho. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 22 Agustus 2023
Yang menyatakan



(Yuni Erlianti Laia)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Hilitotao, pada tanggal 04 Juni 2001. Dari Ayah Baziduhu Laia dan Ibu Yermin Nehe. Penulis merupakan putri ke 1 dari 2 bersudara. Tahun 2018 Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Telukdalam dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2021 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Penggantian Jembatan Idano Eho, Nias Selatan, Sumatera Utara.

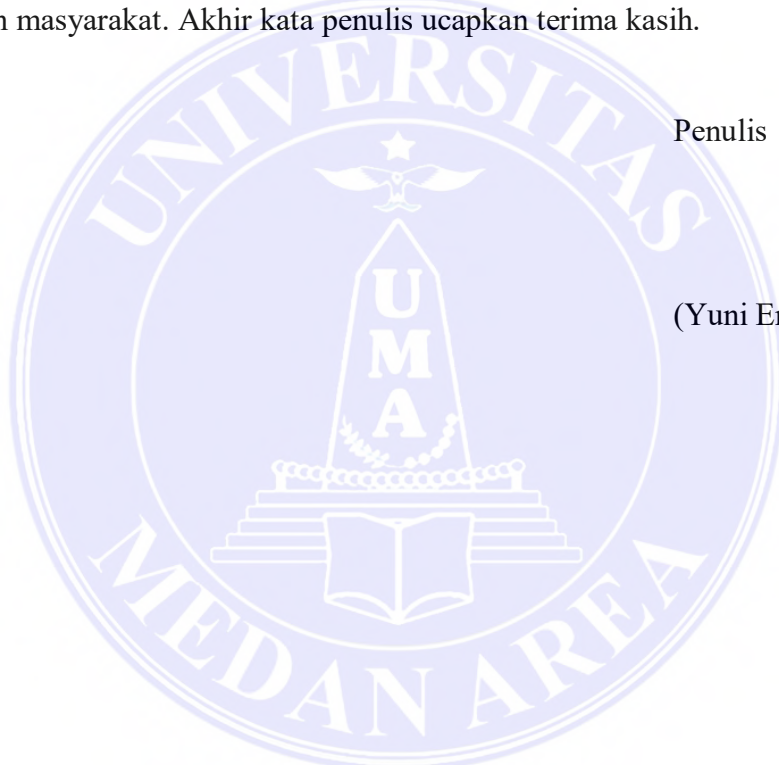


KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Jembatan dengan judul Analisis Perhitungan Plat Lantai Jembatan Pada Proyek Penggantian Jembatan Idano Eho. Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada teman-teman yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis

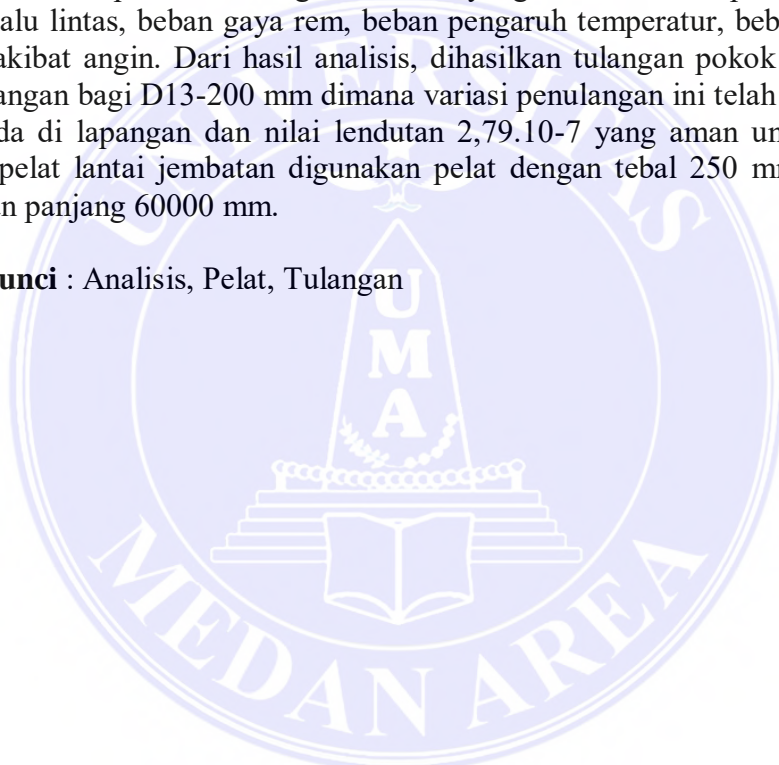
(Yuni Erlianti Laia)



ABSTRAK

Analisis perhitungan pelat lantai jembatan ini menggunakan konstruksi beton bertulang dan pelat bondek yang sebagai pelapis dasar cor. Perencanaan struktur beton dan pembebanan jembatan mengacu pada RSNI T-12-2004 (perencanaan struktur beton untuk jembatan) dan SNI 1725:2016 (peraturan pembebanan untuk jembatan). Tujuan perhitungan ini adalah untuk mengetahui kebutuhan tulangan lentur pada pelat lantai jembatan dan nilai lendutan yang terjadi pada pelat lantai jembatan yang telah terlaksana pada proyek penggantian jembatan Idano Eho yang berlokasi di Nias Selatan apakah aman untuk menghindari keruntuhan berulang pada jembatan tersebut. Permasalahan yang diambil adalah analisis perhitungan pelat lantai jembatan. Analisis perhitungan pelat lantai jembatan tersebut meliputi pelat lantai itu sendiri. Perencanaannya meliputi tulangan lentur positif dan negatif. Beban yang dianalisis meliputi beban hidup, beban lalu lintas, beban gaya rem, beban pengaruh temperatur, beban gempa dan beban akibat angin. Dari hasil analisis, dihasilkan tulangan pokok D16-150 mm dan tulangan bagi D13-200 mm dimana variasi penulangan ini telah sesuai dengan yang ada di lapangan dan nilai lendutan $2,79.10^{-7}$ yang aman untuk jembatan. Untuk pelat lantai jembatan digunakan pelat dengan tebal 250 mm, lebar 9000 mm, dan panjang 60000 mm.

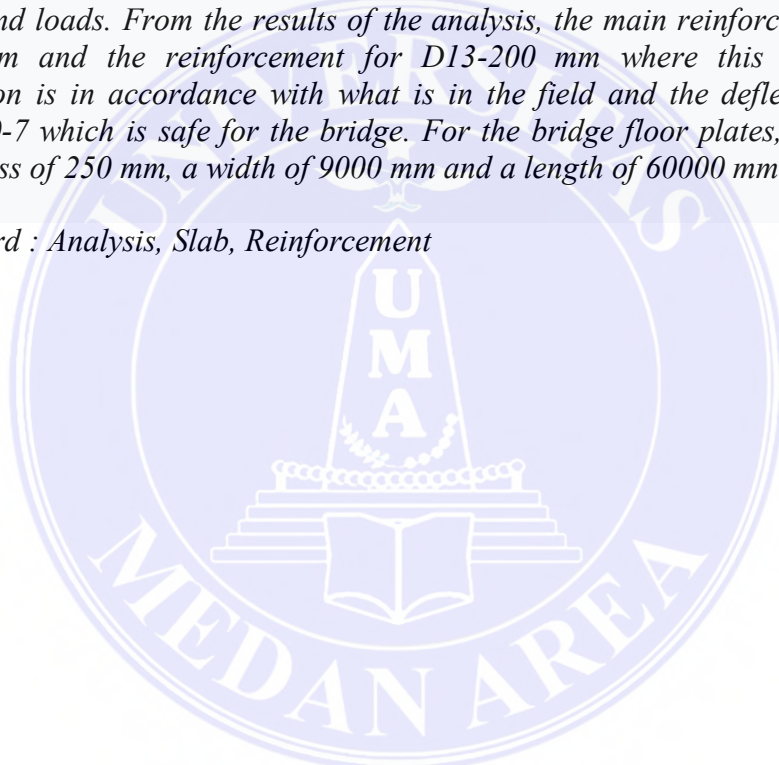
Kata kunci : Analisis, Pelat, Tulangan



ABSTRACT

Analysis of the calculation of the bridge slab using reinforced concrete construction and bondek plates as cast base coatings. Concrete structure planning and bridge loading refers to RSNi T-12-2004 (concrete structure planning for bridges) and SNI 1725:2016 (loading regulations for bridges). The purpose of this calculation is to determine the need for flexural reinforcement in the bridge slab and the deflection value that occurs in the bridge slab that has been implemented in the Idano Eho bridge replacement project located in South Nias whether it is safe to avoid repeated collapse of the bridge. The problem taken is the analysis of the calculation of the bridge slab. Analysis of the calculation of the bridge slab includes the floor slab itself. The design includes positive and negative flexural reinforcement. The loads analyzed include live loads, traffic loads, brake force loads, temperature effects loads, earthquake loads and wind loads. From the results of the analysis, the main reinforcement is D16-150 mm and the reinforcement for D13-200 mm where this reinforcement variation is in accordance with what is in the field and the deflection value is $2.79 \cdot 10^{-7}$ which is safe for the bridge. For the bridge floor plates, plates with a thickness of 250 mm, a width of 9000 mm and a length of 60000 mm are used.

Keyword : Analysis, Slab, Reinforcement



DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	Error! Bookmark not defined.
RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Maksud Dan Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Terdahulu (Jurnal Terkait)	5
2.2. Tinjauan Umum	6
2.2.1. Perkembangan Jembatan	7
2.3. Bentuk dan Tipe Jembatan	9
2.4. Bangunan Atas Jembatan (<i>upper structure</i>)	16
2.5. Bangunan Bawah Jembatan	17
2.6. <i>Floor Deck</i> /Bondek	20
2.7. Pembebanan Jembatan	21
2.7.1. Berat Sendiri (Beban Mati)	21
2.7.2. Beban Mati Tambahan / Utilitas	21

2.7.3.	Beban Lalu Lintas	22
2.7.4.	Beban Angin	28
2.7.5.	Beban Gempa	29
2.7.6.	Beban Temperatur.....	30
2.8.	Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan	30
2.9.	Momen Pada Pelat Lantai Jembatan.....	34
2.9.1.	Akibat beban sendiri (QMS)	35
2.9.2.	Akibat beban mati tambahan (QMA)	35
2.9.3.	Akibat beban truk (T) dan angin (PEW)	36
2.9.4.	Akibat temperatur	36
2.10.	Pelat Lantai Jembatan	37
2.11.	Perencanaan Pelat Lantai Jembatan Terhadap Lentur	37
2.11.1	Perencanaan Dimensi Tampang	38
2.11.2	Analisis Gaya Dalam	40
2.11.3	Jarak Tulangan.....	43
2.11.4.	Detail Tulangan Lentur	43
2.11.5.	Penyebaran Tulangan untuk Pelat Lantai.....	45
BAB III.	METODE PENELITIAN.....	46
3.1.	Lokasi Penelitian	46
3.2.	Waktu Penelitian	46
3.3.	Bahan dan Alat	47
3.4.	Metodologi Penelitian.....	47
3.5.	Sumber Data.....	47
BAB IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1.	Data-Data	50
4.1.1.	Data Pelat Lantai.....	50
4.1.2.	Data Pelat Bondek	51
4.2.	Hasil Analisis	51
4.3.	Perhitungan Pelat Bondek	52
4.4.	Pembebanan Pelat Lantai Jembatan	54
4.4.1.	Berat Sendiri (Beban Mati)	54
4.4.2.	Beban Mati Tambahan	54
4.4.3.	Beban Lalu Lintas (Beban Hidup)	56
4.4.4.	Gaya Rem.....	57

4.4.5.	Beban Angin	57
4.4.6.	Beban Gempa	59
4.4.7.	Pengaruh Temperatur	60
4.5.	Momen Pelat Lantai Jembatan	61
4.5.1.	Momen Pada Pelat Lantai Jembatan	63
4.5.2.	Kombinasi Pembebanan	63
4.6.	Analisis Pelat Lantai Jembatan	64
4.6.1.	Tulangan Lentur	64
4.6.2.	Kontrol Lendutan Pelat	70
4.7.	Pembahasan	73
BAB V.	KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1.	Kesimpulan.	75
5.2.	Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	xvii
LAMPIRAN	xviii



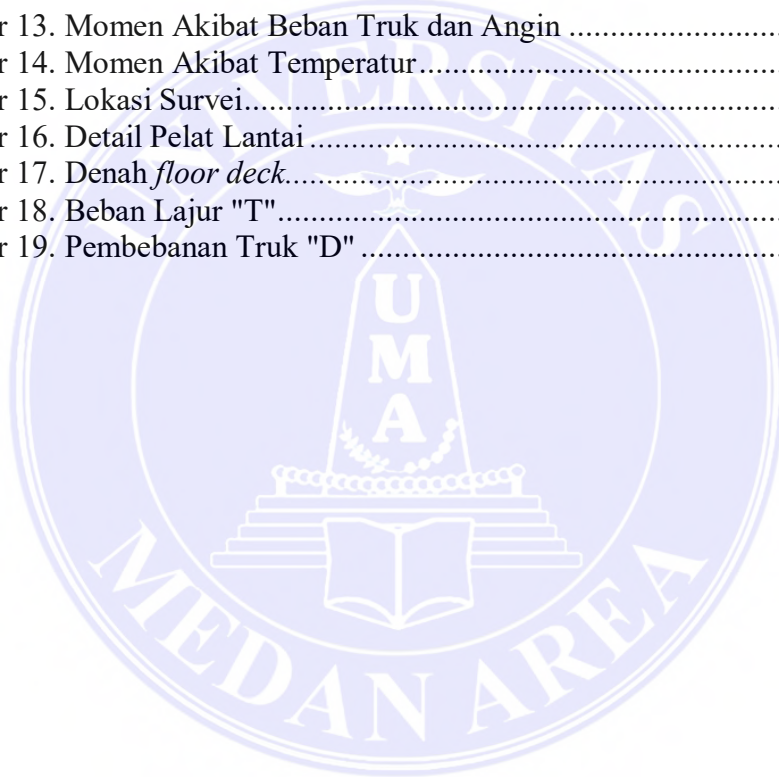
DAFTAR TABEL

Tabel 1 Faktor Beban untuk Berat Sendiri.....	21
Tabel 2 Faktor Beban untuk Berat Mati Tambahan	22
Tabel 3 Jumlah lajur lalu lintas rencana.....	23
Tabel 4 Faktor Beban untuk Beban Lajur "D"	24
Tabel 5 Faktor Beban untuk Beban "T"	25
Tabel 6 Faktor Kepadatan Lajur (m)	27
Tabel 7 Tekanan Angin Dasar	29
Tabel 8 Temperatur Jembatan Rata-Rata Nominal	30
Tabel 9 Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan.....	33
Tabel 10 Ketebalan minimum balok non-pratekan dan pelat satu arah.....	39
Tabel 11 Perbandingan Tulangan	74



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Jembatan Jalan Raya.....	9
Gambar 2. Jembatan Jalan Kereta Api.....	10
Gambar 3. Jembatan Kayu	12
Gambar 4. Jembatan Beton	12
Gambar 5. Jembatan Beton Prategang	13
Gambar 6. Jembatan Baja.....	14
Gambar 6. Jembatan Komposit	14
Gambar 7. Pelat Bondek	20
Gambar 8. Beban Lajur "D"	24
Gambar 9. Pembebanan Truk "T".....	26
Gambar 11. Momen Akibat Beban Sendiri.....	35
Gambar 12. Momen Akibat Beban Mati Tambahan.....	35
Gambar 13. Momen Akibat Beban Truk dan Angin	36
Gambar 14. Momen Akibat Temperatur.....	36
Gambar 15. Lokasi Survei.....	46
Gambar 16. Detail Pelat Lantai.....	50
Gambar 17. Denah <i>floor deck</i>	52
Gambar 18. Beban Lajur "T"	56
Gambar 19. Pembebanan Truk "D"	56



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Selesai Riset.....	xviv
Lampiran 1. Dokumentasi.....	xv
Lampiran 2. Layout.....	xvvi
Lampiran 3. Plan dan Profil	xvii
Lampiran 4. Cross Section 1	xviii
Lampiran 5. Cross Section 2	xix
Lampiran 6. Cross Section 3	xx
Lampiran 7. Cross Section 4	xxi
Lampiran 8. Denah Potongan.....	xxii
Lampiran 9. Penulangan Lantai 1	xxiii
Lampiran 10. Penulangan Lantai 2	xxiv



DAFTAR NOTASI

θ	: Kuat nominal; diameter tulangan.
ϕ	: Faktor reduksi kekuatan.
U	: Kuat perlu.
Mn	: Kuat nominal momen rencana.
VU	: Kuat nominal gaya geser rencana.
Fy	: Tegangan leleh rencana baja.
fc'	: Mutu beton.
As	: Luas penampang tulangan.
μ	: Koefisien nilai faktor daktilitas.
T	: Periode / waktu getar bangunan.
V	: Gaya geser dasar horizontal.
C	: Koefisien gempa dasar.
I	: Momen inersia penampang yang menahan beban luar terfaktor yang bekerja.
W	: Berat total bangunan.
ρ	: Perbandingan tulangan
D	: Diameter tulangan.
L	: Panjang jembatan.
M _{ru}	: Momen dukung pelat
Q	: Total beban.
M	: Momen
ρ_{maks}	: Rasio tulangan maksimum
R	: Faktor jenis struktur
γ	: Faktor beban
α	: Koefisien muai temperatur
V _{DZ}	: Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam)
V ₁₀	: Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam)
V _B	: Kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm, yang akan menghasilkan tekanan
Z	: Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung (Z > 10000 mm)
V ₀	: Kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi, untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam)
Z ₀	: Panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meteorologi.
PB	: Tekanan angin dasar

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jembatan Idano Eho lama yang terletak di nias Selatan ini merupakan jembatan yang dibangun setelah gempa melanda Nias pada tahun 2005 terbuat dari baja tipe A dengan lebar 9 meter dan panjang kurang lebih 40 m, kelas jembatan B, dimana plat lantai pada jembatan lama ini menggunakan lempengan baja yang kemudian jembatan ini mengalami keruntuhan pada tahun 2020 akibat ABT yang tergerus oleh arus sungai dan diperparah dengan banjir yang sering terjadi setiap hujan turun.

Pelat lantai jembatan merupakan struktur pada jembatan yang menopang beban hidup dan beban mati lalu menyalurkannya ke girder untuk diteruskan ke struktur bawah jembatan. Lendutan merupakan masalah utama dalam perencanaan pelat lantai jembatan. Sebuah struktur dengan perhitungan lendutan yang tidak baik dapat menyebabkan kerugian bagi pengguna jalan dan menyebabkan keretakan sampai keruntuhan pada struktur jembatan tersebut (Hafizha, 2021)

Penyebab dari masalah ini selain penggunaan bahan material dengan kualitas kurang baik pada saat pemasangan tulangan, juga disebabkan karena ketidaktepatan perencanaan dimensi dan tulangan sehingga tidak cukup untuk menahan lendutan yang terjadi.

Apakah pelat lantai jembatan tersebut mampu menahan beban yang bekerja atau tidak merupakan hal-hal dasar yang harus diperhatikan pada saat melakukan perencanaan pelat lantai jembatan. Karena dalam perencanaan tersebut akan dihasilkan besaran dimensi dan tulangan yang seharusnya digunakan.

Perhitungan dimensi dan tulangan yang tidak tepat dapat menyebabkan perbedaan dimensi dan tulangan yang dipasang dan dibutuhkan dilapangan berbeda.

Jembatan pengganti yang berada di Idano Eho ini merupakan jembatan rangka baja sederhana tipe A yang menghubungkan 3 kabupaten yaitu Kabupaten Nias Tengah, Nias Barat dan Nias Selatan. Jembatan pengganti ini memiliki panjang bentang 60 meter dengan lebar 9 meter yang terbagi atas 1 lajur dan 2 arah dan hanya ditopang oleh 2 abutment tanpa pilar.

Pembangunan ulang jembatan pada sungai Idano Eho sebagai penghubung antar kabupaten ini dimaksudkan untuk menggantikan jembatan yang sebelumnya mengalami keruntuhan, maka untuk itu perlu dilakukan perhitungan ulang untuk mengetahui apakah material dan tulangan yang ada dalam gambar rencana telah sesuai dengan standar SNI 1725:2016 dan apakah lendutan yang terjadi aman atau tidak. Maka untuk menghitung ulang pelat lantai jembatan tersebut saya mengangkat judul “Analisis Perhitungan Plat Lantai Jembatan Pada Proyek Penggantian Jembatan Idano Eho”, dimana perhitungan ini berfokus untuk mengetahui apakah tulangan yang digunakan telah sesuai dengan yang dibutuhkan dan lendutan yang terjadi apakah aman atau tidak mengingat jembatan di sungai sudah berulang kali runtuh.

1.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana keefektifan penggunaan *floor deck*/pelat bondek pada pelat lantai jembatan?
2. Berapakah nilai lendutan yang terjadi pada pelat lantai jembatan?

3. Apakah nilai lendutan yang terjadi pada pelat lantai jembatan aman?

1.3. Maksud Dan Tujuan Penelitian

1. Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa nilai lendutan yang terjadi pada lantai jembatan.

2. Tujuan penelitian

Menghitung tulangan lantai jembatan yang dibutuhkan dan yang terpasang di lapangan apakah sama atau tidak serta menghitung nilai lendutan yang terjadi pada pelat lantai jembatan pengganti apakah lendutan yang terjadi aman atau tidak.

1.4. Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis memberi batasan masalah agar menjadi terarah pada pokok permasalahannya, yang meliputi:

1. Perhitungan hanya mencakup pelat lantai jembatan
2. Tidak menghitung PC I-Girder
3. Tidak menghitung *expantion joint* pada pelat lantai jembatan
4. Tidak menghitung struktur bawah jembatan.
5. Tidak menghitung siar muai pada pelat lantai jembatan.
6. Menggunakan peraturan SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan
7. Tidak menganalisa harga satuan dan merencanakan biaya anggaran (RAB) pembangunan.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini agar dapat mengetahui keefektifan penggunaan pelat bondek pada pelat lantai jembatan dan mengetahui pembebanan, perhitungan tulangan serta nilai lendutan yang terjadi dalam perencanaan plat lantai jembatan pada konstruksi sehingga dapat menerapkan ilmu yang didapat terhadap dunia kerja pada nantinya.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu (Jurnal Terkait)

Dalam melakukan penelitian penulis menggunakan penelitian terdahulu sebagai salah satu acuan untuk memperkaya teori yang digunakan dalam menelaah penelitian yang dilakukan.

Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis :

1. Skripsi : Analisis Struktur Pelat Lantai Jembatan Pada Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura. Oleh : Sarah Rizki Hafizha, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.

pada jurnal tersebut menganalisis lendutan yang terjadi pada jembatan dengan menggunakan metode SNI 1725:2016 dan pembebanan jembatan menggunakan RSNI T-12-2004, dimana hasil yang didapatkan kebutuhan tulangan pelat lentur untuk momen lapangan didapat, tulangan pokok yang digunakan D16 – 150 dan tulangan bagi yang digunakan D13 – 200, untuk momen tumpuan didapat, tulangan pokok yang digunakan D16 – 135 dan tulangan bagi yang digunakan D13 – 150, sedangkan untuk nilai lendutan yang terjadi pada plat lantai adalah jembatan adalah $\delta_{total} = 1,6.10^{-7}$ mm < $Lx/240$ (aman) OK!

2. Skripsi : Evaluasi Perhitungan Bangunan Atas Jembatan Komposit. Oleh : Harsan Ingot Hasudungan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Medan Area. Hasil perhitungan pada jurnal ini dengan menggunakan SNI 1725:2016 didapat tulangan lentur negatif yang digunakan arah melintang D25-40

mm dan arah memanjang D19-10 mm, untuk tulangan lentur positif tulangan yang digunakan tulangan yang digunakan arah melintang D25-40 mm dan arah memanjang D19-10 mm. Sedangkan untuk lendutannya didapat nilai sebesar $\delta_{total} = 1,02 < Lx/240$ (aman) OK!.

3. Skripsi : Analisis Struktur Jembatan Sei. Kampung Tengah Kec. Pelayangan Kota Jambi. Oleh : Ilham Fadel Muhammad, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Batanghari.

Analisis struktur pada jembatan ini menggunakan SNI 1725:2016, didapatkan hasil penulangan lentur positif menggunakan tulangan pokok D12-150 mm, dan tulangan bagi D12-200 mm, untuk penulangan lentur negatif menggunakan tulangan pokok D12-150 mm, dan tulangan bagi D12-200 mm. total luas penampang tulangan lentur plat lantai disetiap bentangnya hasil perhitungan 15381,24 mm² lebih besar dibanding *existing* 12893,1 mm².

2.2. Tinjauan Umum

Berdasarkan UU tahun 2004 bahwa jalan dan jembatan sebagai bagian dari sistem transportasi nasional mempunyai peranan penting terutama dalam mendukung bidang ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan yang dikembangkan melalui pendekatan pengembangan wilayah agar tercapai keseimbangan dan pemerataan pembangunan antar daerah.(Pelayangan & Jambi, 2019).

Pengertian jembatan secara umum adalah suatu struktur konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus akibat beberapa

kondisi seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, kali, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain. Sedangkan menurut ahli jembatan adalah :

1. Suatu struktur yang memungkinkan *route* transportasi melintasi sungai, danau, kali, jalan raya, jalan kereta api, dan lain-lain. (Dasar-dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang, Agus Iqbal Manu, 1995).
2. Suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain (jalan air atau jalan lalu lintas biasa). Jika jembatan itu berada di atas jalan lalu lintas biasa maka biasanya dinamakan *viaduct*. (Jembatan, H.J. Struyk & K.H.C.W. Van Der Veen, 1995)
3. Merupakan komponen infrastruktur yang sangat penting karena berfungsi sebagai penghubung dua tempat yang terpisah akibat beberapa kondisi. (Jembatan, Supriyadi dan Muntohar, 2007).

2.2.1. Perkembangan Jembatan

Jembatan adalah salah satu instrument pembangunan yang tertua didalam peradaban manusia. Pada era lampau, jembatan awalnya digunakan untuk menyeberangi sungai yang kecil dan terbuat dari batang-batang pohon atau balok-balok kayu yang cukup besar dan kuat. Degrand, memberikan pernyataan bahwa jembatan yang berada di sungai Nil merupakan jembatan yang dibangun pertama kali dan pada saat itu berada dibawah pemerintahan raja dari mesir, yaitu Raja Manes (2650 M). Kemudian, Diadorns Siculus menyusun sebuah skripsi mengenai jembatan yang terbuat dari kayu dan dibangun oleh Ratu Babilonis yang bernama Ratu Semirawis. Jembatan ini melintasi sungai Ethrat pada tahun 783

SM. Jembatan tersebut terbuat dari kayu yang bertumpu pada pilar-pilar yang terbuat dari batu.

Selain jembatan-jembatan tersebut, pada zaman perang terdapat jembatan yang berfungsi untuk para tentara melintasi sebuah sungai disebut sebagai jembatan terapung. Jembatan terapung ini dibangun oleh Raja Alexander dan Cyprus pada tahun 556 SM.

Material kayu yang cukup melimpah dan mudah ditemukan merupakan penyebab dari penggunaan kayu pada jembatan dalam waktu yang cukup lama. Selain itu, mudahnya pelaksanaan pembangunan juga merupakan alasan mengapa kayu digunakan dalam waktu yang cukup lama sebagai material pembangunan jembatan. Kemudian, jembatan-jembatan primitif tersebut mulai dilakukan pengembangan oleh bangsa China, Indian, Romawi dan Yunani. Jembatan berkembang semakin maju, dikarenakan ditemukannya berbagai material baru seperti kayu atau batu digabung dengan besi.

Pada era jembatan baja dan besi, konstruksi jembatan yang dibangun untuk pertama kalinya masih menirukan konstruksi jembatan batu. Jembatan Coalbrookdale merupakan jembatan besi yang dibangun pertama kali di Inggris pada tahun 1776. Jembatan ini dibangun dengan berbentuk setengah lingkaran.

Di pertengahan zaman, jembatan besi dibangun terutama untuk jembatan jalan raya dan masih menggunakan prinsip-prinsip bentuk lengkung (*arch bridge*). Jembatan yang dibangun masih tetap memakai bentuk lengkung murni walaupun menggunakan sistem kantilever seperti pada jembatan Quebec di Kanada dan *Fifth of Forth* di Skotlandia.

Selain era jembatan baja dan besi tersebut, terdapat era-era jembatan yang lain seperti era jembatan gantung, jembatan *cable-stayed*, dan jembatan beton yang terdiri dari jembatan beton bertulang dan jembatan beton prategang.

2.3. Bentuk dan Tipe Jembatan

Struktur jembatan mempunyai berbagai macam tipe, baik dilihat dari bahan strukturnya maupun bentuk strukturnya. Masing-masing tipe struktur jembatan cocok digunakan untuk kondisi yang berbeda sesuai dengan perkembangan, bentuk jembatan berubah dari yang sederhana menjadi yang sangat kompleks.

Jenis jembatan dapat dibagi berdasarkan fungsi, lokasi, bahan konstruksi dan tipe struktur, yaitu:

1. Berdasarkan fungsinya, jembatan dapat dibedakan sebagai berikut:
 - a. Jembatan jalan raya (*highway bridge*)

Merupakan bagian dari infrastruktur transportasi darat yang menghubungkan jalan satu ke jalan yang lainnya. Jembatan ini dirancang untuk memikul beban lalu lintas kendaraan berat maupun kendaraan ringan.



Gambar 10. Jembatan Jalan Raya (Hafizha, 2021)

b. Jembatan jalan kereta api (*railway bridge*)

Merupakan jembatan yang dikhususkan untuk dilewati kereta api. Struktur jembatan ini dirancang agar dapat menahan beban dan getaran yang dihasilkan pada saat kereta api melintas.



Gambar 11. Jembatan Jalan Kereta Api (Hafizha, 2021)

c. Jembatan pejalan kaki atau penyebrangan (*pedestrian bridge*)

Merupakan salah satu fasilitas bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan yang lebar dan ramai. Dengan menggunakan jembatan ini, orang dan lalu lintas kendaraan akan berpisah secara fisik.

2. Berdasarkan lokasi, jembatan dapat dibedakan sebagai berikut:

a. Jembatan di atas sungai atau danau

Sesuai dengan namanya, jembatan ini berada di atas sungai atau danau. Tujuannya supaya kendaraan ataupun pejalan kaki bisa tetap berlalu lintas, tanpa harus bersentuhan langsung dengan sungai atau danau. Dalam pembuatannya, harus diperhitungkan ketinggian minimum dan maksimumnya, untuk mencegah jika sewaktu-waktu aliran air sungai

deras atau meluap, maka tidak akan mengganggu lalu lintas kendaraan ataupun pejalan kaki.

b. Jembatan di atas lembah

Jembatan ini terletak diantara lembah. Tujuannya untuk menghubungkan transportasi ataupun pejalan kaki dari satu sisi ke sisi yang lainnya. Dalam pembuatannya, harus diperhitungkan pula segi keamanan, kekuatan serta faktor lainnya, agar tidak membahayakan kendaraan ataupun pejalan kaki yang melintas.

c. Jembatan di atas saluran/drainase (*culvert*)

Box culvert adalah beton tulang pracetak berbentuk segi empat. Dengan kata lain *box culvert* adalah gorong-gorong beton yang di bentuk di pabrik ataupun sebagian besar di cor ditempat. *Box culvert* umumnya digunakan untuk saluran drainase namun ukuran yang besar bisa digunakan sebagai jembatan.

d. Jembatan di dermaga (*jetty*)

Merupakan jembatan penghubung antara dermaga dengan area darat yang biasanya dimiliki oleh pelabuhan besar dengan dermaga yang berlokasi di tepi laut.

3. Berdasarkan bahan konstruksi, jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu:

a. Jembatan kayu (*log bridge*)

Menurut Bambang dan Muntohar (2007), bahwa jembatan kayu merupakan jembatan dengan material yang dapat

diperbaharui (*renewable*). Kayu adalah sumber daya alam yang pemanfaatannya akhir-akhir ini banyak pada bidang industri kayu lapis, furnitur. Dapat dikatakan sangat sedikit pemakaiannya dalam bidang jembatan secara langsung sebagai konstruksi utama. Paling tidak penggunaan kayu sebagai bekisting untuk jembatan.



Gambar 3. Jembatan Kayu (Hafizha, 2021)

b. Jembatan beton (*concrete bridge*)

Jembatan beton bertulang balok T merupakan merupakan jembatan yang konstruksinya terbuat dari material utama bersumber dari beton. Jembatan tipe ini digunakan secara luas dalam konstruksi jalan raya, tersusun dari slab beton yang didukung secara integral dengan gelagar.



Gambar 4. Jembatan Beton (Hafizha, 2021)

c. Jembatan beton prategang (*prestressed concrete bridge*)

Jembatan beton prategang merupakan salah satu jenis jembatan dengan material konstruksi beton prategang atau beton yang berisi kabel baja dengan tujuan untuk memberikan tegangan awal berupa tegangan tarik terhadap beton akibat sifat beton yang tidak mampu menahan gaya tarik.



Gambar 5. Jembatan Beton Prategang (Hafizha, 2021)

d. Jembatan baja (*steel bridge*)

Jembatan rangka baja adalah satu sktruktur jembatan yang terdiri dari rangkaian batang – batang baja yang dihubungkan dengan yang lainnya dengan cara di las ataupun dengan cara menggunakan baut. Beban beban yang terjadi pada jembatan ini akan disalurkan atau diuraikan pada batang – batang baja tersebut.



Gambar 6. Jembatan Baja (Hafizha, 2021)

a. Jembatan Komposit (*compossite bridge*)

Jembatan komposit merupakan jembatan yang mengkombinasikan dua atau lebih material yang berbeda sehingga dapat membentuk satu kesatuan yang memiliki sifat yang lebih baik.



Gambar 7. Jembatan Komposit (Hafizha, 2021)

4. Berdasarkan tipe struktur, khusus jembatan baja dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu :

a. Jembatan gelagar, tersusun dari beberapa gelagar, panjang bentang berkisar 10 meter sampai dengan 30 meter. Jembatan gelagar ini dapat bersifat komposit atau non komposit, tergantung penggunaan penghubung geser (*shear connector*), juga tergantung penggunaan

- bahan untuk lantai jembatan missal dari kayu (jembatan konvensional) atau beton.
- b. Jembatan gelagar pelat (*plate girder bridge*), atau sering juga disebut jembatan dinding penuh, tersusun dari 2 atau lebih gelagar, yang terbuat dari pelat-pelat baja dan baja siku yang diikat dengan paku keling atau di las. Panjang bentang berkisar 30 meter sampai dengan 90 meter.
 - c. Jembatan gelagar kotak (*box girder bridge*), terbuat dari pelat-pelat, berbentuk kotak persegi atau berbentuk trapesium, umumnya digunakan dengan panjang bentang 30 meter sampai dengan 60 meter. Jembatan dapat terdiri dari gelagar kotak tunggal maupun tersusun dari beberapa gelagar.
 - d. Jembatan rangka (*truss bridge*), tersusun dari batang-batang yang dihubungkan satu sama lain dengan pelat buhul, dengan pengikat paku keling, baut atau las. Batang-batang rangka ini hanya memikul gaya dalam aksial (normal) tekan atau tarik, tidak seperti jembatan gelagar yang memikul gaya-gaya dalam momen lentur dan gaya lintang.
 - e. Jembatan gantung (*suspension bridge*), pada jembatan gantung semua gaya-gaya vertikal disalurkan melalui kabel penggantung ke tiang (*pylon*) dan perletakan ujung.
 - f. Jembatan struktur kabel (*cable stayed bridge*), pada jembatan struktur kabel sepenuhnya gaya-gaya vertikal di pikul oleh tiang (*pylon*) yang disalurkan melalui kabel-kabel penggantung (Maharani, 2021)

2.4. Bangunan Atas Jembatan (*upper structure*)

Bangunan atas terletak pada bagian atas konstruksi yang menopang beban-beban akibat lalu lintas kendaraan, orang, barang ataupun berat sendiri dan konstruksi. Yang termasuk dalam bangunan atas adalah:

1. Tiang sandaran

Berfungsi untuk membatasi lebar dari suatu jembatan agar membuat rasa aman bagi lalu lintas kendaraan maupun orang yang melewatinya. Tiang sandaran dengan trotoar terbuat dari beton bertulang dan untuk sandarannya dari pipa galvanis.

2. Trotoar

Merupakan tempat pejalan kaki yang terbuat dari beton, bentuknya lebih tinggi dari lantai jalan atau permukaan aspal. Lebar trotoar minimal cukup untuk dua orang berpapasan dan biasanya berkisar antara 1,0–1,5 meter dan dipasang pada bagian kanan serta kiri jembatan. Pada ujung tepi trotoar (kerb) dipasang lis dari baja siku untuk penguat trotoar dari pengaruh gesekan dengan roda kendaraan.

3. Lantai Trotoar

Lantai trotoar adalah lantai tepi dari plat jembatan yang berfungsi menahan beban-beban yang terjadi akibat tiang sandaran, pipa sandaran, beban trotoar, dan pejalan kaki.

4. Lantai Kendaraan

Berfungsi untuk memikul beban lalu lintas yang melewati jembatan serta melimpahkan beban dan gaya-gaya tersebut ke gelagar memanjang

melalui gelagar-gelagar melintang. Pelat lantai dari beton ini mempunyai ketebalan total 20 cm.

5. Balok Diafragma

Balok diafragma adalah merupakan pengaku dari gelagar-gelagar memanjang dan tidak memikul beban plat lantai dan diperhitungkan seperti balok biasa.

6. Gelagar

Gelagar merupakan balok utama yang memikul beban dari lantai kendaraan maupun kendaraan yang melewati jembatan tersebut, sedangkan besarnya balok memanjang tergantung dari panjang bentang dan kelas jembatan (Hasudungan & Nurmaidah, 2021).

2.5. Bangunan Bawah Jembatan

Bangunan bawah pada umumnya terletak disebelah bawah bangunan atas. Fungsinya menerima/memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas dan kemudian menyalurkannya ke pondasi (Agus Iqbal Manu, 1995:5). Yang termasuk dalam bangunan bawah jembatan yaitu seperti :

1. Kepala jembatan (*Abutment*)

Bagian bangunan pada ujung-ujung jembatan, selain sebagai pendukung bagi bangunan atas juga berfungsi sebagai penahan tanah. Bentuk umum abutment yang sering dijumpai baik pada jembatan lama maupun jembatan baru pada prinsipnya semua sama yaitu sebagai pendukung bangunan atas, tetapi yang paling dominan ditinjau dari kondisi lapangan seperti daya dukung tanah dasar dan penurunan (*seatlement*) yang terjadi. Adapun jenis

abutment ini dapat dibuat dari bahan seperti batu atau beton bertulang dengan konstruksi seperti dinding atau tembok.

2. Plat injak

Plat injak adalah bagian dari bangunan jembatan bawah yang berfungsi untuk menyalurkan beban yang diterima di atasnya secara merata ke tanah dibawahnya dan juga untuk mencegah terjadinya defleksi yang terjadi pada permukaan jalan.

3. Pondasi

Pondasi adalah bagian dari jembatan yang tertanam didalam tanah. Fungsi dari pondasi adalah untuk menahan beban bangunan yang berada di atasnya dan meneruskannya ke tanah dasar, baik ke arah vertikal maupun ke arah horizontal. Dalam perencanaan suatu konstruksi atau bangunan yang kuat, stabil dan ekonomis, perlu diperhitungkan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Daya dukung tanah serta sifat-sifat tanah.
- 2) Jenis serta besar kecilnya bangunan yang dibuat.
- 3) Keadaan lingkungan lokasi pelaksanaan.
- 4) Peralatan yang tersedia.
- 5) Waktu pelaksanaan yang tersedia.

Pondasi terbagi menjadi 2 bagian yaitu:

- 1) Pondasi Dangkal (Pondasi Langsung)

Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung bagian bawah secara langsung pada tanah. Pondasi ini dapat dibagi menjadi:

- a) Pondasi Menerus (*Continuous Footing*)

- b) Pondasi Telapak (*Footing*)
- c) Pondasi Setempat (*Individual Footing*)

- 2) Pondasi Dalam (Pondasi Tak Langsung)

Pondasi dalam adalah beban pondasi yang dipikul akan diteruskan kelapisan tanah yang mampu memikulnya. Untuk menyalurkan beban bangunan tersebut kelapisan tanah keras maka dibuat suatu konstruksi penerus yang disebut pondasi tiang atau pondasi sumuran.

Pondasi dalam terdiri dari:

- a) Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang digunakan bila tanah pendukung berada pada kedalaman > 8 meter, yang berdasarkan tes penyelidikan dilapangan.

- b) Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran digunakan bila tanah pendukung berada pada kedalaman 2-8 meter. Bentuk penampang pondasi ini adalah bundar, segi empat dan oval.

- 4. Dinding Sayap (*Wing Wall*)

Dinding sayap adalah bagian dari bangunan bawah jembatan yang berfungsi untuk menahan tegangan tanah dan memberikan kestabilan pada posisi tanah terhadap jembatan.

- 5. Pilar

Pilar jembatan adalah konstruksi beton bertulang yang menumpu di atas pondasi tiang- tiang pancang. Berfungsi sebagai pemikul antara bentang-bentang bangunan atas jembatan serta menyalurkan gaya – gaya vertikal

dan horizontal dari bangunan atas ke pondasi(Pamungkas & Basuki, 2017).

2.6. *Floor Deck/Bondek*

Bondek merupakan baja yang dilapisi galvanis sehingga tahan terhadap karat dengan ketebalan 0,75-1 mm. Pelat ini selain difungsikan untuk pelat kombinasi sebagai pengganti tulangan positif, juga digunakan sebagai pengganti bekisting bawah pelat dan lantai kerja.

Kelebihan penggunaan pelat bondek :

1. Dapat difungsikan sebagai bekisting
2. Setelah pengecoran tidak perlu dibuka atau dilepas
3. Pelat bondek yang begitu rapat dan anti bocor ini membuat hasil coran lebih rapi.

Kekurangan pelat bondek :

1. Pelat bondek yang terbuat dari baja ini sedikit sulit untuk dipotong.
2. Pemasangan pelat bondek membutuhkan tenaga ahli yang berpengalaman.
3. Perlu menggunakan las listrik untuk menyambungkan dan menguatkan sambungan antar pelat.



Gambar 12. Pelat Bondek (Proyek Penggantian Jembatan Idano Eho)

2.7. Pembebanan Jembatan

Dalam menganalisis jembatan menggunakan SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan. Standar ini menetapkan ketentuan pembebanan dan aksi-aksi lainnya yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan jalan raya termasuk jembatan pejalan kaki dan bangunan-bangunan sekunder yang terkait dengan jembatan. Butir-butir tersebut diatas harus digunakan perencanaan seluruh jembatan termasuk jembatan bentang panjang dengan bentang utama > 200 m. Secara garis besar, SNI 1725 2016 mengelompokkan beban menjadi 2 kelompok besar. yaitu beban permanen dan beban transien (Setiyarto, 2017).

2.7.1. Berat Sendiri (Beban Mati)

Berat sendiri (beban mati) pada jembatan adalah berat dari bagian jembatan tersebut, elemen-elemen struktural yang dipikul. Bagian jembatan yang merupakan elemen struktural ditambah dengan elemen non-struktural yang di anggap tetap. Faktor beban yang digunakan untuk berat sendiri dapat di lihat pada tabel 1.

Tabel 1. Faktor Beban untuk Berat Sendiri (SNI 1725:2016)

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{MS}^U)		
	Bahan	Biasa	Terkurangi	
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Aluminium	1,00	1,10	0,90
	Beton Pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor ditempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

2.7.2. Beban Mati Tambahan / Utilitas

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.

Tabel 2. Faktor Beban untuk Berat Mati Tambahan (SNI 1725:2016)

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{MA})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MA}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MA}^U)	
	Bahan	Biasa	Terkurangi	
Tetap	Umum	1,00 ⁽¹⁾	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	1,80

Catatan⁽¹⁾ : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas

2.7.3. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur “D” dan beban truk “T”. Beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur “D” yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. Beban truk “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam jalur lalu lintas rencana. Tiap as terdiri dari dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk “T” diterapkan per lajur lalu lintas rencana.

Secara umum, beban “D” akan menjadi beban penentu dalam perhitungan jembatan yang mempunyai bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban “T” digunakan untuk bentang pendek dan lantai kendaraan.

a. Lajur Lalu Lintas Rencana

Secara umum, jumlah lajur lalu lintas rencana ditentukan dengan mengambil bagian *integer* dari hasil pembagian lebar bersih jembatan (w) dalam mm dengan lebar lajur rencana sebesar 2750 mm. perencana harus memperhitungkan kemungkinan berubahnya lebar bersih jembatan di masa depan sehubungan dengan perubahan fungsi dari bagian jembatan. Jumlah maksimum lajur lalu lintas yang digunakan untuk berbagai lebar jembatan bisa dilihat dalam

tabel 3. lajur lalu lintas rencana harus disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan.

Tabel 3. Jumlah lajur lalu lintas rencana (SNI 1725:2016)

Tipe Jembatan (1)	Lebar Bersih Jembatan (2) mm	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (n)
Satu Lajur	$3000 \leq w < 5250$	1
	$5250 \leq w < 7500$	2
Dua Arah, tanpa Median	$7500 \leq w < 10.000$	3
	$10.000 \leq w < 12.500$	4
	$12.500 \leq w < 15.250$	5
	$w \geq 15.250$	6
Dua Arah dengan Median	$5500 \leq w < 8000$	2
	$8250 \leq w < 10.750$	3
	$11.000 \leq w < 13.500$	4
	$13.750 \leq w < 16.250$	5
	$w \geq 16.500$	6

Catatan (1) : untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.

Catatan (2) : lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dan median untuk banyak arah.

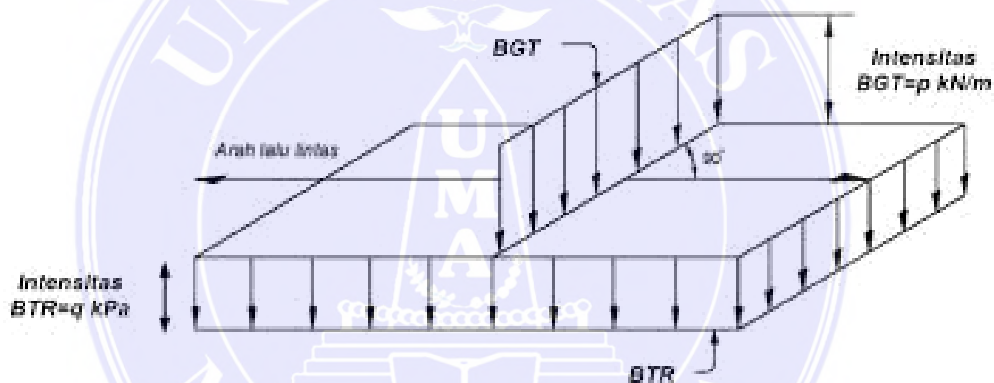
Berdasarkan tabel 3 bila lebar bersih jembatan berkisar antara 3000 mm sampai 5000 mm, maka jumlah jalur rencana harus diambil satu lajur lalu lintas rencana dan lebar jalur rencana harus diambil sebagai lebar jalur lalu lintas. Jika jembatan mempunyai lebar bersih antara 5250 mm dan 7500 mm, maka jembatan harus direncanakan memiliki dua lajur rencana, masing-masing selebar lebar bersih jembatan dibagi dua. Jika jembatan mempunyai lebar bersih antara 7750 mm dan 10000 mm, maka jembatan harus direncanakan dengan memiliki tiga lajur rencana, masing-masing selebar lebar bersih jembatan dibagi tiga.

b. Beban Lajur "D"

Tabel 4. Faktor Beban untuk Beban Lajur "D" (SNI 1725:2016)

Tipe Beban	jembatan	Faktor Beban (γ_{TD})		
		Keadaan Batas Layan (γ_{TD}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{TD}^U)	
transien	Beton	1,00	2,00	0,70
	Boks Girder Baja	1,00	1,40	0,80

Beban lajur "D" terdiri dari beban tersebar merata (BTR) "q" yang digabung dengan beban garis (BGT) "p" seperti yang terlihat pada gambar 9. Beban terbagi rata mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani "L" seperti berikut:



Gambar 13. Beban Lajur "D" (SNI 1725:2016)

Beban Terbagi Rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut :

$$L = 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa} \quad \text{Persamaan 2.1}$$

$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 [0,5 + 15 / L] \text{ kPa} \quad \text{Persamaan 2.2}$$

Dimana :

q adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan.

L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter).

$$1 \text{ kPa} = 0,001 \text{ MPa} = 0,01 \text{ kg/cm}^2 .$$

Panjang yang dibebani L adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. BTR mungkin harus di pecah menjadi panjang-panjang tertentu untuk mendapatkan pengaruh maksimum pada jembatan menerus atau bangunan khusus.

Beban Garis Terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arus lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m. Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya.

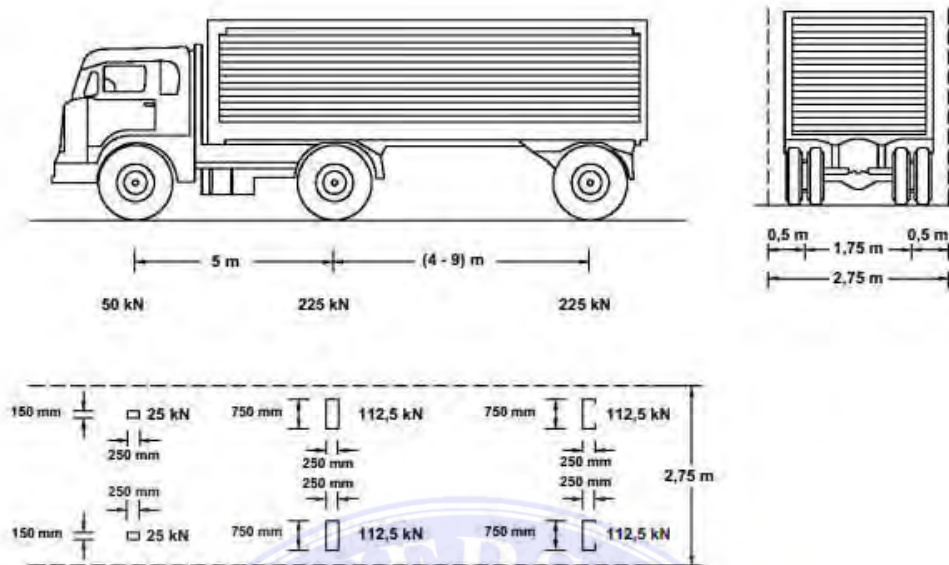
c. Beban Truk "T" (TT)

Selain beban "D", terdapat beban lalu lintas lainnya yaitu beban truk "T". beban truk tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban "D". beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai (Setiyarto, 2017).

Adapun faktor beban untuk beban "T" seperti terlihat pada tabel 5.

Tabel 5. Faktor Beban untuk Beban "T" (SNI 1725:2016)

Tipe Beban	jembatan	Faktor Beban (γ_{TT})	
		Keadaan Batas Layan (γ_{TT}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{TT}^U)
transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00



Gambar 14. Pembebanan Truk "T" (SNI 1725:2016)

Pembebanan truk “T” terdiri atas kendaraan truk *semi-trailer* yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti yang ada pada Gambar 10. Berat dari tiap-tiap gandar disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar tersebut bias diubah-ubah dari 4,0 meter sampai dengan 9,0 meter untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

Terlepas dari panjang jembatan atau susunan bentang, umumnya hanya ada satu kendaraan truk “T” yang bisa di tempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Untuk jembatan sangat panjang dapat ditempatkan lebih dari satu truk pada satu lajur lalu lintas rencana.

Kendaraan truk “T” ini harus ditempatkan di tengah-tengah lajur lalu lintas rencana seperti terlihat pada Gambar 10. Jumlah maksimum lajur lalu lintas rencana dapat dilihat dalam Tabel 5. tetapi jumlah lebih kecil digunakan dalam perencanaan apabila menghasilkan pengaruh yang lebih besar. Hanya jumlah lajur

lalu lintas rencana dalam nilai bulat harus digunakan. Lajur lalu lintas rencana bisa ditempatkan di mana saja pada lajur jembatan.

Kondisi faktor kepadatan lajur, ketentuan pasal ini tidak boleh digunakan untuk perencanaan keadaan batas fatik dan fraktur, dimana hanya satu jalur rencana diperhitungkan dan tidak tergantung dari jumlah total lajur rencana. Jika perencana menggunakan faktor distribusi beban kendaraan untuk satu lajur, maka pengaruh beban truk harus di reduksi dengan faktor 1,20. Tetapi jika perencana menggunakan *lever rule* atau metode statika lainnya untuk mendapatkan faktor distribusi beban kendaraan, maka pengaruh beban truk tidak perlu di reduksi.

Pengaruh beban hidup harus ditentukan dengan mempertimbangkan setiap kemungkinan kombinasi jumlah jalur yang terisi dikalikan dengan faktor kepadatan lajur yang sesuai untuk memperhitungkan kemungkinan terisinya jalur rencana oleh beban hidup. Jika perencana tidak mempunyai data maka yang diperlukan maka nilai-nilai pada tabel 6.

- Dapat digunakan saat meneliti hanya jika hanya satu jalur terisi,
- Boleh digunakan saat meneliti pengaruh beban hidup jika ada tiga atau lebih lajur terisi.

Tabel 6. Faktor Kepadatan Lajur (m) (SNI 1725:2016)

Jumlah Lajur Yang Dibebeani	Faktor Kepadatan Lajur
1	1,2
≥ 2	1

Untuk tujuan menentukan jumlah lajur ketika kombinasi pembebanan mencakup beban pejalan kaki seperti yang ditentukan dalam pasal 8.9 dengan satu atau lebih lajur kendaraan, maka perencana harus menentukan bahwa beban pejalan kaki akan mengisi salah satu lajur kendaraan. Faktor-faktor yang ditentukan dalam tabel 6 tidak boleh digunakan untuk menentukan faktor

distribusi beban kendaraan. Dalam hal ini perencana harus menggunakan *lever rule* untuk menentukan beban yang bekerja pada balok eksterior.

Bidang kontak roda kendaraan yang terdiri atas satu atau dua roda diasumsikan mempunyai bentuk persegi panjang dengan panjang 750 mm dan lebar 250 mm. tekanan ban harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan bidang kontak.

2.7.4. Gaya Rem

Gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem harus ditinjau. Gaya rem harus diambil yang terbesar dari :

- a. 25% dari berat gandar truk desain atau,
- b. 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR

Gaya rem harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm diatas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan. Untuk jembatan yang dimasa depan akan dirubah menjadi satu arah, maka semua lajur rencana harus dibebani secara simultan pada saat menghitung besarnya gaya rem. Faktor kepadatan lajur yang ditentukan untuk menghitung gaya rem.

2.7.4. Beban Angin

Tekanan angin rencana harus dikerjakan baik pada struktur jembatan maupun pada kendaraan yang melintasi jembatan. Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut harus diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm di atas permukaan jalan. Dengan tidak adanya data yang lebih

tepat, tekanan angin rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_D = P_P (V_{DZ}/V_B)^2 \quad \text{Persamaan 2.3}$$

Keterangan : P_B adalah tekanan angin dasar seperti yang ditentukan dalam Tabel 7 (MPa).

Tabel 7. Tekanan Angin Dasar (SNI 1725:2016)

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

Gaya total beban angin tidak boleh diambil kurang dari 4,4 kN/mm pada bidang tekan dan 2,2 kN/mm pada bidang hisap pada struktur rangka dan pelengkung, serta tidak kurang dari 4,4 kN/mm pada balok atau gelagar (Hafizha, 2021).

2.7.5. Beban Gempa

Jembatan harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat gempa.

Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respon elastik (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respon (R_d) dengan formulasi sebagai berikut :

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t \quad \text{Persamaan 2.4}$$

dimana :

$$E_Q = \text{Gaya gempa horizontal statis (kN)}$$

Csm = Koefisien respons gempa elastis

Rd = Faktor modifikasi respon

Wt = Berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup (kN)

2.7.6. Beban Temperatur

Besaran rentang simpangan akibat beban temperatur (Δ_T) harus berdasarkan temperatur maksimum dan minimum yang didefinisikan dalam desain sebagai berikut :

$$\Delta_T = \alpha L (T_{maxdesign} - T_{mindesign}) \quad \text{Persamaan 2.5}$$

Keterangan :

L adalah panjang komponen jembatan (mm) α adalah koefisien muai temperatur (mm/mm/°C).

Tabel 8. Temperatur Jembatan Rata-Rata Nominal (SNI 1725:2016)

Tipe bangunan atas	Temperatur jembatan rata-rata minimum (1)	Temperature jembatan rata-rata maksimum
Lantai beton diatas gelagar atau boks beton	15°C	40°C
Lantai beton diatas gelagar, boks atau rangka baja	15°C	40°C
Lantai pelat baja diatas gelagar, boks atau rangka baja	15°C	45°C
CATATAN (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.		

2.8. Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan

Faktor beban untuk setiap beban untuk setiap kombinasi pembebanan harus diambil seperti yang ditentukan dalam Tabel 6. Perencana harus menyelidiki

bagian parsial dari kombinasi pembebanan yang dapat terjadi harus diinvestigasi dimana setiap beban yang diindikasikan untuk diperhitungkan dalam kombinasi pembebanan harus dikalikan dengan faktor bebanyang sesuai. Hasil perkalian harus dijumlahkan sebagaimana ditentukan dan dikalikan dengan faktor pengubah.

Faktor beban harus dipilih sedemikian rupa untuk menghasilkan kondisi ekstrem akibat beban yang bekerja. Untuk setiap kombinasi pembebanan harus diselidiki kondisi ekstrem maksimum dan minimum. Dalam kombinasi pembebanan dimana efek salah satu gaya mengurangi efek gaya yang lain, maka harus digunakan faktor beban terkurangi untuk gaya yang mengurangi tersebut. Untuk beban permanen, harus dipilih faktor beban yang menghasilkan kombinasi pembebanan kritis. Jika pengaruh beban permanen adalah meningkatkan stabilitas atau kekuatan komponen jembatan, maka perencana harus memperhitungkan pengaruh faktor beban terkurangi (minimum).

Komponen dan sambungan pada jembatan harus memenuhi. Untuk kombinasi beban-beban ekstrem seperti yang ditentukan pada setiap keadaan batas sebagai berikut :

Kuat I : Kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jembatan dalam keadaan normal tanpa memperhitungkan beban angin. Pada keadaan batas ini, semua gaya nominal yang terjadi dikalikan dengan faktor beban yang sesuai.

Kuat II : Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan penggunaan jembatan untuk memikul beban kendaraan khusus yang ditentukan pemilik tanpa memperhitungkan beban angin.

Kuat III : Kombinasi pembebanan dengan jembatan dikenai beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

Kuat IV : Kombinasi pembebanan untuk memperhitungkan kemungkinan adanya rasio beban mati dengan beban hidup yang besar.

Kuat V : Kombinasi pembebanan berkaitan dengan operasional normal jembatan dengan memperhitungkan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126km/jam.

Ekstrem I : Kombinasi pembebanan gempa. Faktor beban hidup γ_{EQ} yang mempertimbangkan bekerjanya beban hidup pada saat gempa berlangsung harus ditentukan berdasarkan kepentingan jembatan.

Ekstrem II : Kombinasi pembebanan yang meninjau kombinasi antara beban hidup berkurang dengan beban yang timbul akibat tumbukan kapal, tumbukan kendaraan, banjir atau beban hidrolika lainnya, kecuali untuk kasus pembebanan akibat tumbukan kendaraan (*TC*). Kasus pembebanan akibat banjir tidak boleh dikombinasikan dengan beban akibat tumbukan kendaraan dan tumbukan kapal.

Layan I : Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan operasional jembatan dengan semua beban mempunyai nilai nominal serta memperhitungkan adanya beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam. Kombinasi ini juga digunakan untuk mengontrol lendutan pada gorong-gorong baja, pelat pelapis terowongan, pipa termoplastik serta untuk mengontrol lebar retak struktur beton bertulang; dan juga untuk analisis tegangan tarik pada penampang melintang jembatan beton segmental. Kombinasi pembebanan ini juga harus digunakan untuk investigasi stabilitas lereng.

Layan II : Kombinasi pembebanan yang ditujukan untuk mencegah terjadinya pelelehan pada struktur baja dan selip pada sambungan akibat beban kendaraan.

Layan III : Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada arah memanjang jembatan beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak dan tegangan utama tarik pada bagian badan dari jembatan beton segmental.

Layan IV : Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada kolom beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak.

Fatik : Kombinasi beban fatik dan fraktur sehubungan dengan umur fatik akibat induksi beban yang waktunya tak terbatas (Badan Standardisasi Nasional, 2016).

Tabel 9. Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan (SNI 1725:2016)

Keadaan Batas	MS	TT	EU	EW _s	EW _L	BF	EU _n	TG	ES	Gunakan salah satu		
	MA	TD	TA	TB	PR	TR	PL	TP	SH	QC	TC	TV
Kuat I	γp	1,80	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γTG	γES	-	-	-
Kuat II	γp	1,40	1,00	-	-	1,00	0,50/1,21	γTG	γES	-	-	-
Kuat III	γp	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,22	γTG	γES	-	-	-
Kuat IV	γp	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,23	-	-	-	-	-
Kuat V	γp	-	1,00	0,40	-	1,00	0,50/1,24	γTG	γES	-	-	-
Ekstrem I	γp	γEQ	1,00	-	1,00	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	γp	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Daya layan I	1,00	1,00	1,00	0,30	-	1,00	1,00/1,20	γTG	γES	-	-	-
Daya layan II	1,00	1,30	1,00	-	1,00	1,00	1,00/1,21	-	-	-	-	-
Daya layan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,22	γTG	γES	-	-	-
Daya layan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,23	-	-	-	-	-
Fatik (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan :

MS = beban mati komponen struktural dan non struktural jembatan

MA = beban mati perkerasan dan utilitas

TA	= gaya horizontal akibat tekanan tanah
PL	= gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan
PR	= prategang
SH	= gaya akibat susut/rangkak
TB	= gaya akibat rem
TR	= gaya sentrifugal
TT	= beban truk "T"
TD	= beban lajur "D"
TP	= beban pejalan kaki
EU	= beban arus dan hanyutan
EW _s	= beban angin pada struktur
EW _L	= beban angin pada kendaraan
EU _n	= gaya akibat temperatur seragam
BF	= gaya friksi
TC	= gaya akibat tumbukan kendaraan
TV	= gaya akibat tumbukan kapal
EQ	= gaya gempa

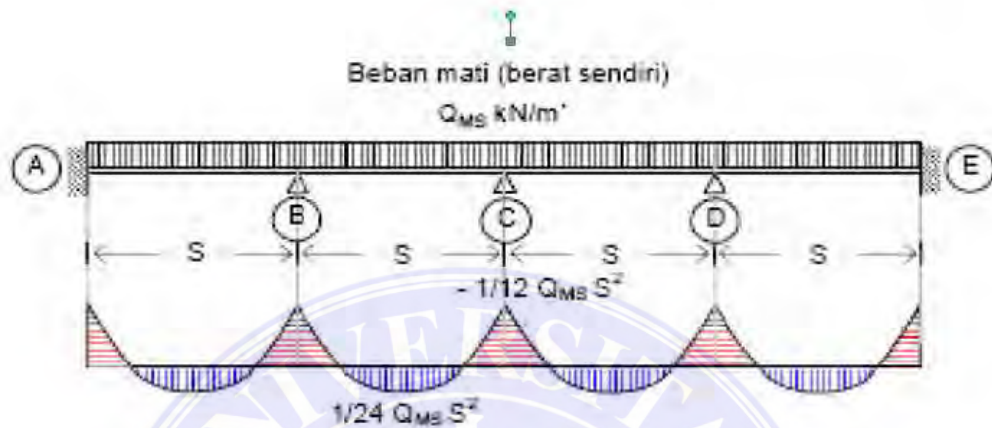
γ_p dapat berupa γ_{MS} , γ_{MA} , γ_{TA} , γ_{PR} , γ_{PL} , γ_{SH} tergantung beban yang ditinjau.

2.9. Momen Pada Pelat Lantai Jembatan

Momen adalah sebuah besaran yang mengatakan besarnya yang menyatakan besarnya gaya pada sebuah benda yang mengakibatkan benda tersebut mengalami gerak rotasi. Momen ini dipengaruhi oleh beberapa faktor

yakni gaya yang diberikan ke lengan gaya dan panjang/jarak sumbu putar dengan letak gaya. Momen yang bekerja pada pelat lantai adalah :

2.9.1. Akibat beban sendiri (QMS)

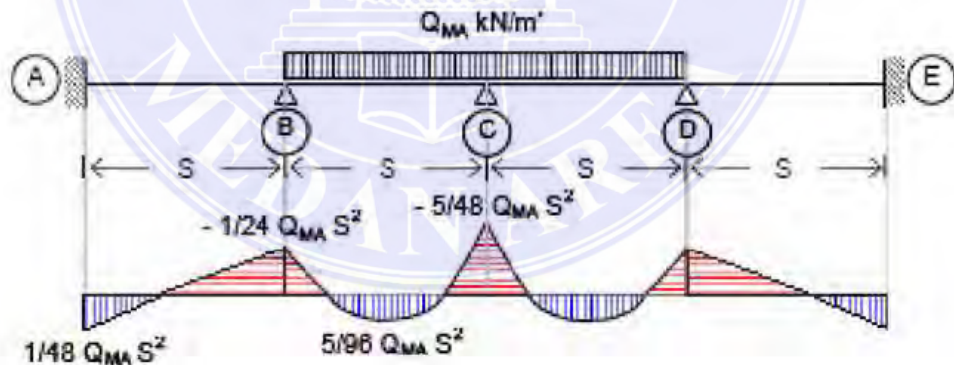


Gambar 11. Momen Akibat Beban Sendiri (SNI 1725:2016)

Momen tumpuan maksimum = $1/12 QMS S^2$ Persamaan 2.6

Momen lapangan maksimum = $1/24 QMS S^2$ Persamaan 2.7

2.9.2. Akibat beban mati tambahan (QMA)



Gambar 12. Momen Akibat Beban Mati Tambahan (SNI 1725:2016)

Momen tumpuan maksimum = $5/48 QMA S^2$ Persamaan 2.8

Momen lapangan maksimum = $5/96 QMA S^2$ Persamaan 2.9

2.9.3. Akibat beban truk (T) dan angin (PEW)



Gambar 13. Momen Akibat Beban Truk dan Angin (SNI 1725:2016)

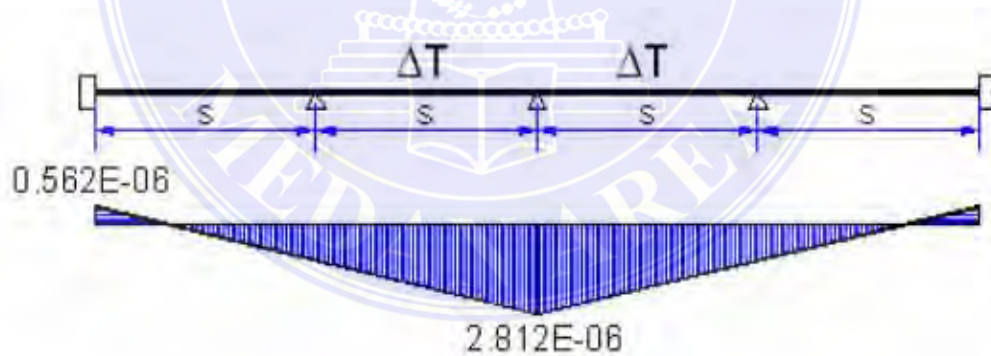
Momen tumpuan maksimum = $5/32 PEW S$

Persamaan 2.9

Momen lapangan maksimum = $9/64 PEW S$

Persamaan 2.10

2.9.4. Akibat temperatur



Gambar 14. Momen Akibat Temperatur (SNI 1725:2016)

Momen tumpuan maksimum = $1/4 \Delta T \alpha EI/h$

Persamaan 2.11

Momen lapangan maksimum = $7/8 \Delta T \alpha EI/h$

Persamaan 2.12

2.10. Pelat Lantai Jembatan

Pelat lantai jembatan adalah bagian dari konstruksi jembatan yang memikul beban akibat jalur lalu lintas secara langsung untuk kemudian disalurkan kepada konstruksi di bawahnya. Lantai ini harus diberi saluran yang baik untuk mengalirkan air hujan dengan cepat. Untuk keperluan ini maka permukaan jalan diberi kemiringan sebesar 2 % ke arah kiri dan kanan tepi jalan. Lantai kendaraan untuk jembatan komposit ditopang oleh gelagar memanjang dan diperkuat oleh diafragma. Plat lantai merupakan bagian yang menyatu dengan sistem struktur yang lain yang didesain untuk mendistribusikan beban – beban sepanjang bentang jembatan.

2.11. Perencanaan Pelat Lantai Jembatan Terhadap Lentur

Pelat lentur merupakan salah satu elemen penting dari struktur bangunan gedung. Pada umumnya bangunan gedung tersusun dari pelat lantai, balok anak, balok induk, kolom, dan pondasi. Idealisasi pelat lentur juga dapat dijumpai pada pelat atap, lantai jembatan maupun pelabuhan. Berdasarkan komponen gaya dalam yang bekerja, pelat lentur dapat dibedakan menjadi dua yaitu: (1) pelat satu arah dimana momen lentur dianggap hanya bekerja pada satu sumbu dengan arah lenturan utama pada arah sisi yang lebih pendek, dan (2) pelat dua arah dimana momen lentur dianggap bekerja pada dua sumbu dengan lenturan terjadi pada dua arah yang saling tegak lurus.

Apabila perbandingan ukuran sisi panjang terhadap sisi pendek pelat lebih besar dari 2 (dua) maka pelat tersebut dapat digolongkan sebagai pelat satu arah,

dengan asumsi perencanaan layaknya elemen balok dengan tinggi setebal pelat dan lebar satu satuan panjang (umumnya diambil 1 meter lebar).

Berdasarkan kondisi tumpuannya, pelat dapat digolongkan menjadi dua yaitu: (1) pelat dengan balok sebagai tumpuan pada masing-masing sisinya, dan (2) pelat tanpa balok penumpu yang seringkali disebut sebagai pelat datar. Pada kasus pelat datar panel pelat langsung ditumpu oleh kolom sehingga muncul kerawanan terhadap timbulnya akumulasi gaya geser setempat yang disebut dengan *pons*, dimana kolom seolah-olah akan menembus panel pelat ke arah atas. Untuk menanggulangi fenomena ini biasanya diberikan penebalan pelat setempat pada posisi kolom, yang selanjutnya disebut sebagai *drop panel* atau dilakukan pembesaran ukuran ujung kolom yang disebut sebagai *kapital kolom* atau kepala kolom. Dengan demikian pelat tanpa balok penumpu dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: (1) tanpa penebalan, dan (2) dengan penebalan.

2.11.1 Perencanaan Dimensi Tampang

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja.

- a. Tebal minimum untuk balok atau pelat satu arah

Untuk menjamin kekuatan dan kemampuan layan serta menghindari terjadinya retak dan defleksi yang berlebihan pada elemen balok dan pelat satu arah, ketebalan minimum yang dihitung dengan ketentuan berikut:

Tabel 10. Ketebalan minimum balok non-pratekan dan pelat satu arah (SNI 1725:2016)

Komponen Struktur	Dua Tumpuan Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
	Komponen Yang Tidak Menahan Atau Tidak Disatukan Dengan Partisi atau Konstruksi Lain Yang Mungkin Akan Rusak Oleh Lendutan Yang Besar			
Pelat Masif Satu Arah	L/20	L/24	L/28	L/10
Balok Atau Pelat Rusuk Satu Arah	L/16	L/18,5	L/21	L/8

Catatan: Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

dengan:

l = panjang bentang balok atau pelat satu arah, dengan ketentuan:

- 1) Panjang bentang dari komponen struktur yang tidak menyatu dengan struktur pendukung dihitung sebagai bentang bersih ditambah dengan tinggi dari komponen struktur. Besarnya bentang tersebut tidak perlu melebihi jarak pusat ke pusat komponen struktur pendukung yang ada.
- 2) Dalam analisis untuk menentukan momen pada rangka atau struktur menerus, panjang bentang harus diambil sebesar jarak pusat ke pusat komponen struktur pendukung.

- b. Tebal minimum untuk pelat dua arah dengan balok penumpu

Tebal minimum untuk pelat dua arah dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- 1) Untuk am yang sama atau lebih kecil dari 0,2 diterapkan ketentuan sebagaimana dipersyaratkan pada pelat tanpa balok interior.
- 2) Untuk am lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi:

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)} \quad \text{Persamaan 2.13}$$

dan tidak boleh kurang dari 120 mm

- 3) Untuk αm lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta} \quad \text{Persamaan 2.14}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

dengan:

l_n = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah diukur dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya (mm)

a = rasio kekakuan lentur tampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah panel-panel yang bersebelahan (bila ada) pada tiap sisi balok

αm = nilai rata-rata a untuk semua balok pada tepi-tepi suatu panel

b = rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan Persamaan (2.13) atau Persamaan (2.14) harus dinaikan paling tidak 10% pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

2.11.2 Analisis Gaya Dalam

Semua komponen struktur beton bertulang harus direncanakan terhadap pengaruh maksimum dari beban terfaktor yang dihitung dengan metode elastis.

a. Analisis balok dan pelat satu arah diatas banyak tumpuan

Sebagai alternatif, metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulang di mana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah, selama:

- 1) jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua,
- 2) panjang bentang tidak terlalu berbeda, rasio bentang terbesar terhadap bentang terpendek dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2,
- 3) beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata, beban hidup per satuan
- 4) tidak melebihi tiga kali beban mati-nya, dan
- 5) komponen struktur adalah prismatis.

b. Analisis pelat dua arah

Sebagai alternatif, metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur pada bagian lapangan maupun tumpuan panel pelat dua arah dimana momen lentur dianggap bekerja pada dua sumbu dengan lenturan terjadi pada dua arah yang saling tegak lurus dengan perbandingan antara sisi panjang dan sisi pendek kurang dari 2 (dua). Cara pendekatan yang ditunjukkan dapat dipergunakan dengan syarat:

- 1) beban yang bekerja berupa beban terbagi rata,

- 2) perbedaan yang terbatas antara besarnya beban maksimum dan minimum padapanel pelat memenuhi $WU_{min} \geq WU_{max}$,
- 3) perbedaan yang terbatas antara beban maksimal pada panel pelat yangberbeda-beda tipe memenuhi WU_{max} terkecil $\geq 0,8$. WU_{max} terbesar,
- 4) perbedaan yang terbatas pada panjang bentang, dimana bentang terpendek lebih besar dari 0,8 bentang terpanjang.

c. Tulangan Minimum

Tulangan minimum harus dipasang untuk menahan tegangan tarik utama sebagai berikut:

- 1) Pelat lantai yang ditumpu kolom:

$$\frac{As}{b d} = \frac{1,25}{fy} \quad \text{Persamaan 2.15}$$

- 2) Pelat lantai yang ditumpu balok atau dinding:

$$\frac{As}{b d} = \frac{1,0}{fy} \quad \text{Persamaan 2.16}$$

- 1) Pelat Telapak :

$$\frac{As}{b d} = \frac{1,0}{fy} \quad \text{Persamaan 2.17}$$

Apabila pelat lantai ditumpu seperti halnya sebagai pelat dua arah, luas minimum tulangan dalam masing-masing arah harus diambil dua pertiga dari harga-harga di atas.

d. Syarat Tulangan Maksimum

Untuk komponen struktur lentur, dan untuk komponen struktur yang dibebani kombinasi lentur dan aksial tekan dimana kuat tekan rencana ρP_n

kurang dari nilai yang terkecil antara $0,1fc'Ag$ dan ρPb , maka rasio tulangan ρ tidak boleh melampaui 0,75 dari rasio ρb yang menghasilkan kondisi regangan batas berimbang untuk penampang. Untuk komponen struktur beton dengan tulangan tekan, bagian ρb untuk tulangan tekan tidak perlu direduksi dengan faktor 0,75.

2.11.3 Jarak Tulangan

Jarak tulangan harus cukup memadai untuk penempatan penggetar dan memungkinkan ukuran terbesar dari agregat kasar dapat bergerak saat digetarkan. Jarak bersih minimum antara tulangan sejajar, seikat tulangan dan sejenisnya tidak boleh kurang dari:

- a. 1,5 kali ukuran nominal maksimum agregat; atau
- b. 1,5 kali diameter tulangan; atau
- c. 40 mm

Jarak bersih antara tulangan yang sejajar dalam lapisan tidak boleh kurang dari 1,5 kali diameter tulangan atau 1,5 kali diameter seikat tulangan.

2.11.4. Detail Tulangan Lentur

- a. Penyebaran

Tulangan tarik harus disebarakan dengan merata pada daerah tegangan tarik beton maksimum, termasuk bagian sayap balok T, balok L dan balok I pada tumpuan.

- b. Pengangkuran - umum

Bagian ujung dan pengangkuran dari tulangan lentur harus didasarkan pada momen lentur hipotetis yang dibentuk oleh pemindahan secara

merata dari momen lentur positif dan negatif, sejarak h pada balok terhadap tiap sisi potongan momen maksimum yang relevan.

Tidak kurang dari sepertiga tulangan tarik akibat momen negatif total yang diperlukan pada tumpuan harus diperpanjang sejarak h melewati titik balik lentur.

c. Pengangkuran dari tulangan positif harus memenuhi :

Pada perletakan sederhana, tulangan angkur harus dapat menyalurkan gaya tarik sebesar $1,5 Vu$ pada bagian muka perletakan.

- 1) Bila tulangan tarik diperlukan pada tengah bentang, tidak boleh kurang dari setengahnya harus diperpanjang sejarak $12 db$ melalui muka perletakan, atau sepertiganya harus diperpanjang $8 db$ ditambah $h/2$ melalui muka perletakan.
- 2) Pada balok menerus atau terkekang secara lentur, tidak kurang dari seperempat dari tulangan positif total yang diperlukan di tengah bentang harus diperpanjang/diteruskan melalui permukaan dekat perletakan.

d. Tulangan lentur tidak boleh dihentikan di daerah tarik kecuali bila salah satu ketentuan berikut dipenuhi:

- 1) untuk batang D36 dan yang lebih kecil, dimana tulangan menerusya memberikan luas dua kali dari luas tulangan lentur yang diperlukan pada titik pemutusan tulangan dan geser terfaktornya tidak melampaui tiga perempat dari kuat geser rencana, ΦVn .
- 2) gaya geser terfaktor pada titik pemutusan tulangan tidak melebihi dua pertiga dari kuat geser rencana ΦVn .

- 3) pada setiap pemutusan batang tulangan atau kawat, disediakan suatu luas sengkang tambahan disamping sengkang yang diperlukan untuk menahan geseran puntir, sepanjang tiga perempat tinggi efektif komponen struktur diukur dari titik penghentian tulangan. Luas sengkang tambahan A_v tidak boleh kurang dari $0,4b_w s/f_y$. Spasi s tidak boleh lebih dari $d/8\rho_b$, dimana ρ_b adalah rasio dari luas tulangan yang diputus terhadap luas tulangan tarik total pada penampang tersebut.

2.11.5. Penyebaran Tulangan untuk Pelat Lantai

- a. Tulangan harus dipasang pada bagian bawah dengan arah menyilang terhadap tulangan pokok.
- b. Kecuali bila analisis yang lebih teliti dilaksanakan, jumlah tulangan diambil sebagai persentase dari tulangan pokok yang diperlukan untuk momen positif sebagai berikut:
- c. Tulangan pokok sejajar arah lalu lintas:
- d. Persentase = $\frac{55}{\sqrt{l}}$ (max.50%, min.30%)
- e. Tulangan pokok tegak lurus arah lalu lintas :
- f. Persentase = $\frac{110}{\sqrt{l}}$ (max.67%, min.30%)
- g. Dengan adanya tulangan pokok yang tegak lurus arah lalu lintas, jumlah penyebaran tulangan dalam seperempat bentang bagian luar dapat dikurangi dengan maksimum 50%.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini, lokasi survei dilakukan pada plat lantai jembatan pada proyek Penggantian Jembatan Idano Eho, yang berada diperbatasan antara desa Ndraso dan desa Sifaoroasi yang mana keduanya sama-sama berada di wilayah Kabupaten Nias Selatan.



Gambar 15. Lokasi Survei (Google Earth 2022)

Plat lantai jembatan pada proyek Penggantian Jembatan Idano Eho ini memiliki panjang bentang 60 meter, dengan lebar 9 meter yang terbagi atas trotoar masing-masing 1 meter kanan kiri, tanpa ditopang oleh pilar.

3.2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Senin, 24 Oktober 2022, dimana pada penelitian ini dilakukan pengukuran panjang dan lebar jembatan serta pengambilan data-data pendukung dari instansi terkait yaitu pihak PU.

3.3. Bahan dan Alat

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa alat untuk menunjang pelaksanaan di lapangan sebagai berikut ini :

1. Surat izin melakukan penelitian
2. Alat tulis
3. alat ukur (meteran)
4. kalkulator

3.4. Metodologi Penelitian

Metode penelitian merupakan cara ilmiah dalam mencari dan mendapatkan data, serta memiliki kaitan dengan prosedur dalam melakukan penelitian dan teknis penelitian. Penulisan penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, dimana cara (metode) pengumpulan data, analisa data, dan interpretasi hasil analisa untuk pengambilan keputusan dan kesimpulan. Metode studi yang dilakukan adalah perhitungan nilai lendutan pada pelat lantai menggunakan metode SNI 1725:2016 dan RSNI T-12-2014.

3.5. Sumber Data

Adapun sumber data yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data Primer

Data primer merupakan yang diperoleh langsung dilapangan untuk dijadikan data dasar, namun data juga dijadikan pengontrol data yang sudah tersedia pada data sekunder. Data-data yang berhubungan dengan

data primer meliputi data hasil survey wawancara dengan pihak pelaksana, kontraktor dan konsultan.

2. Data Sekunder

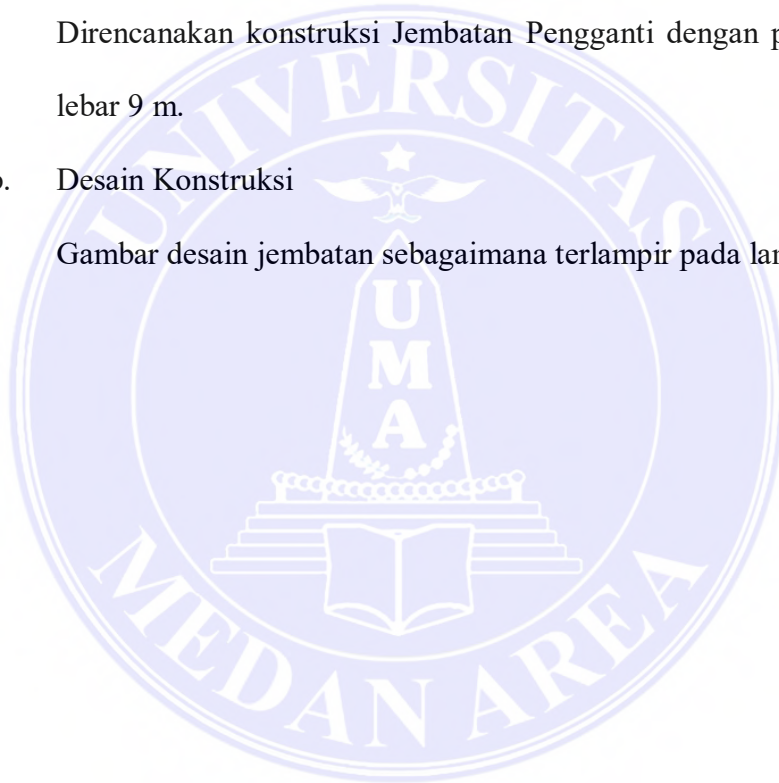
Data sekunder merupakan data yang diperoleh penyusun berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berhubungan dengan rencana proyek :

a. Deskripsi Konstruksi

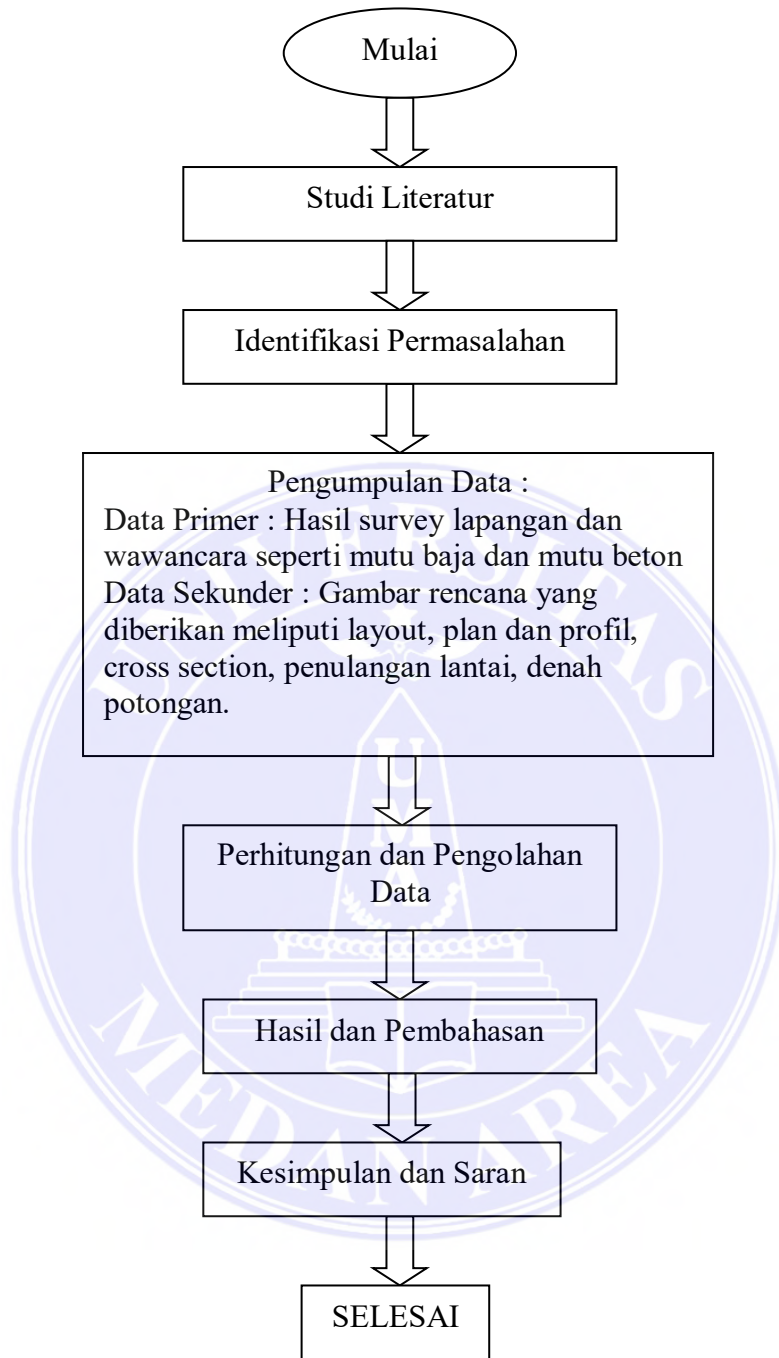
Direncanakan konstruksi Jembatan Pengganti dengan panjang 60 m, lebar 9 m.

b. Desain Konstruksi

Gambar desain jembatan sebagaimana terlampir pada lampiran.



Berikut ini adalah diagram alir urutan kerja penelitian yang akan dilakukan :



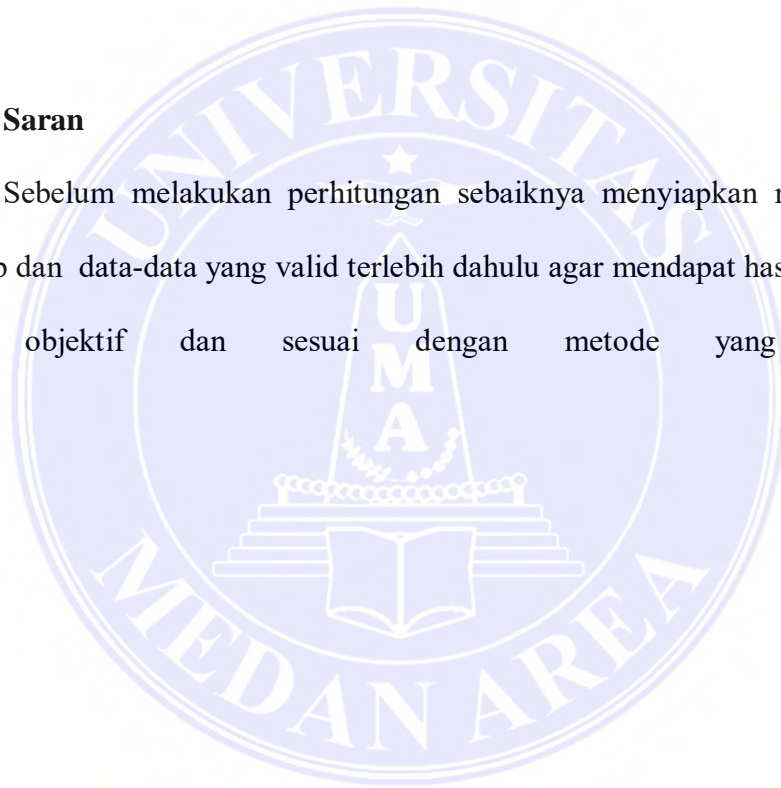
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.

Dengan perhitungan pembebanan pada jembatan Idano Eho didapat hasil tulangan yang sama dengan yang digunakan di lapangan yaitu tulangan pokok D16-150 mm dan tulangan bagi D13-200 mm serta terdapat lendutan sebesar $2,79 \cdot 10^{-7} \text{ mm} < 0,25 (Lx/240)$ dimana lendutan ini dapat dikatakan aman.

5.2. Saran

Sebelum melakukan perhitungan sebaiknya menyiapkan referensi yang lengkap dan data-data yang valid terlebih dahulu agar mendapat hasil perhitungan yang objektif dan sesuai dengan metode yang digunakan



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2004. Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan. Rsn T-12-2004. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. Standar Pembebanan Jembatan. Sni 1725-2016. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa. Sni 2833-2016. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan. *Badan Standarisasi Nasional*, 1–67.
- Hafizha, S. R. (2021). *Analisis Struktur Pelat Lantai Jembatan Pada Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura Skripsi Oleh : Fakultas Teknik Analisis Struktur Pelat Lantai Jembatan Pada Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mempe.*
- Hasudungan, H. I., & Nurmaidah, N. (2021). Evaluasi Perhitungan Bangunan Atas Jembatan Komposit. *Journal Of Civil Engineering Building And Transportation*, 5(1), 26–36. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v5i1.5071>
- Maharani, I. G. A. E. (2021). Perencanaan Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Sungai Ihi Kabupaten Barito Selatan. *Skripsi. Surabaya: Universitas 17 Agustus 1945*, 1–15.
- Pamungkas, F., & Basuki, S. T. (2017). *Perencanaan Struktur Jembatan Beton Bertulang Tipe Gelagar Di Kalicemoro.*
<http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/55904>
[http://eprints.ums.ac.id/55904/21/Halaman Depan-Libraryums-Fajar.Pdf](http://eprints.ums.ac.id/55904/21/Halaman_Depan-Libraryums-Fajar.Pdf)
- Pelayangan, K. E. C., & Jambi, K. (2019). *No Title.*

Setiyarto, Y. D. (2017). Standar Pembebanan Pada Jembatan Menurut SNI 1725
2016. *The Loading Standards On Bridges According To SNI 1725 2016*, 9, 8.
[Https://Repository.Unikom.Ac.Id/54571/1/Vii-10-Y.Djoko-Setiyarto-
Standar-Pembebanan-Pada-Jembatan.Pdf](https://Repository.Unikom.Ac.Id/54571/1/Vii-10-Y.Djoko-Setiyarto-
Standar-Pembebanan-Pada-Jembatan.Pdf)



LAMPIRAN

