

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN PLATE GIRDER BAJA UNTUK STRUKTUR ATAS
JEMBATAN SUNGAI TERJUN DESA RANGKILING KECAMATAN
MANDIANGIN KABUPATEN SAROLANGUN**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI
JAMBI
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

PERENCANAAN PLATE GIRDER BAJA UNTUK STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI TERJUN DESA RANGKILING KECAMATAN MANDIANGIN KABUPATEN SAROLANGUN



Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari menyatakan Tugas Akhir dengan judul dan penyusunan sebagaimana diatas telah disetujui sesuai prosedur, ketentuan dan kelaziman yang berlaku dan dapat diajukan dalam Ujian Tugas Akhir dan Komprehensif Program Strata Satu (S-I) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari.

Jambi, 14 Februari 2021

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Elvira Handayani, ST,MT

Ir. M. Asmuni Jatoeb, MT



HALAMAN PENGESAHAN

**PERENCANAAN PLATE GIRDER BAJA UNTUK STRUKTUR
ATAS JEMBATAN SUNGAI TERJUN DESA RANGKILING
KECAMATAN MANDIANGIN KABUPATEN SAROLANGUN**

Tugas akhir dengan judul tersebut diatas telah dipertahankan dihadapan dosen penguji pada ujian Tugas Akhir dan Komprehenship Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari oleh penyusun :

Nama : **VICTOR CAESAR HUTAJULU**
NPM : 1400822201058
Pada Hari : Sabtu
Tanggal : 20 Februari 2021
Jam : 10.00 s/d selesai
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik Universitas Batanghari

DOSEN TIM PENGUJI

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Dr. Ir. H. Amsori M.Das, M.Eng	1) _____
2. Sekretaris	: Ir. M. Asmuni Jatoeb, MT	2) _____
	: Elvira Handayani, ST, MT	3) _____
3. Penguji I	: Suhendra, ST, MT	4) _____
4. Penguji II	: Wari Dony, ST, MT	5) _____
5. Penguji III		

Disahkan Oleh :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. H. Fakhrul Rozi Yamali, ME

Elvira Handayani, ST, MT

‘ MOTTO ‘

“Berbahagialah orang yang bertahan dalam percobaan, sebab apabila ia sudah tahan uji, ia akan menerima mahkota kehidupan yang di janjikan ALLAH kepada barang siapa yang mengasihi DIA”

(Yakobus 1:12)



“Pendidikan mempunyai akar yang pahit, tetapi buahnya manis”

- Aristoteles -

“Ajarlah kami menghitung hari-hari kami sedemikian, hingga kami beroleh hati yang bijaksana”

(Mazmur 90:12)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir dengan judul **“Perencanaan Plate Girder Baja Untuk Struktur Atas Jembatan Sungai Terjun Desa Rangkiling Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun”** dapat penulis selesaikan. Karena penulis percaya, jika sesuatu pekerjaan itu terselesaikan dengan baik tidak terlepas dari karunia Tuhan Yang Maha Esa, dan juga interaksi antara do'a dan usaha dengan ketekunan yang tinggi akan membuahkan hasil yang memuaskan, apapun pekerjaan yang dilakukan.

Tugas Akhir ini merupakan persyaratan akademis yang harus diselesaikan mahasiswa guna memenuhi persyaratan kurikulum pada program sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil Universitas Batanghari.

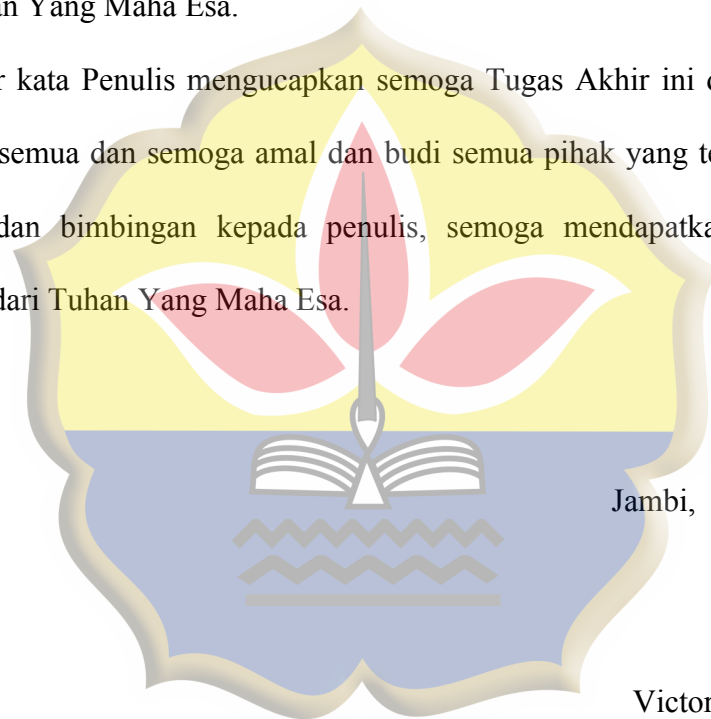
Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, berbagai bentuk bantuan dan dukungan telah penulis terima, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, M.E. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari.
2. Ibu Elvira Handayani, ST, MT. Selaku Pembimbing I sekaligus Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari.
3. Bapak Ir. M. Asmuni Jatoeb, MT. Selaku pembimbing II.
4. Seluruh Staf Pengajar dan Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Batanghari.

5. Kepada Ayah, Ibu, dan Adik-adikku tersayang atas dukungan serta do'a.
6. Rekan-rekan seperjuangan Fakultas Teknik serta semua pihak yang telah memberikan dukungan dan saran.

Semoga bantuan dan do'a serta bimbingan yang telah diberikan baik secara langsung maupun tidak langsung dapat menjadi amal ibadah yang diterima oleh Tuhan Yang Maha Esa.

Akhir kata Penulis mengucapkan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga amal dan budi semua pihak yang telah memberikan bantuan dan bimbingan kepada penulis, semoga mendapatkan balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa.



Jambi, 9 Februari 2021

Victor Caesar Hutajulu

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penulisan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penulisan.....	3
1.6 Lokasi Studi.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Pengertian Jembatan.....	5
2.2 Sejarah Tentang Jembatan.....	6
2.3 Jenis-jenis Jembatan.....	7
2.4 Bagian-Bagian Kontruksi Jembatan.....	9

2.4.1	Bangunan Atas Jembatan (<i>upper structure</i>).....	9
2.4.2	Bangunan Bawah Jembatan (<i>sub structure</i>).....	11
2.5	Klasifikasi Jembatan.....	13
2.6	Pembebanan Jembatan.....	14
2.7	Perencanaan Balok Jembatan.....	20
2.7.1	Balok Utama.....	20
2.8	Teori Perhitungan Komposit.....	21
2.8.1	Lebar Efektif Balok Komposit.....	21
2.8.2	Tegangan Elastis Dalam Balok Komposit.....	23
2.8.3	<i>Shear Conector</i>	25
2.9	Sambungan.....	28
2.9.1	Sambungan Baut.....	28
2.9.2	Sambungan Balok.....	30
BAB III	METODOLOGI	
3.1	Persiapan.....	33
3.2	Standar Pembebanan.....	34
3.3	Bagan Alir Perencanaan.....	35
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Kriteria Perencanaan.....	36
4.2	Perhitungan Sandaran.....	38
4.2.1	Perencanaan Pipa Sandaran.....	38
4.2.2	Perencanaan Tiang Sandaran.....	41
4.3	Perhitungan Pelat Lantai.....	43

4.3.1	Perhitungan Pelat Lantai Kantiliver.....	43
4.3.2	Perhitungan Pelat Lantai Kendaraan.....	46
4.4	Pembebanan utama pada Gelagar Utama.....	55
4.4.1	Analisa beban gelagar.....	55
4.4.2	Perencanaan Profil Balok I baja.....	60
4.5	Analisa Kekuatan Balok.....	63
4.5.1	Analisa Kekuatan Balok Untuk Sistem Terlayang Dan Sistem Tertunjang.....	63
4.5.2	Perhitungan Lendutan.....	66
4.6	Perhitungan <i>Shear Connector</i>	67
4.7	Perhitungan Sambungan Balok.....	75
4.7.1	Perhitungan Sambungan Sayap dan Badan.....	77
4.8	Perhitungan Bantalan Elastomer.....	85
BAB V	PENUTUP	
5.1	Kesimpulan.....	91
5.2	Saran.....	92
	DAFTAR PUSTAKA.....	93
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta lokasi.....	4
Gambar 1.2	Denah lokasi studi.....	4
Gambar 2.1	Beban Lajur (D).....	18
Gambar 2.2	Pembebanan Truk “T” (500 kN).....	19
Gambar 2.3	Gaya Lintang Ditengah Bentang.....	20
Gambar 2.4	Lebar Efektif Balok Komposit.....	22
Gambar 2.5	(a) Diagram Regangan Balok Komposit, (b) Diagram Tegangan Balok Komposit dengan Penampang Tertransformasi.....	24
Gambar 2.6	Shear Connector.....	27
Gambar 2.7	Sambungan Baut.....	30
Gambar 3.1	Diagram Alir Perencanaan Jembatan.....	35
Gambar 4.1	Potongan Melintang Jembatan.....	37
Gambar 4.2	Potongan Memanjang Jembatan.....	37
Gambar 4.3	Tinggi Tiang Sandaran.....	38
Gambar 4.4	Tiang dan Pipa Sandaran.....	39
Gambar 4.5	Penulangan Tiang Sandaran.....	42

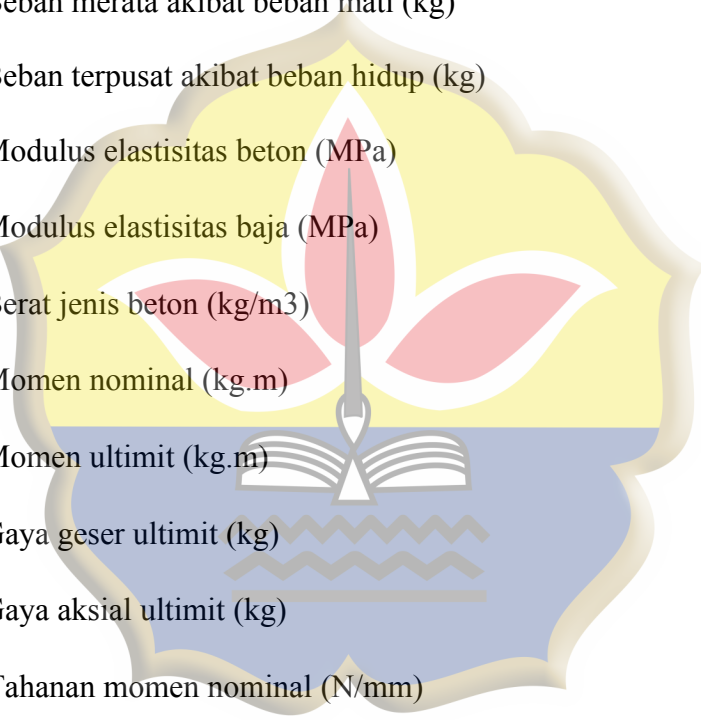
Gambar 4.6	Pelat Lantai Kendaraan.....	46
Gambar 4.7	Beban Akibat Angin.....	47
Gambar 4.8	Beban “ T ”.....	48
Gambar 4.9	Penyebaran Beban “ T ” Pada Kondisi 1.....	49
Gambar 4.10	Penyebaran Beban “ T ” Pada Kondisi 2.....	50
Gambar 4.11	Denah penulangan pelat lantai.....	55
Gambar 4.12	Skema pembebanan melintang.....	56
Gambar 4.13	Skema pembebanan memanjang kondisi 1 untuk D_{max}	56
Gambar 4.14	Skema pembebanan memanjang kondisi 2 untuk M_{max}	57
Gambar 4.15	Skema pembebanan memanjang kondisi 3 untuk M_{max}	57
Gambar 4.16	Skema Beban Hidup 2.....	57
Gambar 4.17	Gambar Profil Baja.....	62
Gambar 4.18	Diagram kekuatan balok sistem tertunjang.....	64
Gambar 4.19	Diagram kekuatan balok sistem terlayang.....	65
Gambar 4.20	Diagram total kekuatan balok sistem terlayang.....	65
Gambar 4.21	Penampang Shear Connector.....	75
Gambar 4.22	Detail Sambungan Sayap.....	82
Gambar 4.23	Detail sambungan.....	85
Gambar 4.24	Bantalan Karet Elastomer.....	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Berat isi untuk beban mati.....	15
Tabel 2.2	Faktor Beban untuk Berat sendiri.....	16
Tabel 2.3	Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan.....	17
Tabel 4.1	Menentukan garis netral.....	61
Tabel 4.2	Gaya geser.....	70



DAFTAR NOTASI



L	= Bentang jembatan (m)
q_D	= Beban merata akibat beban mati (kg/m)
q_L	= Beban merata akibat beban mati (kg/m)
q_U	= Beban merata ultimit/terfaktor (kg/m)
P_D	= Beban merata akibat beban mati (kg)
P_L	= Beban terpusat akibat beban hidup (kg)
E_c	= Modulus elastisitas beton (MPa)
E_s	= Modulus elastisitas baja (MPa)
w	= Berat jenis beton (kg/m ³)
M_n	= Momen nominal (kg.m)
M_u	= Momen ultimit (kg.m)
D_u	= Gaya geser ultimit (kg)
P_u	= Gaya aksial ultimit (kg)
R_n	= Tahanan momen nominal (N/mm)
d'	= Jarak tulangan terhadap sisi luar beton (mm)
β_1	= Faktor bentuk distribusi tegangan beton
ρ	= Rasio tulangan
I_{tr}	= Momen inersia terhadap sumbu netral
y_t	= Jarak dari sumbu netral ke serat atas profil baja
y_b	= Jarak dari sumbu netral ke serat bawah profil baja
A_{sc}	= Luas penampang penghubung geser jenis paku(mm ²)

- f_u = Tegangan putus penghubung geser jenis paku (MPa)
 f_u^b = Tegangan tarik baut (MPa)
 Q_n = Kuat geser nominal untuk penghubung geser (kg)
 V_h = Gaya geser horizontal (kg)
 n = Rasio modulus
 A_s = Luas penampang baja (cm²)
 A_c = Luas penampang beton (cm²)
 A_s = Luas tulangan tarik (mm²)
 b = Lebar pelat lantai per 1 m (=1000 mm)
 d = Tinggi efektif pelat lantai (mm)
 f_y = Tegangan leleh baja (MPa)
 f'_c = Kuat tekan beton berumur 28 hari (MPa)
 h = Tebal pelat lantai (cm)
 th = Tebal genangan air hujan (cm)
 γ_c = Berat isi beton bertulang (kg/m³)
 γ_w = Berat isi air hujan (kg/m³)
 γ_s = Berat isi baja (kg/m³)
 s = Jarak antar gelagar (m)
 G = Berat sendiri (kg/m)
 W_x = Modulus penampang tabel (cm³)
 Z_x = Modulus penampang terhitung (cm³)
 S_x = Statis momen (cm³)
 I = Momen inersia (cm⁴)

S_f	= Faktor bentuk
R	= Reaksi perletakan (kg)
v	= Tegangan terhadap geser (kg/m ²)
H	= Tinggi profil (mm)
Y_c	= Jarak garis netral dari bagian atas pelat lantai (mm)
Y_s	= Jarak garis netral dari bagian bawah profil IWF (mm)
t_b	= Tebal pelat lantai (mm)
t_w	= Tebal web profil (mm)
t_f	= Tebal flange profil (mm)
t_{ppf}	= Tebal pelat penyambung flange (mm)
h_{ppf}	= Panjang pelat penyambung flange (mm)
t_{ppb}	= Tebal pelat penyambung badan profil (mm)
h_{ppb}	= Tinggi pelat penyambung badan profil (mm)
b_E	= Lebar efektif (cm)
K	= Gaya pikul baut (kg)
ϕ	= Faktor reduksi
m	= Jumlah bidang geser
t_p	= Tebal pelat penyambung (mm)
d	= Diameter stud
B	= Lebar <i>base plate</i> (cm)
N	= Panjang <i>base plate</i> (cm)
M_{pl}	= Kuat perlu pelat landasan (kg)
L_w	= Panjang las (mm)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan dapat dikatakan sebagai salah satu konstruksi tertua di dalam peradaban manusia. Pada zaman dahulu, jembatan mula-mula dibuat dengan menggunakan balok kayu yang besar dan kuat untuk menyebrangi sungai-sungai kecil. Indonesia sebagai negara tropis yang terdiri dari berbagai pulau besar dan kecil serta memiliki banyak sungai memerlukan jembatan untuk penghubung antar wilayah yang terpisahkan oleh sungai dan laut. Usaha yang dapat dilakukan untuk memperlancar hubungan antar daerah melalui darat adalah dengan membangun jembatan-jembatan dan jalan-jalan baru maupun perbaikan dan pelebaran jalan lama serta perbaikan jembatan yang telah rusak, yang sudah tidak mampu menampung arus lalu lintas yang ada.

Seiring dengan berkembangnya suatu daerah, maka setiap daerah di Indonesia dituntut untuk mengembangkan daerahnya masing-masing. Pembangunan fisik merupakan salah satu cara dalam meningkatkan kemajuan suatu daerah. Majunya pembangunan suatu daerah menyebabkan kegiatan dan kebutuhan manusia semakin meningkat, sehingga dapat menyebabkan banyak permasalahan lalu lintas, salah satunya dalam bidang transportasi. Transportasi menjadi hal yang sangat penting, karena merupakan urat nadi kehidupan ekonomi, sosial, politik dan budaya.

Jembatan sebagai Prasarana transportasi mempunyai manfaat yang dominan bagi pergerakan lalu lintas.

Berdasarkan pada uraian diatas, maka dapat disimpulkan bahwa jembatan mempunyai peranan yang sangat penting dalam aktifitas masyarakat, sehingga perlu diperhatikan dalam pembangunan dan perawatannya. Seperti pada pembangunan Jembatan Sungai Terjun yang terletak di Desa Rengkiling Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi. Jembatan ini merupakan jembatan utama pada ruas jalan yang menghubungkan Mandiangin – Sarolangun. Jembatan ini sudah berusia \pm 30 Tahun. Namun, Jembatan konstruksi dengan lebar 9 meter dan panjang 25 meter ini sudah banyak mengalami kerusakan pada konstruksi utamanya. Balok utama jembatan yang menggunakan beton bertulang ini sudah mengalami retak dan mengalami lendutan. Lantai kendaraan pun sudah berlubang sehingga sangat membahayakan masyarakat yang melintas.

Maka dari itu, oleh BPJN 04 dilakukan pembangunan jembatan baru tepat disebelah jembatan lama tersebut. Yang membedakan kedua jembatan ini adalah, jembatan baru tersebut akan menggunakan konstruksi beton bertulang dan balok baja pada gelagar utamanya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut :

Bagaimana merencanakan konstruksi jembatan dengan menggunakan baja komposit dengan gelagar jembatan menggunakan gelagar baja pada proyek pembangunan Jembatan Sungai Terjun.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

Merencanakan konstruksi Jembatan Sungai Terjun menggunakan balok profil baja komposit dengan bentang 25 meter untuk lalu lintas jalan raya sesuai dengan persyaratan keamanan dan kenyamanan yang telah ditetapkan berdasarkan SNI 1725 Tahun 2016

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini yaitu :

1. Merencanakan Konstruksi bangunan atas jembatan yang meliputi : sandaran, plat lantai, balok memanjang dan melintang
2. Perencanaan dan perhitungan hanya pada bangunan atas jembatan.
3. Pembebanan Jembatan berdasarkan SNI 1725 Tahun 2016
4. Tidak merencanakan bangunan bagian bawah jembatan.
5. Tidak menghitung anggaran biaya pembangunan jembatan Sungai Terjun.
6. Tidak menghitung beban Gempa

1.5 Manfaat Penulisan

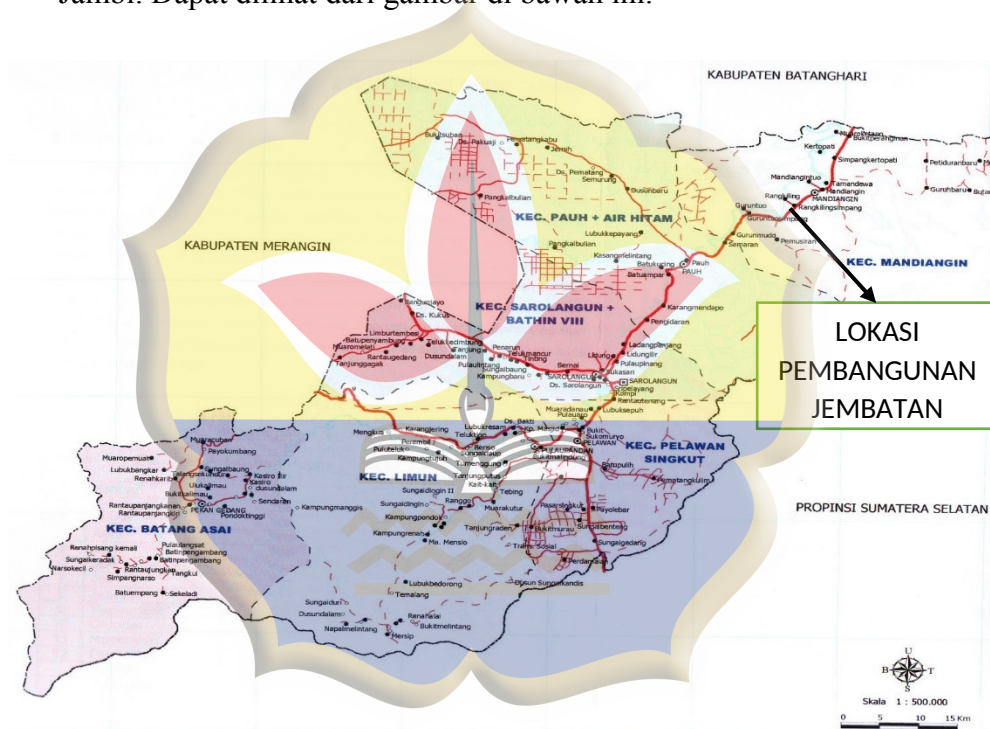
Manfaat penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menambah dan mengembangkan pengetahuan Teknik Sipil tentang perhitungan dan perencanaan Konstruksi Jembatan

2. Untuk mengetahui langkah-langkah penyelesaian perhitungan pada Jembatan sesuai dengan persyaratan dan peraturan yang berlaku di Indonesia.

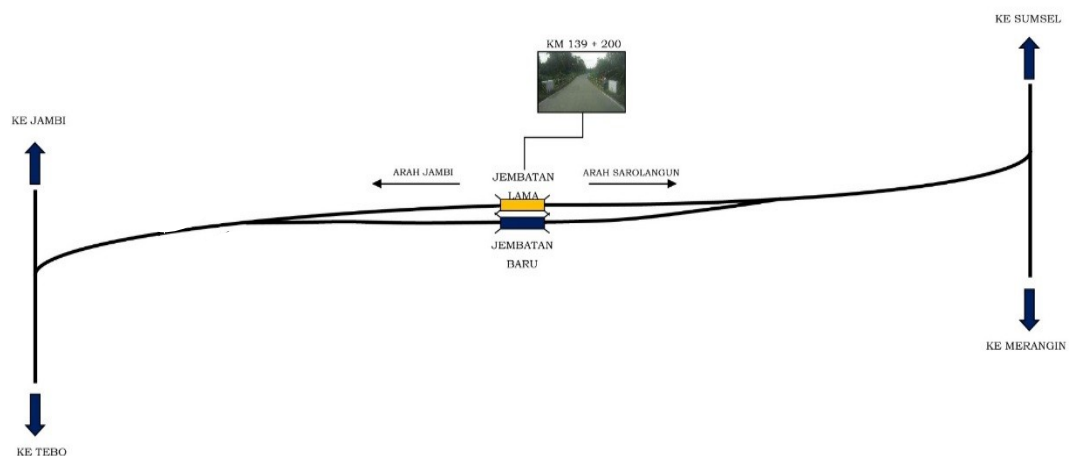
1.6 Lokasi Studi

Lokasi studi ini terletak di Jalan Mandiangin – Sarolangun tepatnya di Desa Rengkiling Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi. Dapat dilihat dari gambar di bawah ini.



Gambar 1.1 Peta Lokasi

Sumber : Google Maps (2021)



Gambar 1.2 Denah Lokasi Studi
Sumber : Eikelia Mitra Consultant (2021)





BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Jembatan

Menurut H. J. Struyk (1984), Jembatan adalah 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). Jembatan yang merupakan bagian dari jalan, sangat diperlukan dalam sistem jaringan transportasi darat yang akan menunjang pembangunan pada daerah tersebut. Perencanaan pembangunan jembatan harus diperhatikan seefektif dan seefisien mungkin, sehingga pembangunan jembatan dapat memenuhi keamanan, kenyamanan dan ekonomis.

Keamanan jembatan menjadi faktor utama yang harus diperhatikan dalam perancangan jembatan. Beban primer, beban sekunder dan beban khusus harus diperhitungkan dalam perancangan jembatan agar memiliki ketahanan dalam menopang beban-beban tersebut. Keselamatan dan keamanan pengguna jembatan menjadi hal penting yang harus diutamakan.

Keberadaan jembatan saat ini terus mengalami perkembangan, dari bentuk sederhana sampai yang paling kompleks, demikian juga bahan-bahan yang digunakan mulai dari bambu, kayu, beton dan baja. Penggunaan bahan baja untuk saat-saat sekarang maupun di masa mendatang, untuk struktur jembatan akan memberikan keuntungan yang berlebih terhadap perkembangan serta kelancaran sarana transportasi antar daerah maupun antar pulau yang ada diseluruh Indonesia.

2.2 Sejarah Tentang Jembatan

Menurut B. Supriyadi dan A. S. Muntohar (2016), dapat dikatakan bahwa sejarah jembatan sejalan dengan waktu sejarah peradaban manusia. Akan tetapi keberhasilan di bidang teknik jembatan bukan berarti suatu hal yang mudah untuk menjadi sekarang ini. Jembatan, sebagaimana bidang keteknikan lainnya khususnya teknik struktur (*structure engineering*), diawali dengan proses “*cut and try*” atau banyak orang mengatakan proses “*try and fail*”.

Perkembangan jembatan dapat dilihat sebagai berikut :

1. Jembatan zaman purba

Pemikiran pada peradaban zaman purba telah menjadi sumbangan yang sangat bernilai bagi teknologi jembatan. Manusia zaman purba melintasi sungai dengan memasang pilar-pilar batu, kayu gelondongan, atau pohon yang tumbang dengan bentang yang sangat pendek. Manusia purba juga memanfaatkan akar-akar atau ranting-ranting pohon sebagai jembatan gantung untuk bergelantungan melompati dari satu pohon ke pohon lain.

2. Periode Romawi Kuno

Zaman romawi kuno dimulai dari tahun 300 SM dan berlangsung kurang lebih selama 600 Tahun. Teknologi jembatan pada periode ini, telah membangun jembatan dari kayu, batu dan beton. Untuk jembatan batu dan beton, bentuknya sama seperti periode jembatan purba yaitu berbentuk lengkung (*arch*). Namun periode ini, telah berhasil mengatasi permasalahan rumit yang ada, seperti membuat konstruksi yang dibangun di atas pilar yang berada di bawah air dan melindunginya dari bahaya banjir.

3. Periode zaman pertengahan

Zaman pertengahan di Eropa berlangsung dari abad ke-11 sampai dengan abad ke-16 sesudah runtuhnya Romawi. Secara fisik konstruksi jembatan pada periode ini tidak jauh berbeda dengan periode Romawi kuno. Bentuk jembatan lengkung dan pilar-pilar batu masih sering digunakan pada jembatan periode ini.

4. Teknologi jembatan zaman besi dan baja

Era jembatan besi dan baja jalan dengan adanya revolusi industri. Pada zaman ini jembatan besi dibangun dengan menggunakan prinsip-prinsip bentuk lengkung, terutama untuk jembatan jalan raya namun pada era ini sudah menggunakan kantilever pada konstruksi. Pada era ini jembatan menggunakan berbagai macam komponen dan sistem struktur baja : deck, girder, rangka batang, pelengkung, penahan dan penggantung kabel. Jembatan besi yang pertama kali dibangun adalah jembatan Coalbrookdale yang melintasi sungai Severn, Inggris pada tahun 1776 yang dibangun dengan bagian yang berbeda yang berbentuk setengah lingkaran.

2.3 Jenis-Jenis Jembatan

Jembatan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bentuk struktur atas jembatan yang telah berkembang hingga saat ini, seperti yang diuraikan berikut ini, antara lain :

1. Jembatan lengkung-batu (*stone arch bridge*)

Jembatan pelengkung (busur) dari bahan batu, telah ditemukan pada masa lampau, di masa Babylonia. Pada perkembangannya jembatan jenis ini semakin banyak ditinggalkan, jadi saat ini hanya berupa sejarah.

2. Jembatan Rangka (*truss bridge*)

Jembatan rangka dapat terbuat dari bahan kayu atau logam. Jembatan rangka kayu (*wooden truss*) termasuk tipe klasik yang sudah banyak tertinggal mekanika bahannya. Jembatan rangka kayu, hanya terbatas untuk mendukung beban yang tidak terlalu besar. Pada perkembangannya setelah ditemukan bahan baja, tipe rangka menggunakan rangka baja, dengan berbagai macam bentuk.

3. Jembatan gantung (*suspension bridge*)

Dengan semakin majunya teknologi dan demikian banyak tuntutan kebutuhan transportasi, manusia mengembangkan tipe jembatan gantung, yaitu dengan memanfaatkan kabel-kabel baja. Tipe ini tentunya sangat menguntungkan bila digunakan.

4. Jembatan beton (*concrete bridge*)

Beton telah banyak dikenal dalam dunia konstruksi. Dewasa ini, dengan kemajuan teknologi beton dimungkinkan untuk memperoleh bentuk penampang beton yang beragam bahkan dalam kenyataan sekarang jembatan beton ini tidak hanya berupa beton bertulang konvensional saja, tetapi telah dikembangkan berupa jembatan prategang.

5. Jembatan *haubans/cable stayed*

Jembatan tipe ini sangat baik dan menguntungkan bila digunakan untuk jembatan bentang panjang. Kombinasi penggunaan kabel dan dek beton prategang merupakan keunggulan jembatan tipe ini.

2.4 Bagian-Bagian Konstruksi Jembatan

Secara umum konstruksi jembatan memiliki dua bagian yaitu bangunan atas (*upper structure*) dan bangunan bawah (*sub structure*). Bangunan atas adalah konstruksi yang berhubungan langsung dengan beban-beban lalu lintas yang bekerja. Sedangkan bangunan bawah adalah konstruksi yang menerima beban-beban dari bangunan atas dan meneruskannya ke lapisan pendukung (tanah keras) di bawahnya.

2.4.1 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. Konstruksi yang termasuk dalam bangunan atas adalah:

a. Tiang sandaran

Tiang sandaran digunakan untuk memberi rasa aman bagi kendaraan dan orang yang akan melewati jembatan tersebut. Fungsi dari tiang sandaran adalah sebagai perletakan dari pipa sandaran. Tinggi tiang sandaran 125 - 145 cm dengan lebar 16 cm dan tebal 10 cm.

b. Trotoar

Trotoar adalah bagian yang digunakan sebagai lintasan pejalan kaki. Pada proyek pembangunan jembatan Sungai Terjun ini, lebar trotoar yang

digunakan adalah 1 meter dan tinggi 30 cm. Lantai trotoar adalah lantai tepi dari plat jembatan yang berfungsi menahan beban-beban yang terjadi akibat tiang sandaran, pipa sandaran beban trotoar dan beban pejalan kaki.

c. Lantai Kendaraan

Lantai kendaraan adalah bagian tengah dari plat jembatan yang berfungsi sebagai perlintasan kendaraan. Lebar jalur untuk kendaraan yang direncanakan pada proyek pembangunan jembatan sungai terjun ini lebarnya adalah 9 meter dan di gunakan 2 lajur.

d. 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. Gelagar terbagi atas gelagar memanjang dan gelagar melintang.

1. Gelagar melintang (diafragma) berfungsi untuk menahan beban dan gaya yang bekerja pada pelat lantai dan beban yang berasal dari beban hidup dan beban sendiri, sebagai pengikat antar gelagar memanjang dan menjaga adanya gaya puntir akibat beban lantai jembatan.
2. Gelagar memanjang berfungsi mendukung beban yang bekerja di atasnya seperti beban kendaraan, beban mati dan beban hidup,

gelagar melintang, pelat lantai, trotoar dan sandaran lalu mendistribusikan beban-beban tersebut ke perletakan.

e. Ikatan angin

Ikatan angin adalah komponen yang berfungsi menahan gaya lateral pada rangka yang diakibatkan oleh gaya angin.

f. Landasan/Perletakan

Landasan/Perletakan jembatan adalah bagian ujung bawah dari suatu bangunan atas yang berfungsi menyalurkan gaya-gaya reaksi dari bangunan atas kepada bangunan bawah. Menurut fungsinya dibedakan landasan sendi (*fixed bearing*) dan landasan gerak (*movable bearing*).

2.4.2 Bangunan Bawah Jembatan (*sub structure*)

Bangunan bawah pada umumnya terletak disebelah bawah bangunan atas. Fungsinya menerima/memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas dan kemudian menyalurkannya ke pondasi. Yang termasuk dalam bangunan bawah jembatan yaitu :

a. Kepala jembatan (*Abutment*)

Kepala Jembatan atau Abutment adalah bangunan penahan tanah yang mendukung bangunan atas pada bagian ujung-ujung suatu jembatan. 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 (*settlement*) yang

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

b. Pelat injak

Pelat injak adalah bagian dan 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.

c. Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban yang disalurkan dari struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadinya *differential settlement* pada sistem strukturnya. Dalam perencanaan suatu konstruksi atau bangunan yang kuat, stabil dan ekonomis, perlu diperhitungkan hal-hal sebagai berikut:

- Daya dukung tanah serta sifat-sifat tanah.
- Jenis serta besar kecilnya bangunan yang dibuat.
- Keadaan lingkungan lokasi pelaksanaan.
- Peralatan 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:

- Pondasi Menerus (*Continous Footing*)
- Pondasi Telapak (*Footing*)

- 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:

1. Pondasi Tiang Pancang

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

2. Pondasi Sumuran

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

d. Dinding Sayap (*Wing Wall*)

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

2.5 Klasifikasi Jembatan

Klasifikasi jembatan untuk lalu lintas jalan raya terdiri dari kelas A, B, dan C tergantung dari lebar lajur lalu lintas, dan pembebanan yang ditentukan. Potongan melintang dari pada tipe jembatan tergantung pada lebar jalur lalu lintas, harus dirancang sebagai berikut :

1. Kelas A - Lebar lajur lalu lintas 2 x 3,50 m (lajur ganda) ditambah 2 x 1 m lebar trotoar untuk pejalan kaki dan sandaran pada kanan dan kiri, jembatan ini juga disebut jembatan BM – 100 (100 % sesuai dengan pembebanan di Spesifikasi Pembebanan untuk Jembatan & Jalan Raya No 12/1970 (Revisi 1988))
2. Kelas B - Lebar lajur lalu lintas 2 x 3 m (lajur ganda) ditambah 2 x 0,50 m lebar trotoar untuk pejalan kaki dan sandaran pada kanan dan kiri, jembatan ini juga disebut jembatan BM – 70 (70 % sesuai dengan pembebanan di Spesifikasi Pembebanan untuk Jembatan & Jalan Raya No 12/1970 (Revisi 1988))
3. Kelas C - Dirancang sebagai jembatan permanen dengan lebar total jembatan 4.5 m (badan jalan 3.5 m dan lebar trotoar 0.5 m (kanan-kiri)) yang menggunakan beban lalu lintas, jembatan ini juga disebut BM – 50 (50 % sesuai dengan pembebanan di Spesifikasi Pembebanan untuk Jembatan & Jalan Raya No 12/1970 (Revisi 1988)).

2.6 Pembebanan Jembatan

Pembebanan jembatan ini akan berbicara tentang spesifikasi pembebanan yang membahas masalah beban dan aksi aksi lainnya yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan jalan raya termasuk jembatan pejalan kaki dan bangunan-bangunan sekunder yang terkait dengan jembatan.

- a. Umum

Massa setiap bagian bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan berat jenis bahan yang digunakan. Berat dari bagian-bagian bangunan tersebut adalah massa dikalikan dengan percepatan gravitasi (g). Percepatan gravitasi yang digunakan dalam standar ini adalah $9,81 \text{ m/detik}^2$.

Tabel 2.1 Berat isi untuk beban mati

No.	Bahan	Berat isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1	Lapisan permukaan beraspal (<i>bituminous wearing surfaces</i>)	22,0	2245
2	Besi tuang (<i>cast iron</i>)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal (<i>asphalt concrete</i>)	22,0	2245
6	Beton ringan (<i>low density</i>)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f'_c < 35 \text{ Mpa}$	22,0-25,0	2320
	$35 < f'_c < 105 \text{ Mpa}$	$22 + 0,022 f'_c$	$2240 + 2,29 f'_c$
8	Baja (<i>steel</i>)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (<i>hard wood</i>)	11,0	1125

Sumber : SNI 1725 (2016)

Pengambilan kerapatan massa yang besar, aman untuk suatu keadaan batas akan tetapi tidak untuk keadaan yang lainnya. Untuk mengatasi hal tersebut dapat digunakan faktor beban terkurangi. Akan tetapi, apabila kerapatan massa diambil dari suatu jajaran nilai, dan nilai yang sebenarnya tidak bisa ditentukan dengan

tepat, perencana harus memilih diantara nilai tersebut yang memberikan keadaan yang paling kritis.

Beban mati jembatan merupakan kumpulan berat setiap komponen struktural dan non-struktural. Setiap komponen ini harus dianggap sebagai suatu kesatuan aksi yang tidak terpisahkan pada waktu menerapkan faktor beban normal dan faktor beban terkurangi. Perencanaan jembatan harus menggunakan keahliannya didalam menentukan komponen-komponen tersebut.

b. Berat Sendiri

Berat sendiri adalah berat bagian tersebut dan elemen - elemen struktural lain yang dipikulnya, termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen nonstruktural yang dianggap tetap. Adapun beban yang digunakan untuk berat sendiri dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Faktor beban untuk berat sendiri

Tipe Beban	Faktor Beban (y_{ms})			
	Keadaan Batas Layan (y_{sms})		Keadaan Batas Ultimit (y_{ums})	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja, aluminium	1,0	1,1	0,90
	Beton pracetak	1,0	1,2	0,85
	Beton dicor ditempat	1,0	1,3	0,75
	Kayu	1,0	1,4	0,70

Sumber : SNI 1725 (2016)

c. Beban Mati Tambahan/*Utilitas*

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat

berubah selama umur jembatan. Dalam hal tertentu, nilai faktor beban mati tambahan yang berbeda dengan ketentuan pada tabel 2.3 boleh digunakan dengan persetujuan instansi yang berwenang. Hal ini bisa dilakukan apabila instansi tersebut melakukan pengawasan terhadap beban mati tambahan pada jembatan, sehingga tidak dilampaui selama umur jembatan.

Tabel 2.3 Faktor beban untuk beban mati tambahan

Jangka Waktu	Faktor Beban(y_{ma})		
	Keadaan Batas Layan (y_{ma}^s)		Keadaan Batas Ultimit (y_{ma}^u)
	Keadaan		Biasa Terkurangi
Tetap	Keadaan umum	1,0	2,0 0,7
	Keadaan khusus	1,0	1,4 0,8

Catatan : faktor beban daya layan 1,3 digunakan untuk berat utilitas.

Sumber : SNI 1725 (2016)

1. Ketebalan yang diizinkan untuk pelapisan kembali permukaan

Semua jembatan harus direncanakan untuk bisa memikul beban tambahan yang berupa aspal beton setebal 50mm untuk pelapisan kembali dikemudian hari kecuali ditentukan lain oleh instansi yang berwenang. Lapisan ini harus ditambahkan pada lapisan permukaan yang tercantum dalam gambar rencana.

2. Sarana lain di jembatan

Pengaruh dari alat pelengkap dan sarana umum ditempatkan pada jembatan harus dihitung seakurat mungkin. Berat pipa untuk saluran air bersih, saluran air kotor dan lain-lainnya harus ditinjau pada keadaan

kosong dan penuh sehingga keadaan yang paling membahayakan dapat diperhitungkan.

d. Beban lajur “D” (TD)

Beban lajur D terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis terpusat (BGT), adapun penjelasan beban lajur D sebagai berikut :

- Beban Terbagi Rata (BTR)

Mempunyai intensitas q kPa dengan besar q tergantung pada panjang total yang dibebani L yaitu seperti berikut:

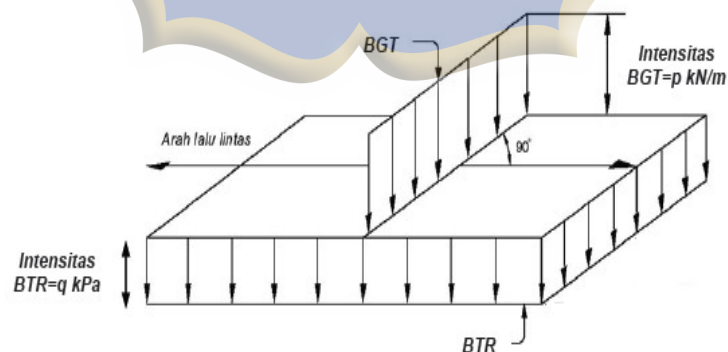
Jika $L \leq 30$ m : $q = 9,0$ kPa

Jika $L \geq 30$ m : $q = 9,0(0,5 + \frac{15}{L})$ kPa

keterangan:

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

L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter)



Gambar 2.1 Beban Lajur (D)

Sumber : SNI 1725 (2016)

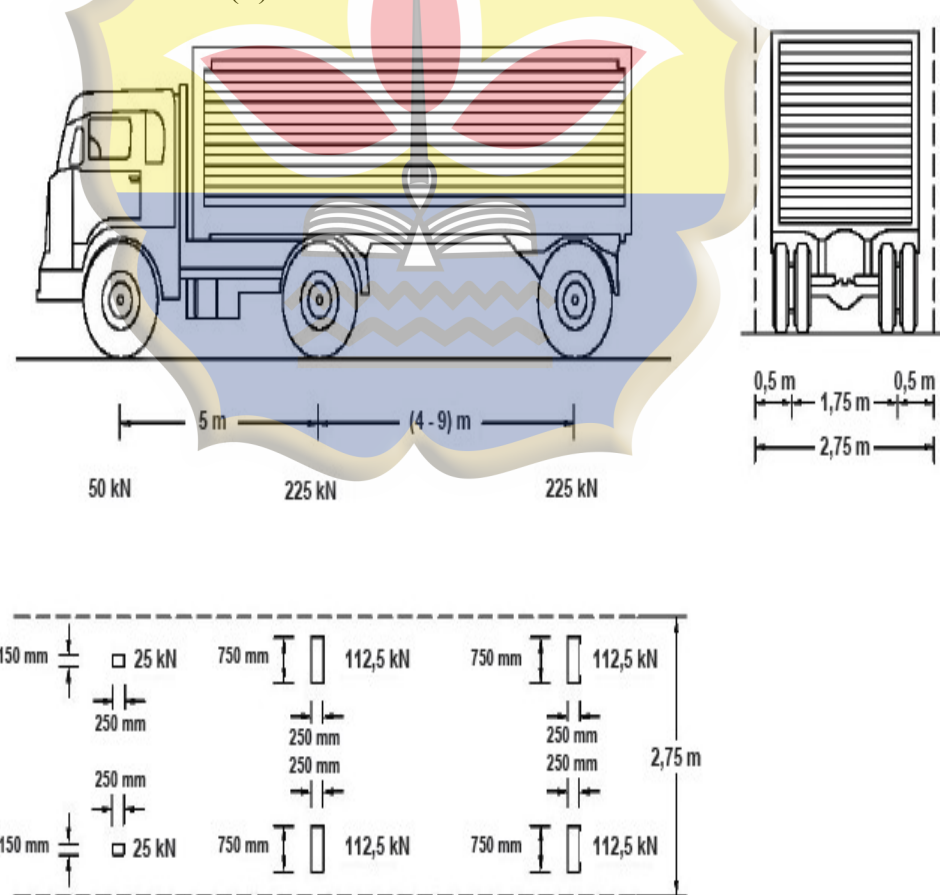
- Beban Garis Terpusat (BGT)

Dengan intensitas P kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah 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.

- Penyebaran Beban (D) pada Arah Melintang

Beban “D” harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum.

d. Beban Truk (T)



Gambar 2.2 Pembebanan truk “T” (500 kN)

Sumber : SNI 1725 (2016)

Pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan truk semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam gambar 2.4. Berat dari masing – masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah – ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m, sesuai dengan keadaan lalu lintas yang ada.

2.7 Perencanaan Balok Jembatan

2.7.1 Balok Utama

1. Pembebanan

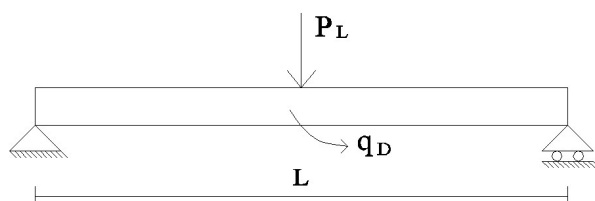
a) Beban mati

beban mati adalah beban dengan besar yang konstan dan berada pada posisi yang sama setiap saat. Beban mati terdiri atas sumbangan dari berat sendiri struktur plat lantai, perkerasan, air hujan, dan gelagar baja dan beban lain yang melekat pada struktur secara permanen.

b) Beban hidup

Beban hidup ini terdiri atas beban terbagi rata (BTR), dan beban garis terpusat (BGT).

c) Momen maksimum beban mati dan beban hidup



Gambar 2.3 Gaya Lintang Ditengah Bentang

Sumber : Data Olahan (2021)

$$M_{DL} = \left(\frac{1}{8} \times q_{DL} \times L^2 \right) \times 1,2 \dots\dots\dots(2.1)$$

$$M_i = \left(\frac{1}{4} \times P_i \times L \right) \times 1,6 \dots\dots\dots(2.2)$$

2.8 Teori Perhitungan Komposit

Penggunaan balok baja untuk menopang suatu pelat beton telah ditemukan sejak lama. Namun pada saat itu pelat beton dan balok baja tidak dihubungkan dengan suatu penghubung geser sehingga yang dihasilkan adalah suatu penampang non komposit. Pada penampang non komposit, pelat beton akan mengalami lendutan yang cukup besar disebabkan oleh besarnya beban yang harus dipikul oleh pelat beton tersebut. Seiring berkembangnya metode pengelasan yang baik serta ditemukannya alat-alat penghubung geser yang menahan gaya geser horizontal, maka lekatan antara pelat beton dan balok baja dapat ditingkatkan. Pada akhirnya kedua material ini (baja dan beton) akan menjadi satu komponen struktur yang disebut dengan komponen struktur komposit. Komponen struktur komposit ini dapat menahan beban sekitar 33

hingga 50% lebih besar daripada beban yang dapat dipikul oleh balok baja saja tanpa adanya perilaku komposit.

2.8.1 Lebar efektif plat beban kendaraan balok komposit

Besarnya lebar efektif dari suatu komponen struktur komposit dapat ditentukan sebagai berikut:

- a. Untuk balok-balok interior:

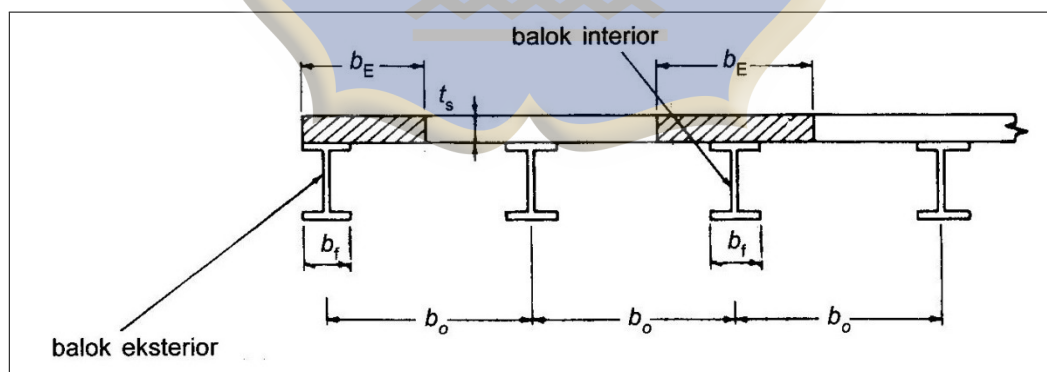
$$b_E \leq \frac{L}{4}$$

$$b_E \leq b_0$$

- b. Untuk balok-balok eksterior:

$$b_E \leq \frac{L}{8} + i \text{ (jarak pusat balok ke tepi pelat)}$$

$$b_E \leq \frac{1}{2} b_0 + i \text{ (jarak pusat balok ke tepi pelat)}$$



Gambar 2.4 Lebar Efektif Balok Komposit

Sumber : Agus Setiawan (2008)

Perhitungan analisa penampang komposit

$$A_c = \left(\frac{b_e}{n} \times h_c \right)$$

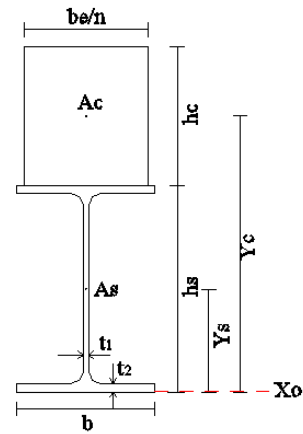
$$A_{tot} = \left(\frac{b_e}{n} \times h_c \right) + A_s$$

$$S_{x_o} = \left(\frac{b_e}{n} \times h_c \times y_c \right) + (A_s \times y_s)$$

$$y_b = \frac{S_{x_o}}{A_{tot}}$$

$$y_a = (h_s + h_c) - y_b$$

$$I_{x_{comp}} = \left(\frac{1}{12} \times \frac{b_e}{n} \times h_c^3 \right) + \left(\frac{b_e}{n} \times h_c \times y_1^2 \right) + I_x + (A_s \times y_2^2) \dots\dots\dots(2.3)$$



Perhitungan tegangan lentur sistem terlayang

- Beban mati dipikul profil baja dan beban hidup di plat komposit

- a. Tegangan lentur akibat beban mati pada baja

$$f_{sb1} = f_{sa1} = \frac{M_{DL}}{\phi \times W \times 1,1} \dots\dots\dots(2.4)$$

- b. Tegangan lentur akibat beban hidup

- 1) Baja

$$f_{sb2} = \frac{M_i \times y_b}{\phi \times I_{x_{comp}} \times 1,1} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$f_{sa2} = \frac{M_i \times y_3}{\phi \times I_{x_{comp}} \times 1,1} \dots\dots\dots(2.6)$$

- 2) Beton

$$f_{cb} = \frac{M_i \times y_3}{\phi \times I_{xcomp} \times n} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$f_{ca} = \frac{M_i \times y_a}{\phi \times I_{xcomp} \times n} \dots\dots\dots(2.8)$$

- Lentutan

$$\delta = \frac{S \times q_{DL} \times L^4}{384 \times E \times I_{xcomp}} + \frac{P_i \times L^3}{48 \times E \times I_{xcomp}} \leq \frac{1}{300} \times L \dots\dots\dots(2.9)$$

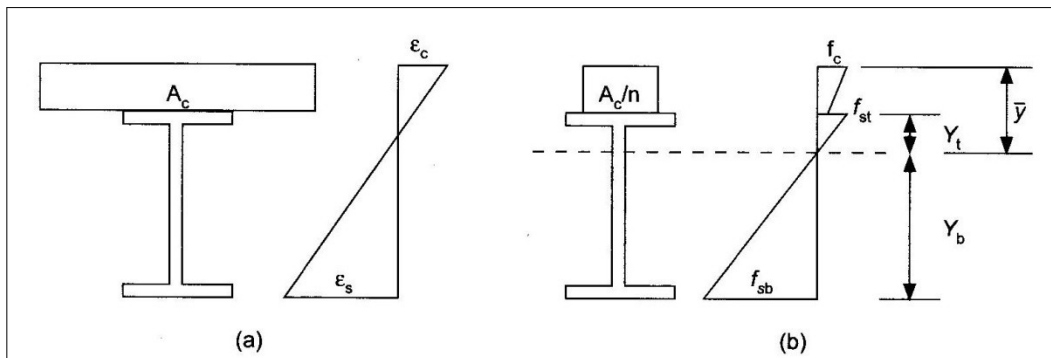
Jika ya maka dimensi gelagar aman.

2.8.2 Tegangan Elastis dalam Balok Komposit

Tegangan lentur dan geser dalam balok homogen dapat dihitung berdasarkan formula:

$$f_b = \frac{Mc}{I} \text{ dan } f_v = \frac{VQ}{I.t} \dots\dots\dots(2.10)$$

Balok komposit bukan merupakan suatu balok homogen, sehingga persamaan di atas tidak dapat digunakan. Untuk dapat menghitung tegangan-tegangan pada suatu penampang komposit, diperlukan transformasi penampang. Umumnya penampang beton ditransformasikan menjadi baja, namun mempunyai efek yang sama dengan beton. Gambar (2.4) menunjukkan sebuah segmen dari balok komposit dengan diagram tegangan dan regangnya.



Gambar 2.5 (a) Diagram Regangan Balok Komposit, (b) Diagram Tegangan Balok Komposit dengan Penampang Tertransformasi

Sumber : Agus Setiawan (2008)

Jika pelat beton dihubungkan secara kaku terhadap profil baja, maka diagram tegangan akan mempunyai bentuk pada gambar tersebut. Hal ini sesuai dengan teori lendutan kecil, yang menyatakan bahwa penampang melintang akan tetap datar sebelum atau sesudah terjadi lentur. Namun distribusi tegangan linear seperti dalam gambar hanya tepat untuk balok yang homogen. Hubungan antara tegangan dan regangan baja dan beton dapat dinyatakan sebagai:

$$\varepsilon_c = \varepsilon_s \text{ atau } \frac{f_c}{E_c} = \frac{f_s}{E_s}$$

$$\text{Atau } f_s = \frac{E_s}{E_c} f_c = n f_c$$

Dengan:

E_c = modulus elastisitas beton

$n = E_s/E_c$ = rasio modulus

modulus elastisitas beton diberikan dalam SNI pasal 12.3.2:

$$E_c = 0,041 w^{1,5} \sqrt{f'_c}$$

Dengan w adalah berat jenis beton (2400 kg/m³)

f'_c adalah kuat tekan beton berumur 28 hari (MPa)

Selanjutnya dapat dihitung besarnya tegangan lentur pada bagian atas dan bawah profil baja, dengan menggunakan persamaan:

$$f_{st} = \frac{M \cdot y_t}{I_{tr}}$$

$$f_{sb} = \frac{M \cdot y_b}{I_{tr}}$$

Dengan :

M = momen lentur yang harus dipikul

I_{tr} = momen inersia terhadap sumbu netral

y_t = jarak dari sumbu netral ke serat atas profil baja

y_b = jarak dari sumbu netral ke serat bawah profil baja

Tegangan yang terjadi pada serat atas beton dihitung berdasarkan persamaan

$$f_c = \frac{M \cdot \bar{y}}{n \cdot I_{tr}}$$

2.8.3 Penghubung Geser (*Shear Connector*)

Penghubung geser dapat dari jenis paku baja berkepala dengan panjang dalam kondisi terpasang tidak kurang dari 4 kali diameternya atau berupa penampang baja kanal gilas. Penghubung geser jenis paku dan penghubung geser kanal harus mengikuti ketentuan-ketentuan yang berlaku. Massa jenis pelat beton yang digunakan pada struktur balok komposit dengan penghubung geser tidak boleh kurang dari 1.500 kg/m³.

Kuat nominal satu penghubung geser jenis paku yang ditanam di dalam pelat beton masif adalah:

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f'_c E_c} \leq A_{sc} f_u \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

A_{sc} = luas penampang penghubung geser jenis paku (mm²)

f_u = tegangan putus penghubung geser jenis paku (mPa)

Q_n = kuat nominal geser untuk penghubung geser (N)

Untuk penghubung geser jenis paku yang ditanam di dalam pelat beton yang berada di atas dek baja bergelombang, suku $0,5 A_{sc} \sqrt{f'_c E_c}$ diatas harus dikalikan dengan faktor reduksi r_s .

$$r_s = \frac{0,85}{\sqrt{N_r}} \left(\frac{w_r}{h_r} \right) \left(\left(\frac{H_s}{h_r} \right) - 1,0 \right) \leq 1,0 \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

r_s = faktor reduksi

N_r = jumlah penghubung geser jenis paku pada setiap gelombang pelat berprofil di perpotongannya dengan balok

H_s = tinggi penghubung geser jenis paku $\leq (h_r + 75\text{mm})$

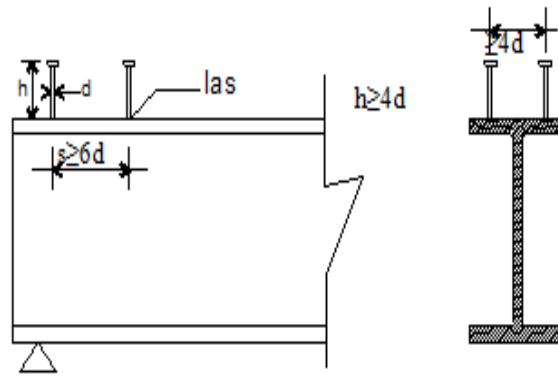
h_r = tinggi nominal gelombang pelat baja berprofil

w_r = lebar efektif gelombang pelat baja berprofil

$r_s = 1,00$ untuk pelat beton biasa, $r_s \leq 1,00$ untuk deck baja gelombang

A_{sc} = luas penampang *Shear Connector* $\left(\frac{\pi}{4} d^2 \right)$

E_c = Modulus elastisitas beton



Gambar 2.6 Shear Connector

Sumber : Data olahan (2021)

Untuk aksi komposit di mana beton mengalami gaya tekan akibat lentur, gaya geser horizontal total yang bekerja pada daerah yang dibatasi oleh titik-titik momen positif maksimum dan momen nol yang berdekatan harus diambil sebagai nilai terkecil dari :

- $0,85 f_c' A_c \rightarrow$ beton
- $A_s f_y \rightarrow$ profil baja
- $\Sigma Q_n \rightarrow$ shear connector

Untuk balok komposit yang menerus di mana tulangan baja longitudinal pada daerah momen negatif dapat dianggap bekerja secara komposit dengan balok baja maka gaya geser horizontal total yang bekerja pada daerah yang dibatasi oleh titik-titik momen negatif maksimum dan momen nol yang berdekatan harus diambil sebagai nilai terkecil dari $A_r f_y$ dan ΣQ_n .

- $A_r \cdot f_y$
- ΣQ_n
- $A_r =$ tulangan tarik pada pelat beton
- $f_y =$ tegangan leleh tulangan

2.9 Sambungan

Suatu konstruksi bangunan baja adalah tersusun atas batang-batang baja yang digabung membentuk satu kesatuan bentuk konstruksi dengan menggunakan berbagai macam teknik sambungan. Adapun fungsi/tujuan sambungan baja antara lain:

- 1) Untuk menggabungkan beberapa batang baja membentuk kesatuan konstruksi sesuai kebutuhan.
- 2) Untuk mendapatkan ukuran baja sesuai kebutuhan (panjang, lebar, tebal, dan sebagainya).
- 3) Untuk memudahkan dalam penyetelan konstruksi bajadi lapangan.
- 4) Untuk memudahkan penggantian bila suatu bagian/batang konstruksi mengalami rusak.
- 5) Untuk memberikan kemungkinan adanya bagian/batang konstruksi yang dapat bergerak, misalnya peristiwa muai-susut baja akibat perubahan suhu.

Jenis-jenis sambungan struktur baja yang digunakan adalah pengelasan serta Sambungan yang menggunakan alat penyambung berupa paku keling (*rivet*) dan baut. Baut kekuatan tinggi (*high strength bolt*) telah banyak menggantikan paku keling sebagai alat utama dalam sambungan struktural yang tidak dilas.

2.9.1 Sambungan Baut

Baut adalah alat sambung dengan batang bulat dan berulir, salah satu ujungnya dibentuk kepala baut (umumnya bentuk kepala segi enam) dan ujung lainnya dipasang mur/pengunci. Dalam pemakaian di lapangan, baut dapat digunakan untuk membuat konstruksi sambungan tetap, sambungan bergerak,

maupun sambungan sementara yang dapat dibongkar/dilepas kembali.

Keuntungan sambungan baut :

1. Lebih muda dalam pemasangan/penyetelan konstruksi di lapangan
2. Konstruksi sambungan dapat dibongkar-pasang
3. Dapat dipakai untuk menyambung dengan jumlah tebal baja $\gt 4d$
(tidak seperti paku keling dibatasi maksimum 4d)
4. Dengan menggunakan jenis baut pass maka dapat digunakan untuk konstruksi berat/jembatan

Tahanan Nominal Baut

Suatu baut yang memikul beban terfaktor R_u sesuai persyaratan DFBK harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi \cdot R_n$$

Dengan R_n adalah tahanan nominal baut sedangkan ϕ adalah faktor reduksi yang diambil sebesar 0,75. Besarnya R_n berbeda-beda untuk masing-masing tipe sambungan.

a. Tahanan Geser Baut

Tahanan nominal satu buah baut yang memikul gaya geser memenuhi persamaan :

$$R_n = m \cdot r_l \cdot f_u^b \cdot A_b$$

b. Tahanan Tarik Baut

Baut yang memikul gaya tarik tahanan nominalnya dihitung menurut :

$$R_n = 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

Persamaan diatas berlaku untuk semua baut, sedangkan untuk lubang baut

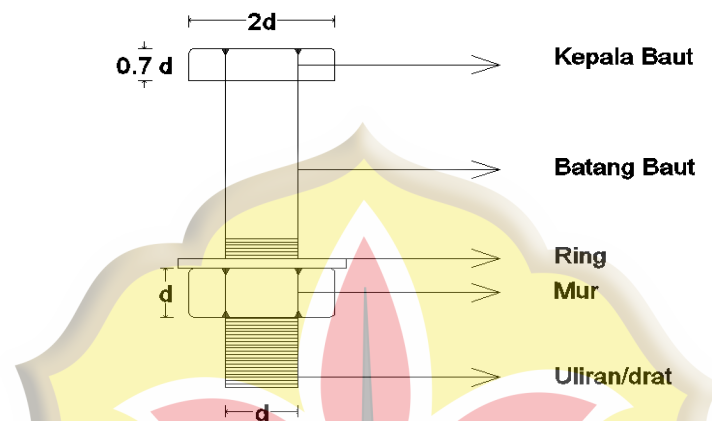
selot panjang tegak lurus arah gaya berlaku :

$$Rn = 2,0. d_b. t_p. f_u$$

c. Tahanan Tumpu Baut

Tahanan tumpu nominal tergantung kondisi yang terlemah dari baut atau komponen pelat yang disambung. Besarnya ditentukan sebagai berikut :

$$Rn = 2,4. d_b. t_p. f_u$$



Gambar 2.7 Sambungan Baut
Sumber : Data Olahan (2021)

2.9.2 Sambungan Balok

Girder yang ditinjau adalah balok profil I dan bentang panjang sehingga momen lebih dominan dibanding gaya geser. Untuk girder dengan profil I, Maka pelat sayap akan memikul $\geq 85\%$ dari momen lentur, dan pelat badan hampir 100% gaya geser. Oleh sebab itu untuk perencanaan sambungan dianggap momen lentur akan dipikul oleh pelat sayap (resultan gaya pada sayap atas dan bawah sebagai momen kopel), dan gaya geser pada keseluruhan pelat badan. Jadi pelat sambungan pada sayap dan badan dipilih dan direncanakan untuk memikul gaya-gaya tersebut. Konsep ini dianggap cukup konservatif dibanding asumsi yang lain.

Prinsip kerja sistem sambungan balok telah dipahami, yang perlu dipertanyakan adalah besar momen dan gaya geser rencana untuk sambungan. Maklum untuk struktur balok, maka besarnya momen dan gaya geser tergantung dimana sambungan itu akan dipasang. Ketentuan J1.1 (AISC 2010 dalam Wiryanto Dewobroto 2016) hanya memberikan gambaran umum tentang momen dan gaya geser rencana untuk sambungan, yaitu atas dasar hasil analisis struktur terhadap beban-beban rencana, dan harus konsisten dengan metode konstruksi yang dipilih. Adapun perencanaan sambungan girder jembatan menurut ketentuan 6.13.1 (AASHTO 2005 dalam Wiryanto Dewobroto 2016) harus didesain terhadap kondisi kuat batas, yang tidak kurang dari nilai terbesar dari :

- Nilai rata-rata momen (gaya) dari beban terfaktor R_u dengan momen (gaya) dari tahanan elemen terfaktor R_r di titik sama.
- Atau minimum 75% tahanan elemen terfaktor R_r ($r = \text{resistant}$). Untuk tinjauan kondisi kuat batas (ultimate) maka $R_r = \phi R_n$.

Untuk balok menerus, AASHTO (2005 dalam Wiryanto Dewobroto 2016) mensyaratkan sambungan harus dipasang dekat dengan titik belok (*inflection point*) akibat beban mati. Untuk sekitar titik tersebut maka momen lentur tidak dominan, walaupun ada itu adalah akibat variasi beban hidup. Meskipun begitu, ada syarat kuat sambungan minimum 75% R_r termasuk momen dan geser. Itu berarti perencanaan sambungan harus didesain cukup konservatif atau kondisi paling aman.

Selain menetapkan besarnya momen, gaya geser rencana, dan lokasi pemasangannya, AASHTO (2005 dalam Wiryanto Dewobroto 2016) meminta detail sambungannya yang harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Bentuk sambungan selain praktis (mudah diaplikasikan), juga harus dibuat simetri terhadap sumbu penampang. Ketentuan ini menyebabkan pelat untuk sambungan pelat badan harus terdiri dari pelat ganda (pelat dua sisi).
2. Profil balok yang disambung dianggap elemen terpisah : pelat sayap dan pelat badan, juga dianggap kondisinya utuh (*gross*) tanpa lubang. Agar persyaratan fatig ini tidak menentukan, pelat penyambung harus mempunyai luasan minimal sama atau lebih besar dari pelat yang disambung. Tebal pelat ≥ 8 mm.
3. Sambungan pelat sayap atau pelat badan dengan baut, harus dipasang minimum dua baris baut setiap sisinya. Alasannya untuk kemudahan pemasangan, dan untuk menjaga stabilitas selama proses konstruksi berlangsung.
4. Semua sambungan baut mutu tinggi harus didesain berdasarkan mekanisme *slip* - kritis. Ini dikarenakan struktur jembatan berisiko terhadap fatig. Lubang bautnya standar.

Tidak ada ketentuan bahwa sambungan sayap harus terdiri dari pelat ganda. Tetapi adanya syarat bahwa baut bekerja dengan mekanisme *slip*-kritis dan luasan pelat sambungan minimum sama atau lebih besar dari pelat yang disambung, maka pilihan yang menyebabkan kapasitas baut terhadap geser meningkat dua kali lipat, yaitu pelat ganda adalah pilihan yang rasional.



BAB III

METODOLOGI

3.1 Persiapan

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Dalam tahap awal ini disusun hal-hal penting yang harus segera dilakukan dengan tujuan untuk mengefektifkan waktu dan pekerjaan. Tahap persiapan ini meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

1. Studi pustaka terhadap materi desain untuk menentukan garis besarnya.
2. Survey pada instansi-instansi yang dapat dijadikan nara sumber data.
3. Pengadaan persyaratan administrasi untuk perencanaan data.
4. Survey lokasi untuk mendapatkan gambaran umum.
5. Menentukan kebutuhan data.

Dalam membuat suatu perencanaan, diperlukan beberapa data yang diperlukan untuk membuat suatu perencanaan. Data merupakan sekumpulan informasi atau juga keterangan – keterangan dari suatu hal yang diperoleh dengan melalui pengamatan atau juga pencarian ke sumber – sumber tertentu. Data dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data pertama kali yang dikumpulkan peneliti atau perencana dengan melakukan pengambilan data langsung dilapangan, data primer juga disebut dengan data mentah. Sedangkan data sekunder adalah data dengan berbagai informasi yang telah ada sebelumnya dan dikumpulkan oleh peneliti atau perencana yang digunakan untuk melengkapi kebutuhan data penelitian atau data perencanaan.

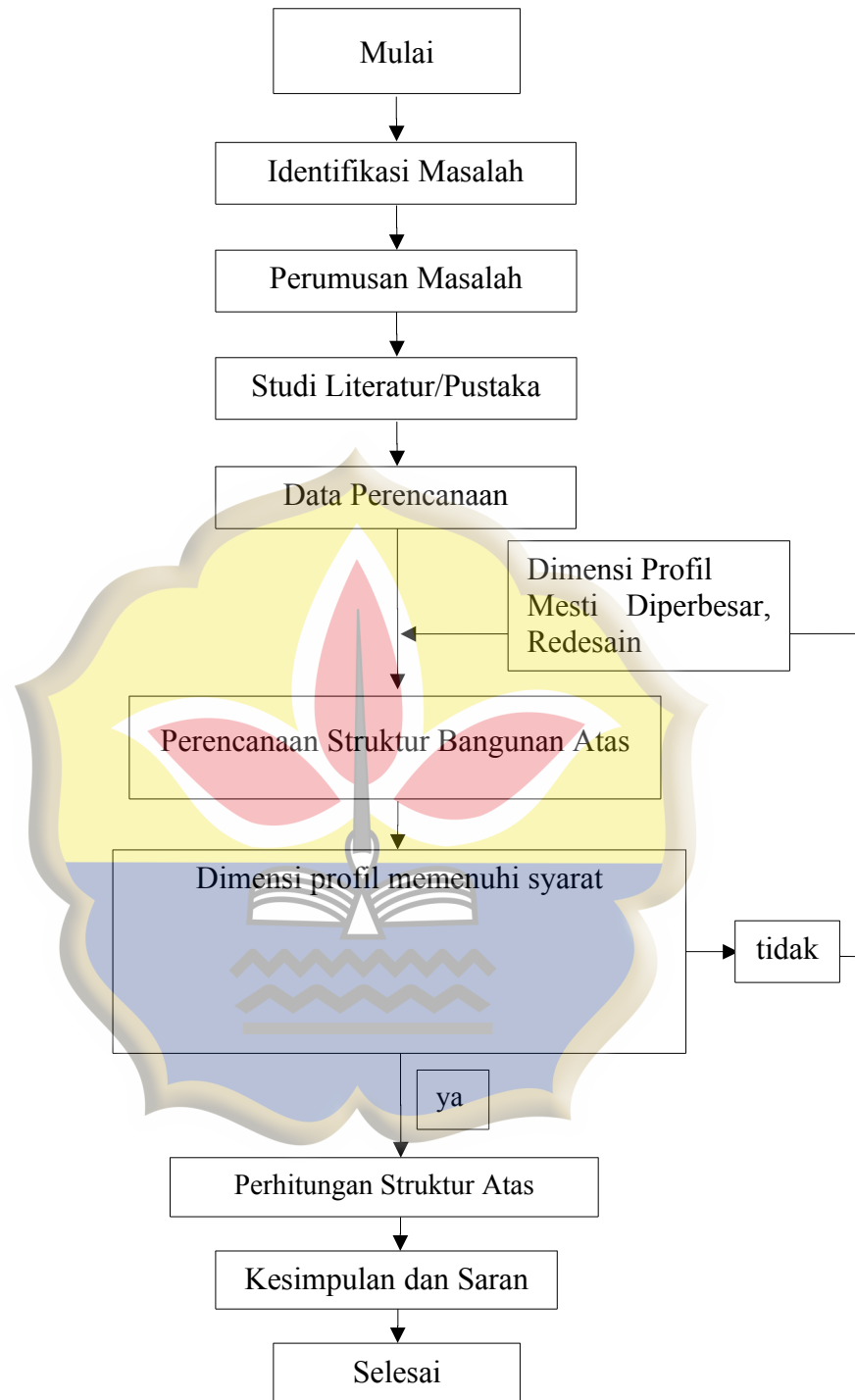
3.2 Standar pembebanan

Standar yang digunakan dalam perhitungan dan perencanaan jembatan dalam tugas akhir ini meliputi :

1. Pembebanan untuk jembatan (SNI 1725 :2016).
2. Perencanaan struktur beton untuk jembatan (RSNI T-12-2004).
3. Perencanaan struktur baja untuk jembatan (RSNI T-03-2005).



3.3 Bagan Alir Perencanaan



Gambar 3.1 Diagram Alir Perencanaan

BAB IV

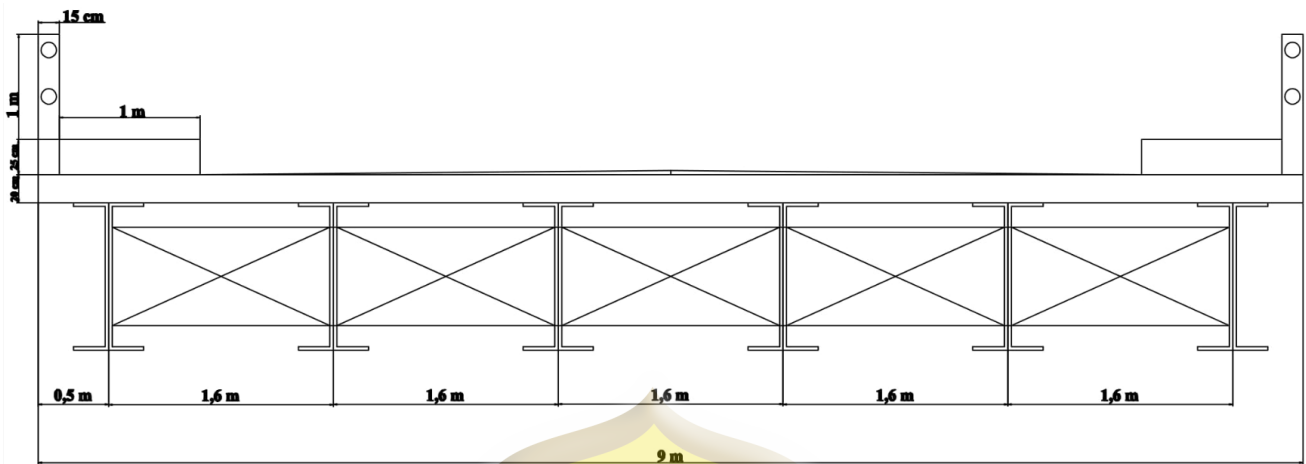
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kriteria Perencanaan

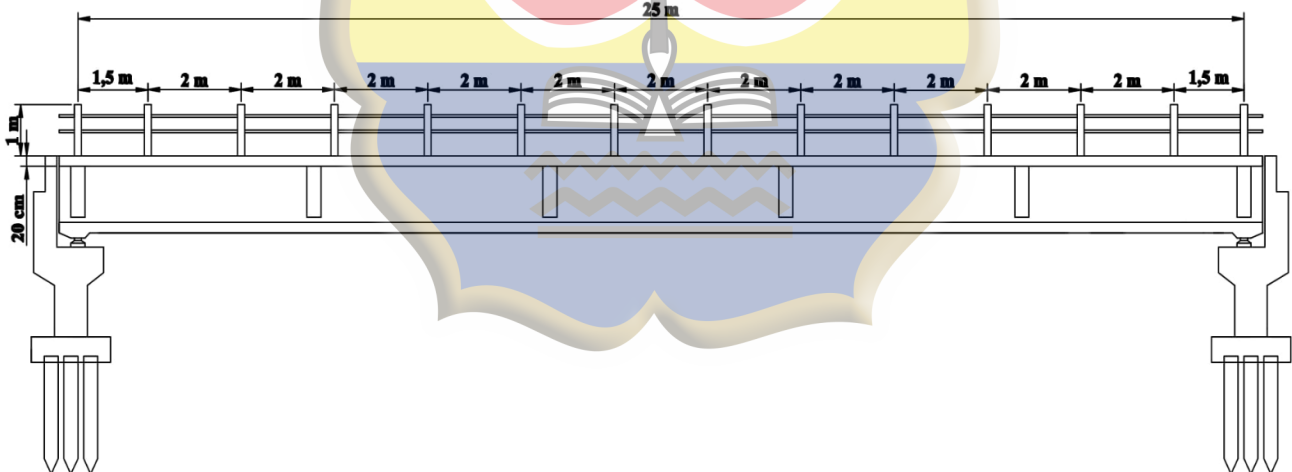
Direncanakan :

- Fungsi Jalan : Kolektor
- Bentang Jembatan : 25 m
- Rencana Tipe Duplikasi Jembatan : Struktur Balok Baja
- Bangunan Atas
 - a. Lantai Jembatan
 - Lebar Lantai Jembatan : 9 m
 - Mutu Beton ($f'c$) : K-350 ($f'c = 0,083 \times 350 = 29,05$ MPa)
 - Mutu Baja : BJ 37 ($f_y = 240$ Mpa, $f_u = 370$ Mpa)
 - Tebal Pelat : 20 cm
 - b. Lantai Trotoar
 - Lebar Lantai Trotoar : 2 x 1 m
 - Mutu Beton ($f'c$) : K-350 ($f'c = 0,083 \times 350 = 29,05$ MPa)
 - Mutu Baja : BJ 37 ($f_y = 240$ Mpa, $f_u = 370$ Mpa)
 - Tebal Pelat : 25 cm
- Jumlah Gelagar Memanjang : 6 buah
- Mutu Baja Balok Jembatan : BJ 50 ($f_y = 290$ Mpa, $f_u = 500$ Mpa)
- E baja (Es) : 200.000 MPa
- Alat Penyambung : Baut

Berikut rencana tampak potongan melintang jembatan beton komposit :

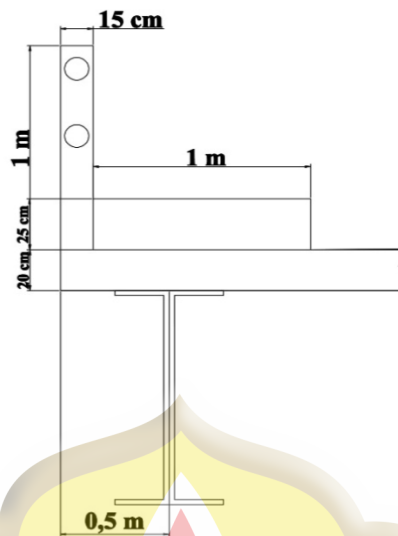


Gambar 4.1 Potongan Melintang Jembatan
Sumber : Data Olahan (2021)



Gambar 4.2 Potongan Memanjang Jembatan
Sumber : Data Olahan (2021)

4.2 Perhitungan Sandaran



Gambar 4.3 Tinggi Tiang Sandaran

Sumber : Data Olahan (2021)

4.2.1 Perencanaan pipa sandaran

- Data perencanaan pipa sandaran

Jarak tiang sandaran = 2 m

Tinggi tiang sandaran = 1 m

Dimensi tiang = Pipa baja Galvanis Ø 76,3 mm

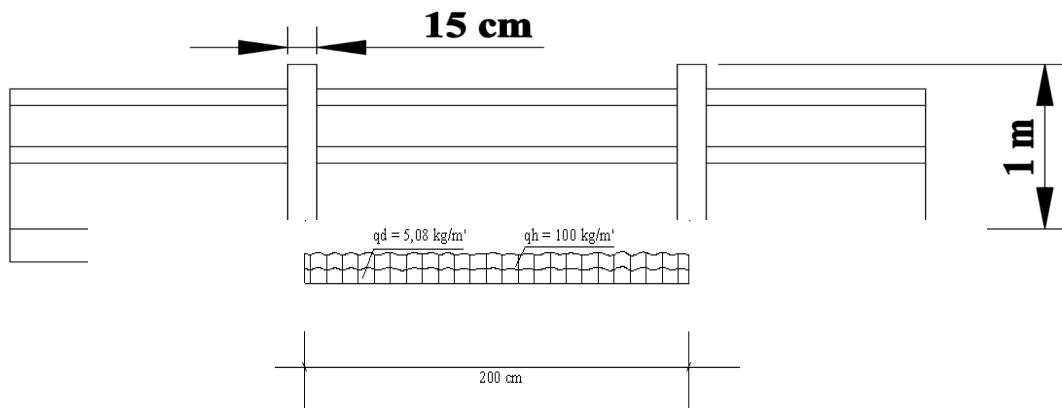
= BJ 37 (σ ijin = 1600 kg/cm²)

Beban hidup (qL) = 100 kg/m

Data teknis profil → = D = 7,63 cm t = 0,28 cm

W = 11,5cm³ I = 43,7 cm⁴

G = 5,08 kg/m A = 6,465 cm²



Gambar 4.4 Tiang dan Pipa Sandaran

Sumber : Data Olahan (2021)

Kombinasi beban:

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_L \\ &= 1,2 (5,08) + 1,6 (100) \\ &= 166,096 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_A = R_B &= \frac{q \cdot l}{2} \\ &= \frac{166,096 \times 2}{2} = 166,096 \text{ kg } (\uparrow) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_U &= \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 166,096 \cdot 2^2 \\ &= 83,048 \text{ kg.m} = 8304,800 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_U &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \cdot 166,096 \cdot 2 \\ &= 166,096 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\sigma_{ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2 = 160 \text{ Mpa}$$

$$E \text{ baja} = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

Terhadap momen:

$$\sigma_u < \sigma_{ijin}$$

$$\frac{Mu}{w} = \sigma_{ijin}$$

$$= \frac{8304,800}{11,5} < 1600$$

$$= 722,157 \text{ kg/cm}^2 < 1600 \text{ kg/cm}^2 \dots(\text{ok})$$

Terhadap geser:

$$v_{ijin} = 0,6 \times f_y = 0,6 \times 2400 = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$v = \frac{Du}{A} = \frac{166,096}{6,465} = 25,692 \text{ kg/cm}^2 < 1440 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol lendutan

$$\sigma_{ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2 = 160 \text{ Mpa}$$

$$E \text{ baja} = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

Terhadap lendutan:

$$q = G \times ql$$

$$= 5,08 + 100$$

$$= 105,08 \text{ kg/m}$$

$$= 1,050 \text{ kg/cm}$$

$$\frac{5ql^4}{384EI} < \frac{L}{300}$$

$$= \frac{5 \times 1,050 \times 200^4}{384 \times (2,1 \times 10^6) \times 43,7} < \frac{200}{300}$$

$$= 0,239 \text{ cm} < 0,667 \text{ cm} \dots (\text{ok})$$

Jadi, pipa galvanis Ø 76,3 mm dapat digunakan sebagai pipa sandaran.

4.2.2 Perencanaan tiang sandaran

$$\begin{aligned} M_U &= \text{beban horizontal} \times L \times \text{tinggi tiang} \\ &= 100 \times 2 \times 1 \text{ m} \\ &= 200 \text{ kg.m} = 1961330 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Penulangan tiang sandaran:

- Tulangan lentur

$$M_n = \frac{M_U}{\phi} = \frac{1961330}{0,8} = 2451662,5 \text{ N.mm}$$

Diketahui : Dimensi tiang = 150 mm × 150 mm

$$d = 150 - 40 \text{ mm} = 110 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n \text{ perlu} \times 10^6}{b \times d^2} = \frac{2451662,5}{150 \times 110^2} = 1,650 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \left(\frac{0,85 \times f'c'}{f_y} \right) \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'c}} \right) \\ &= \left(\frac{0,85 \times 29,05}{240} \right) \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,650}{0,85 \times 29,05}} \right) = 0,007 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,006 < \rho_{\text{perlu}} = 0,007$$

Digunakan $\rho = 0,007$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,007 \times 150 \times 110 = 116 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan Ø12 dengan luas penampang $A = 113 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_s}{A} = \frac{116}{113} = 1,026 \approx 6 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan 6Ø12 mm

- Tulangan geser

$$\begin{aligned} \text{Berat pipa sandaran} &= n \times l \times \text{berat sendiri pipa} \\ &= 2 \times 2 \text{ m} \times 5,08 \text{ kg/m} \\ &= 20,320 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat tiang sandaran} &= \text{luas tiang} \times \text{tinggi tiang} \times \gamma_c \\ &= (0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}) \times 1,25 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 67,50 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\sum V_u = 20,320 + 67,50 = 87,820 \text{ kg}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{87,820}{0,6} = 146,366 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \times b \times d \\ &= \frac{\sqrt{29,05}}{6} \times 150 \times 110 = 36306,249 \text{ N} = 3630,624 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 3630,624 \text{ kg}$$

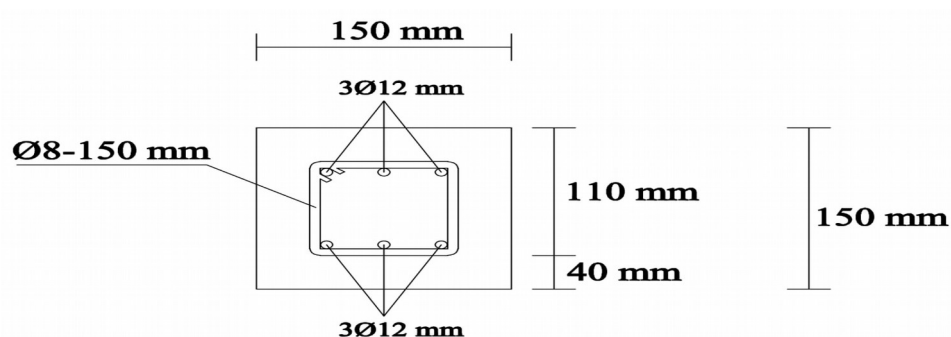
$$= 2722,968 \text{ kg} > V_n = 123,866 \text{ kg}$$

...OK

Tulangan geser tidak diperlukan, karena tulangan sudah kuat menahan geser.

Sehingga cukup digunakan tulangan praktis yaitu Ø8–150 mm.

Detail penulangan tiang sandaran:



Gambar 4.5 Penulangan tiang sandaran

Sumber: Data Olahan (2021)

4.3 Perhitungan Pelat Lantai

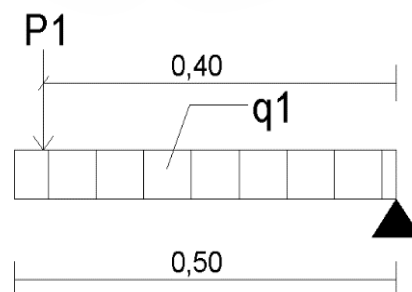
4.3.1 Perhitungan Pelat Lantai Kantilever

a. Data Perencanaan

- Berat jenis beton (γ_c) = $24 \text{ kN/m}^3 = 2400 \text{ kg/m}^3$
- Mutu Beton (f'_c) = $29,05 \text{ MPa}$
- Mutu Tulangan (f_y) = 240 MPa
- \emptyset Tulangan Rencana = 14 mm
- Tebal efektif pelat beton, $d = h - \text{selimut beton}$
= $200 - 40 = 160 \text{ mm}$

b. Perhitungan Pembebanan

1) Akibat Beban Mati



- Beban merata

$$\text{berat trotoar} = 0,25 \times 1,00 \times 2200 = 550 \text{ kg/m}$$

$$\text{berat pelat jembatan} = 0,20 \times 1,00 \times 2400 = 480 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma q_1 = 1030 \text{ kg/m}$$

$$M_{q1} = 1/2 \cdot q_1 \cdot L^2 = 1/2 \times 1030 \times 0,50^2 = 128,750 \text{ kg/m}$$

- **Beban terpusat**

$$\text{b.s tiang sandaran} = 76,800 \text{ kg}$$

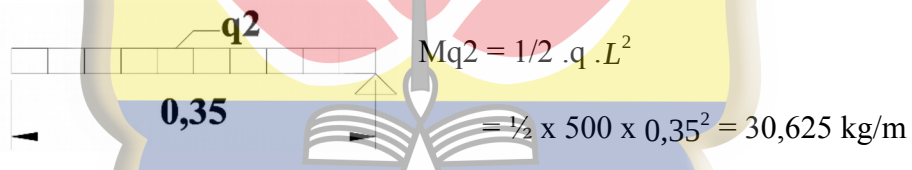
$$\text{berat pipa galvanis} = 20,320 \text{ kg}$$

$$\Sigma P_1 = 97,120 \text{ kg}$$

$$M_{P1} = P_1 \cdot L = 97,120 \times 0,40 = 38,848 \text{ kg}$$

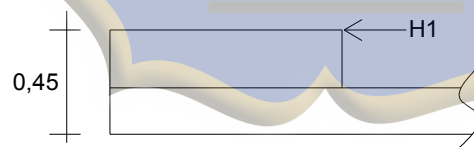
2) **Akibat Beban Hidup**

- **Beban pejalan kaki = 500 kg/m^2**



$$M_{q2} = 1/2 \cdot q \cdot L^2 = 1/2 \times 500 \times 0,35^2 = 30,625 \text{ kg/m}$$

- **H1 (beban tumbukan pada trotoar) = 500 kg**



$$M_H = H_1 \times h = 500 \times 0,45 = 225 \text{ kg.m}$$

Beban rencana pelat lantai:

$$M_L = 30,625 + 225 = 255,625$$

$$M_D = 128,750 + 38,848 = 167,598$$

$$M_u = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

$$= (1,2 \times 167,598) + (1,6 \times 255,625)$$

$$= 610,117 \text{ kg/m}$$

c. Perhitungan Tulangan

$$k = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2 \times (0,85 \times f'c)} = \frac{610,117}{0,9 \times 1 \times 0,160^2 \times (0,85 \times 29,05)}$$

$$= 10,724 \text{ kN/m}$$

$$\rho = \frac{0,85 \times f'c}{f_y} (1 - \sqrt{1 - 2 \times k})$$

$$= \frac{0,85 \times 29,05}{240} (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,010724}) = 0,001$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,006$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \beta_1 \times \left(\frac{0,85 \times f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ dan } \beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times 0,85 \times \left(\frac{0,85 \times 29,05}{240} \times \frac{600}{600 + 240} \right) \text{ dan } \beta_1 = 0,80$$

$$\rho_{\max} = 0,046$$

karena $\rho_{\min} > \rho \rightarrow$ dipakai $\rho_{\min} = 0,006$

$$A = \rho \times b \times d = 0,006 \times 1000 \times 160 = 960 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\phi 14 - 150$ ($A_s = 1207 \text{ mm}^2$)

Checking :

$$\rho = \frac{A_{\text{sterpasang}}}{(b \times d)}$$

$$\frac{1207}{(1000 \times 160)} = 0,008 < \rho_{\max} \quad \dots \text{OK}$$

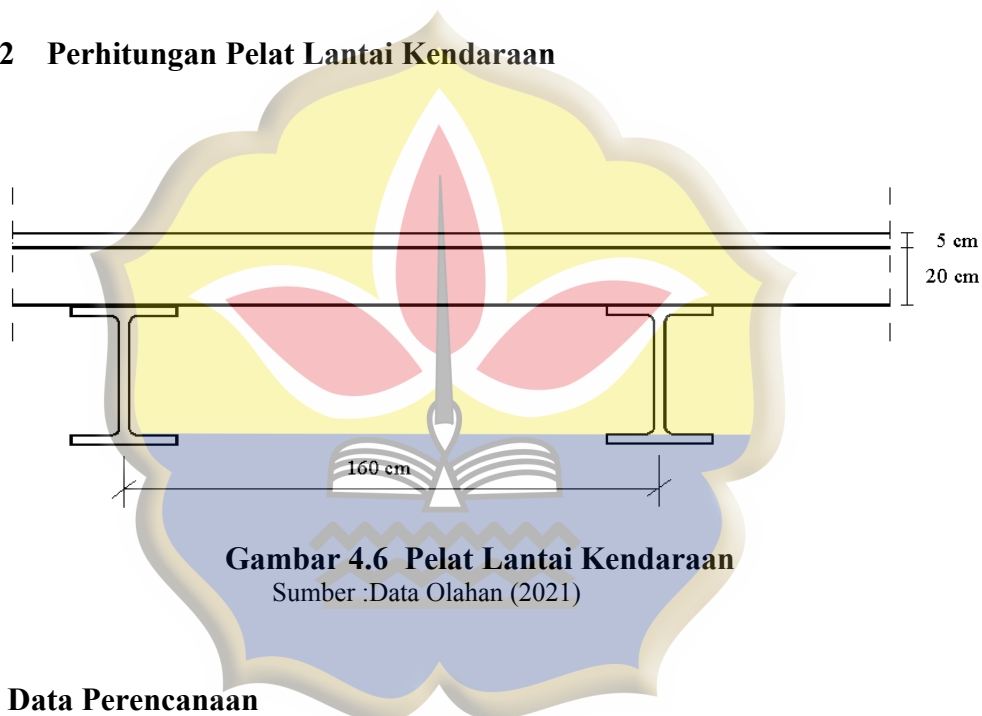
Menurut SNI 03-2847-2002, dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama harus disediakan tulangan pembagi (untuk tegangan susut dan suhu).

$$A_s = 0,002 \times b \times d$$

$$A_s = 0,002 \times 1000 \times 160 = 320 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan bagi D12-150 ($A = 679 \text{ mm}^2$)

4.3.2 Perhitungan Pelat Lantai Kendaraan



Gambar 4.6 Pelat Lantai Kendaraan
Sumber :Data Olahan (2021)

a. Data Perencanaan

- Mutu beton ($f'c$) = 29,05 MPa
- Mutu tulangan (f_y) = 240 MPa
- Tebal pelat lantai = 20 cm
- Tebal lapis aspal = 5 cm
- \emptyset tulangan rencana = 14 mm
- Tebal selimut beton (p) = 40 mm (untuk konstruksi lantai yang langsung berhubungan dengan cuaca).

- Berat jenis beton (γ_c) = $24 \text{ kN/m}^3 = 2400 \text{ kg/m}^3$
- Berat jenis aspal (γ_a) = $22 \text{ kN/m}^2 = 2200 \text{ kg/m}^3$

b. Perhitungan Momen Lentur Pada Pelat Lantai Kendaraan

1) Akibat Beban Mati :

- Berat sendiri pelat = $0,20 \times 1,00 \times 2400 = 480 \text{ kg/m}$
 - Berat aspal = $0,05 \times 1,00 \times 2200 = 110 \text{ kg/m}$
 - Berat air hujan = $0,05 \times 1,00 \times 1000 = 50 \text{ kg/m} +$
-
- $\Sigma q_{DL} = 640 \text{ kg/m}$

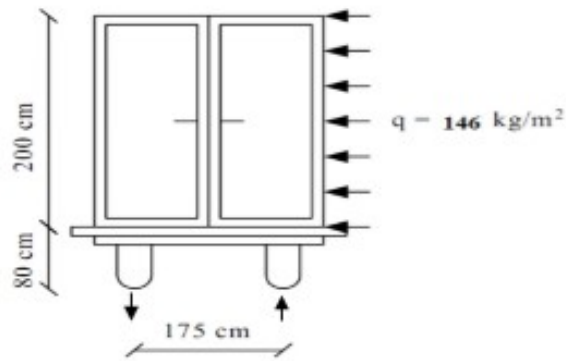
$$\begin{aligned} \text{Momen Tumpuan} = \text{Momen Lapangan} &= \frac{1}{8} \times q \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 640 \times 2^2 \\ &= 320 \text{ kgm.} \end{aligned}$$

2) Beban Angin

Beban angin bekerja pada kendaraan dengan arah horizontal

sebesar:

- q (tekanan angin) = 146 kg/m^2 .
- Panjang kendaraan = 11 m



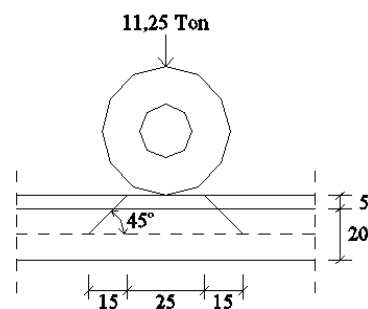
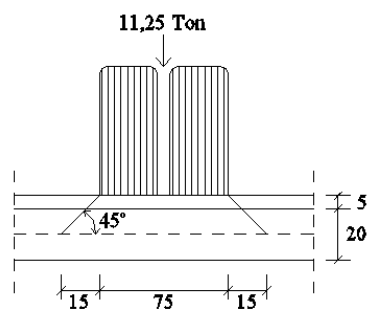
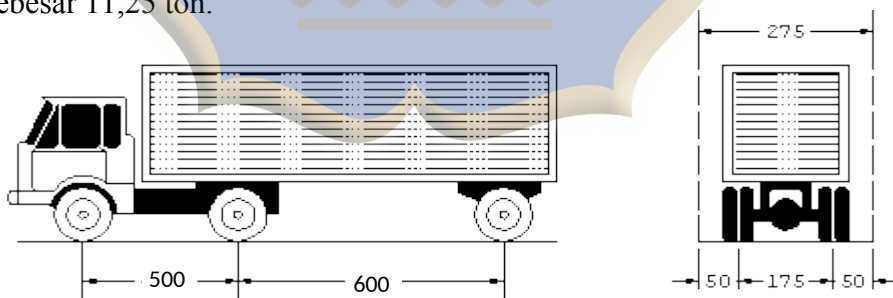
Gambar 4.7 Beban akibat angin

Sumber : Data Olahan (2021)

$$\text{Reaksi pada roda } W = \frac{2 \times 6 \times 1.8 \times 146}{1,75 \times 2} = 901,029 \text{ kg} = 0.901 \text{ ton}$$

3) Akibat Beban Hidup (T) :

Untuk perhitungan kekuatan lantai kendaraan atau sistem lantai kendaraan jembatan harus digunakan beban “T” yaitu beban yang merupakan kendaraan truk yang mempunyai beban roda ganda (*Dual Wheel Load*) sebesar 11,25 ton.



Gambar 4.8 Beban “ T ”

Sumber : Data Olahan (2021)

o Beban “ T ” = 11,25 ton

o Bidang kontak pada sumbu plat

$$t_x = (75 + (2 \times 15)) = 105 \text{ cm} = 1,05 \text{ m}$$

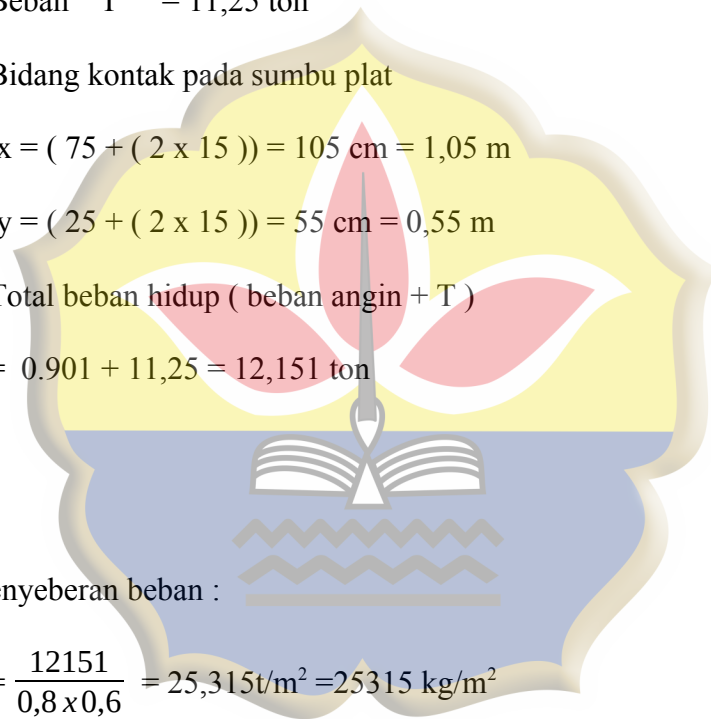
$$t_y = (25 + (2 \times 15)) = 55 \text{ cm} = 0,55 \text{ m}$$

o Total beban hidup (beban angin + T)

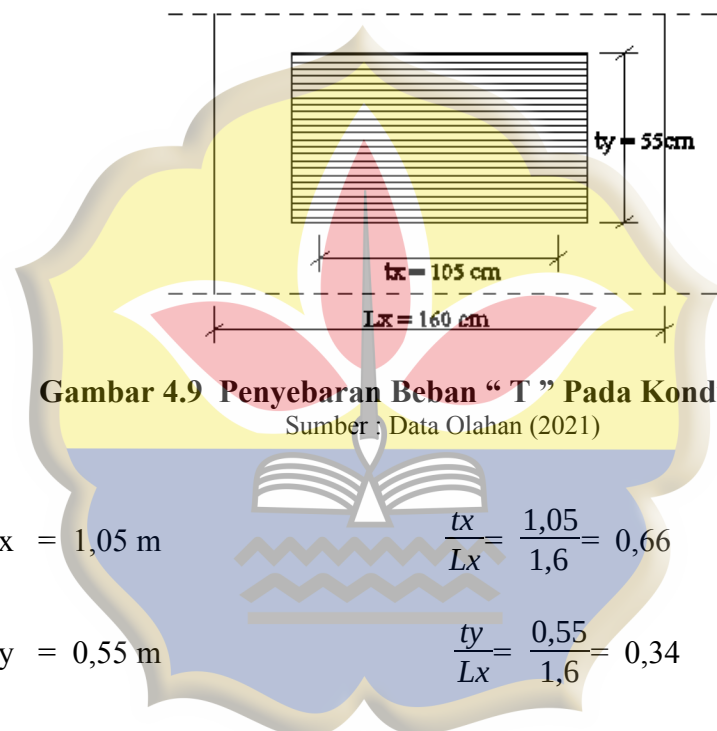
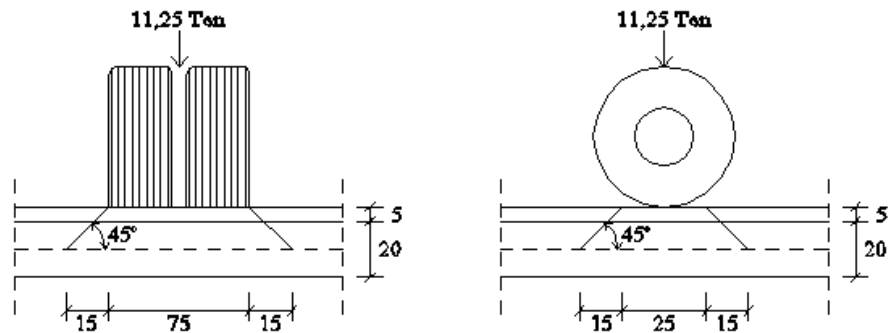
$$= 0,901 + 11,25 = 12,151 \text{ ton}$$

o Penyebaran beban :

$$= \frac{12151}{0,8 \times 0,6} = 25,315 \text{ t/m}^2 = 25315 \text{ kg/m}^2$$



- Kondisi 1 (satu roda ditengah pelat)



Gambar 4.9 Penyebaran Beban “ T ” Pada Kondisi 1

Sumber : Data Olahan (2021)

- o $tx = 1,05 \text{ m}$ $\frac{tx}{Lx} = \frac{1,05}{1,6} = 0,66$
- o $ty = 0,55 \text{ m}$ $\frac{ty}{Lx} = \frac{0,55}{1,6} = 0,34$
- o $Lx = 1,6 \text{ m}$

Dari tabel *Bittner* :

$$F_{xm} = 0,1338$$

$$F_{ym} = 0,0861$$

Momen maksimum pada kondisi 1 (satu roda ditengah pelat) :

$$\begin{aligned} M_{xm} &= F_{xm} \times T' \times tx \times ty \\ &= 0,1338 \times 25315 \times 1,05 \times 0,55 \end{aligned}$$

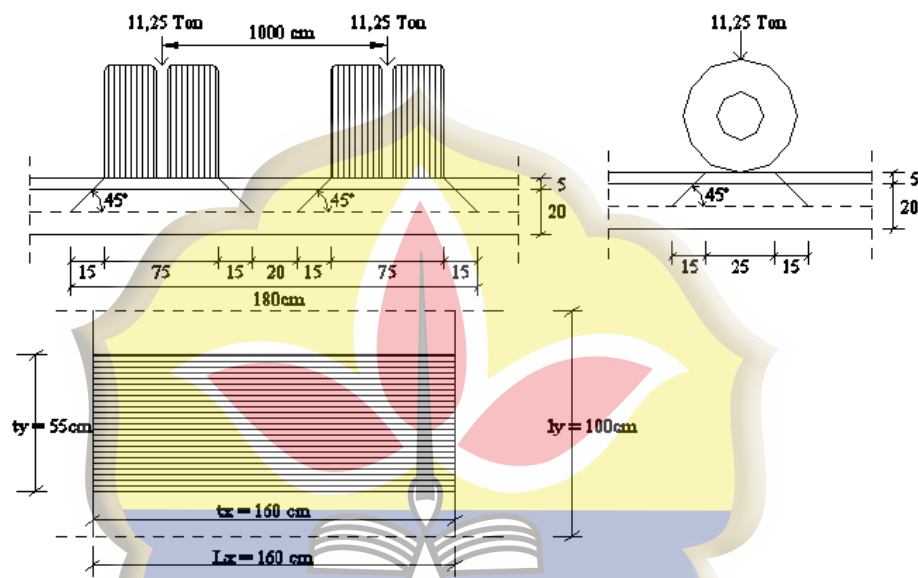
$$= 1956,077 \text{ kg.m}$$

$$M_{ym} = F_{ym} \times T' \times t_x \times t_y$$

$$= 0,0861 \times 25315 \times 1,05 \times 0,55$$

$$= 1258,731 \text{ kg.m}$$

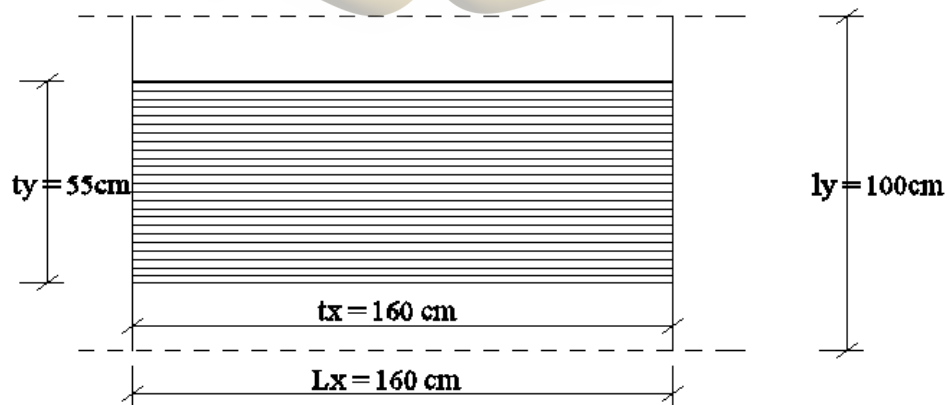
- Kondisi 2 (dua roda berdekatan)



Gambar 4.10 Penyebaran Beban “ T ” Pada Kondisi 2

Sumber : Data Olahan (2021)

Luas bidang kontak diatas dapat dihitung menjadi 2 bagian, yaitu :



- o $t_x = 1,60 \text{ m}$ $\frac{t_x}{L_x} = \frac{1,6}{1,6} = 1$
- o $t_y = 0,55 \text{ m}$
- o $L_x = 1,60 \text{ m}$ $\frac{t_y}{L_x} = \frac{0,55}{1,6} = 0,34$
- o $L_y = 1 \text{ m}$

Dari tabel *Bittner* diperoleh :

$$F_{xm} = 0,0910$$

$$F_{ym} = 0,0608$$

Momen yang terjadi :

Momen maksimum pada kondisi 2 :

$$\begin{aligned} M_{xm1} &= F_{xm} \times T' \times t_x \times t_y \\ &= 0,0910 \times 25315 \times 1,6 \times 0,55 \\ &= 2027,225 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ym1} &= F_{ym} \times T' \times t_x \times t_y \\ &= 0,0608 \times 25315 \times 1,6 \times 0,55 \\ &= 1354,454 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen maksimum akibat beban hidup “ T ” diambil dari momen terbesar pada kondisi 1 dan kondisi 2 yaitu :

- Momen maksimum pada kondisi 1 (satu roda ditengah pelat) :

$$M_{xm} = 1956,077 \text{ kg.m}$$

$$M_{ym} = 1258,731 \text{ kg.m}$$

- Momen maksimum pada kondisi 2 (dua roda berdekatan) :

$$M_{xm} = 2027,225 \text{ kg.m}$$

$$M_{ym} = 1354,454 \text{ kg.m}$$

Dipilih momen pada kondisi 2 (dua roda berdekatan), karena menghasilkan nilai momen yang terbesar.

Momen total:

- Arah x = $M_{xm} + M_x$
= $2027,225 + 256 = 2283,225 \text{ kg.m}$
- Arah y = $M_{ym} + M_y$
= $1354,454 + 256 = 1610,454 \text{ kg.m}$

c. Perhitungan Tulangan Pelat Lantai Kendaraan

Diketahui :

Momen rencana $M_U = 2283,225 \text{ kg.m}$

Mutu beton $f'_c = 29,05 \text{ MPa}$

Mutu tulangan $f_y = 240 \text{ MPa}$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton $d' = 40 \text{ mm}$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton $\beta_1 = 0,85$

Faktor reduksi kekuatan lentur $\phi = 0,9$

Lebar pelat lantai per 1m $b = 1000 \text{ mm}$

Tebal efektif pelat beton $d = h - d' = 200 - 40 = 160 \text{ mm}$

Momen nominal rencana:

$$M_n = \frac{M_U}{\phi} = \frac{2283,225}{0,9} = 2536,917 \text{ kg/m} = 25,369 \text{ kN/m}$$

Koefisien ketahanan (Rn):

$$R_n = \frac{Mn_{perlu} \times 10^6}{b \times d^2} = \frac{25,369 \times 10^6}{1000 \times 160^2} = 0,991 \text{ N/mm}$$

Rasio tulangan:

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{0,85 \times f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn}{0,85 \times f'c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 29,05}{240} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,991}{0,85 \times 29,05}} \right) = 0,004 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,006 > \rho_{perlu} = 0,004$$

Digunakan $\rho_{min} = 0,006$

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} &= \rho_{min} \times b \times d \\ &= 0,006 \times 1000 \times 160 = 960 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Rencana tulangan pokok

Digunakan tulangan pokok D14 mm (Asumsi), sehingga penampang 1 tulangan pokok :

$$\begin{aligned} A.tul &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 14^2 \\ &= 153,860 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak antar tulangan

$$S = \frac{A.tul \times b}{A_{s_{perlu}}} = \frac{153,860 \times 1000}{960} = 160,270 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan pokok D14 - 150 mm

$$\begin{aligned} A_{s_{pakai}} &= \frac{A.tul \times b}{S} = \frac{153,860 \times 1000}{150} \\ &= 1025,733 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}} = 960 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$a = \frac{As_{pakai} \times fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{1025,733 \times 240}{0,85 \times 29,05 \times 1000} = 9,969 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} m_n &= As_{pakai} \times fy \times (d - \frac{1}{2} a) \\ &= 1025,733 \times 240 \times (160 - \frac{1}{2} \times 9,969) \\ &= 38,161 \text{ kN.m} > m_{n_{perlu}} = 26,204 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

...OK

- Rencana Tulangan bagi / susut :

$$\begin{aligned} As &= 0,002 \times b \times h \\ &= 0,002 \times 1000 \times 200 \\ &= 400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk tulangan susut dicoba pakai : $\phi 12 - 150 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_{tul} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2 = 113,097 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

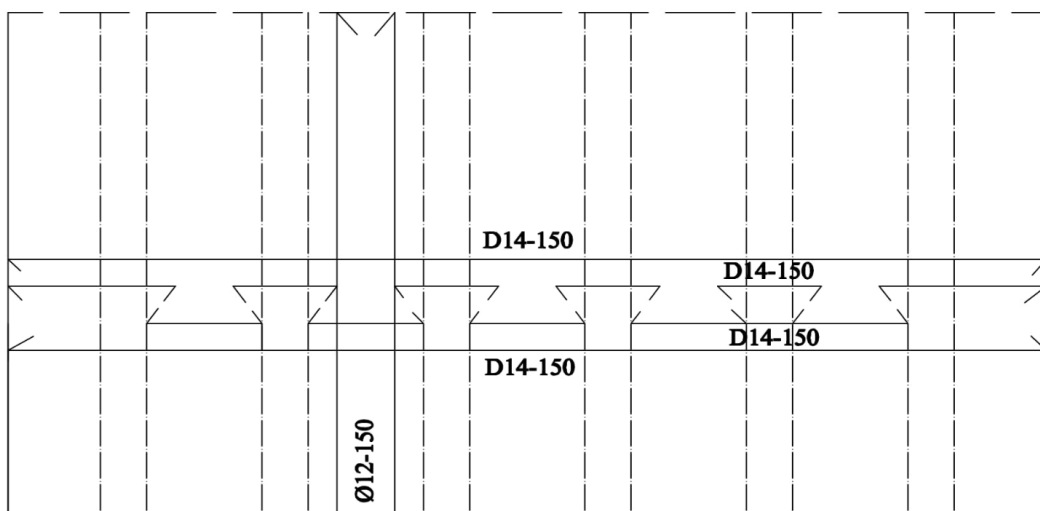
$$\begin{aligned} As_{pakai} &= \frac{A_{tul} \times b}{S} \\ &= \frac{113,097 \times 1000}{150} \end{aligned}$$

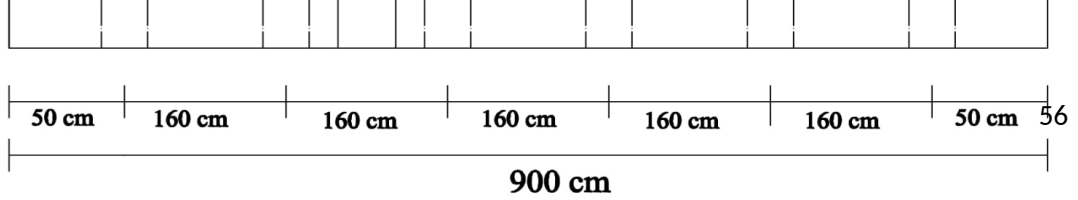
$$= 753,980 \text{ mm}^2 > As = 400 \text{ mm}^2$$

...OK

Jadi, penulangan untuk pelat lantai jembatan menggunakan:

D14 - 150 & Ø 12 - 150





Gambar 4.11 Denah penulangan pelat lantai

Sumber : Data Olahan (2021)

4.4 Perencanaan Gelagar Utama

4.4.1 Analisa beban gelagar

a) Beban mati (q_D)

- Bs. Lantai	$0,20 \times 1,6 \times 2400$	= 768	Kg/m
- Bs. Aspal	$0,05 \times 1,6 \times 2200$	= 176	Kg/m
- Bs. Air hujan	$0,05 \times 1,6 \times 1000$	= 80	Kg/m
- Bs. Dek baja	$1,6 \times 20$	= 32	Kg/m
- Bs. Gelagar termasuk <i>shear connector</i> ,		= 350	Kg/m
Sambungan, dll (asumsi)			+
		$q_{DL} = 1406$	Kg/m

$$\begin{aligned}
 - M_{DL \text{ maks}} &= \frac{1}{8} \times q \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 1406 \times 25^2 \\
 &= 109843 \text{ Kg.m}
 \end{aligned}$$

$$= 109,843 \text{ Ton.m (Tengah batang)}$$

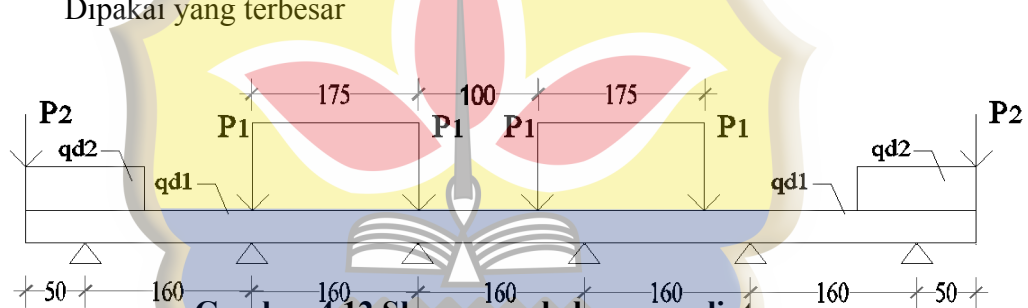
$$\begin{aligned} - D_{D \text{ maks}} &= \frac{1}{2} \times q \times L \\ &= \frac{1}{2} \times 1406 \times 25 \\ &= 17575 \text{ Kg.m} \\ &= 17,575 \text{ Ton.m (Ditumpuan)} \end{aligned}$$

b) Beban hidup

- Beban "T"

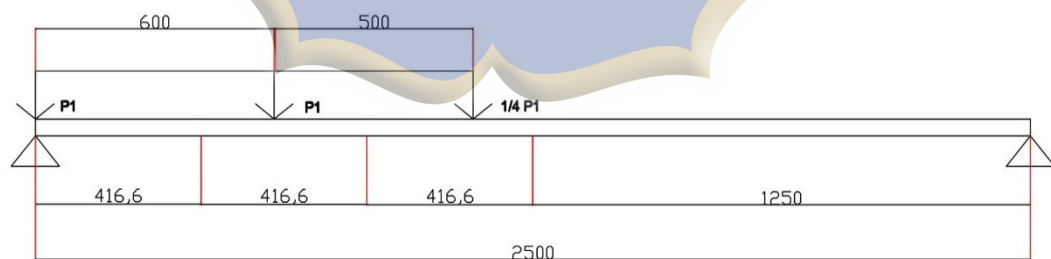
- Beban "D"

Dipakai yang terbesar



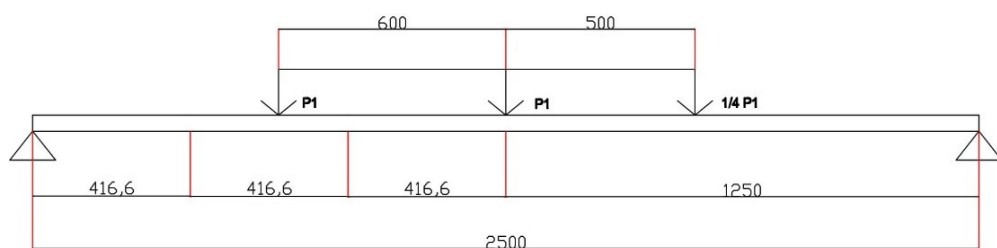
Gambar 4.12 Skema pembebanan melintang

Sumber : Data Olahan (2021)



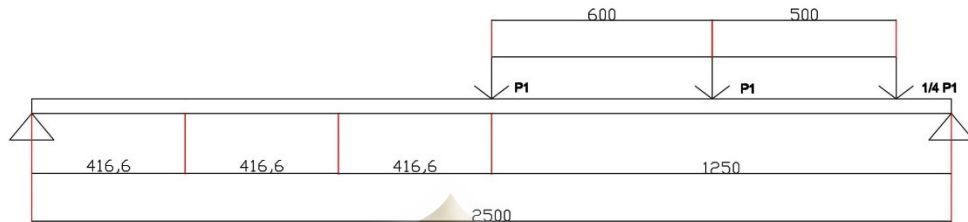
Gambar 4.13 Skema pembebanan memanjang kondisi 1 untuk Dmax

Sumber : Data Olahan (2021)



Gambar 4.14 Skema pembebanan memanjang kondisi 2 untuk Mmax

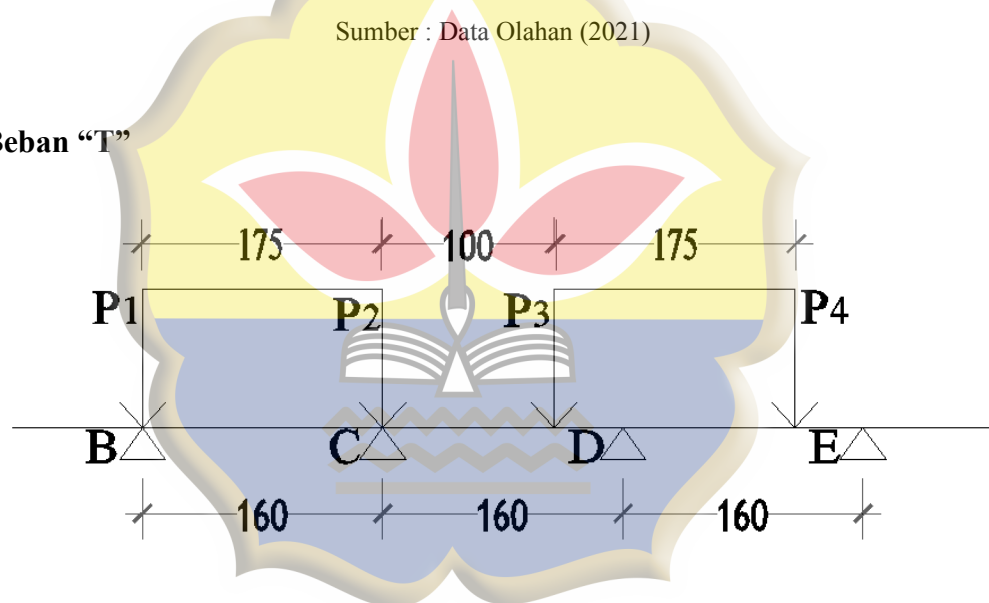
Sumber : Data Olahan (2021)



Gambar 4.15 Skema pembebanan memanjang kondisi 3 untuk Mmax

Sumber : Data Olahan (2021)

- Beban "T"



Gambar 4.16 Skema Beban Hidup 2

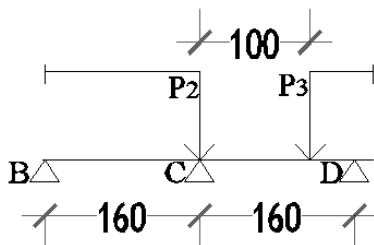
Sumber : Data Olahan (2021)

$$P = 12,151 \text{ ton} \times 100 \% = 12,151 \text{ ton}$$

$$B < 1,75 \text{ m}$$

$$\sum M^D = 0$$

$$R_C \times 1,6 - P_2 \times 1,6 - P_3 \times 0,6 = 0$$

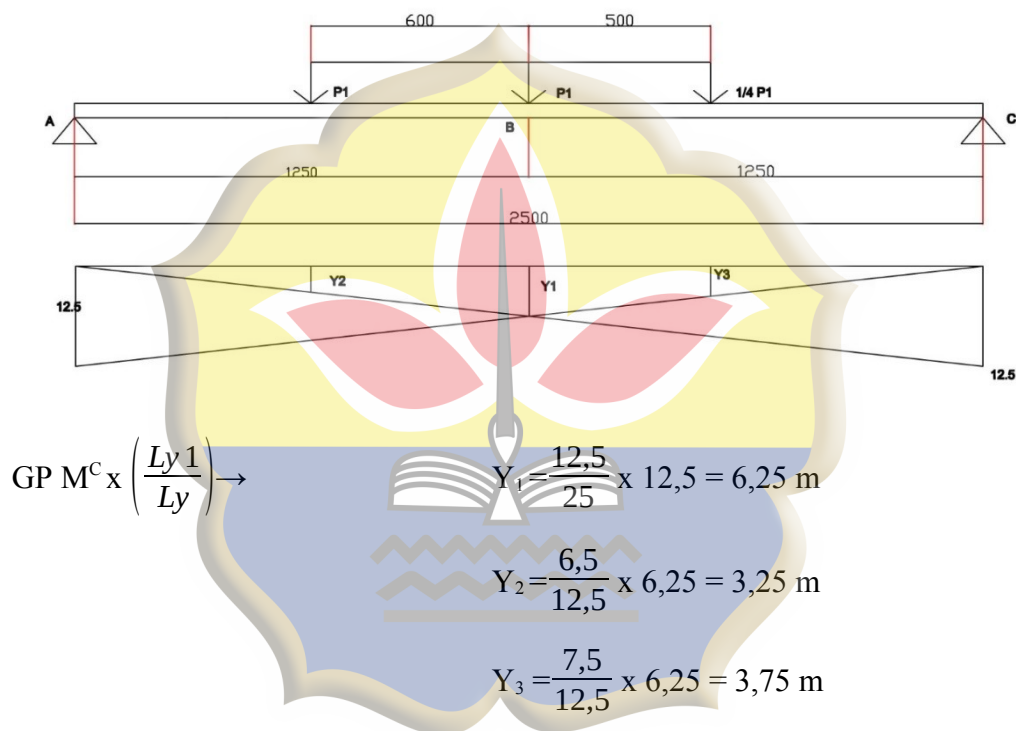


$$R_c = \frac{27,732}{1,6} = 17,333 \text{ ton } (\uparrow)$$

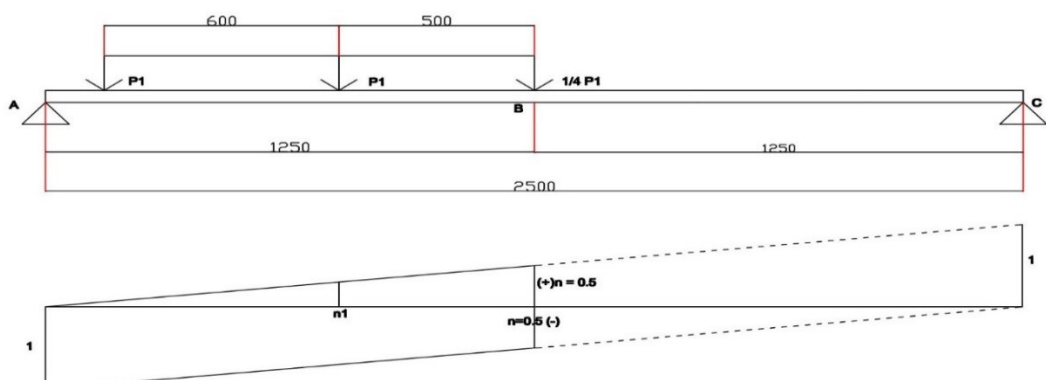
$$R_c = 17,333 \text{ ton}$$

$$\frac{1}{4} R_c = 4,333 \text{ ton}$$

- Momen dan lintang (menggunakan garis pengaruh)



$$\begin{aligned} M_{LL}(C) &= (1/4 R_c \times Y_2) + (R_c \times Y_1) + (R_c \times Y_3) \\ &= (1/4 \times 17,333 \times 3,25) + (17,333 \times 6,25) + (17,333 \times 3,75) \\ &= 187,413 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$



$$GP D^C = n = \frac{12,5}{25} \times 1 = 0,5 \text{ m}$$

$$n_1 = \frac{7,5}{12,5} \times 0,5 = 0,30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{LL}(C) &= (R_C \times n) + (R_C \times n_1) \\ &= (17,333 \times 0,5) + (17,333 \times 0,30) \\ &= 13,866 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

- Beban "D"

$$- P = 4,900 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} - P_{LL} &= P \times 1,6 \times 2 \\ &= 4,900 \times 1,6 \times 2 \\ &= 15,680 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - q_{LL} &= q \times 1,6 \times 2 \\ &= 0,009 \times 1,6 \times 2 \\ &= 0,029 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{LL}(D) &= Y \times P_{LL} + \text{Luas}\Delta GP \times q_{LL} \\ &= 6,25 \times 15,680 + (1/2 \times 25 \times 6,25) \times 0,029 \\ &= 100,265 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

Perbandingan Momen akibat D dan T :

$$\text{Akibat D} = 100,265 \text{ Ton.m}$$

$$\text{Akibat T} = 187,413 \text{ Ton.m}$$

Dari dua perbandingan momen diatas, maka dipilih nilai momen terbesar, yaitu momen akibat beban “T” = 187,413 Ton.m

Kombinasi momen akibat beban mati dan beban hidup

1. $1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL} (C)$ = $(1,2 \times 109,843) + (1,6 \times 187,413)$
= 431,672 ton.m
2. $1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL} (D)$ = $(1,2 \times 109,843) + (1,6 \times 100,265)$
= 292,235 ton.m

Maka diambil yang terbesar = no 1 → 431,672 ton.m

4.4.2 Perencanaan Profil Balok I Baja

- Pendekatan profil

$$h = \frac{1}{20} \times L = \frac{1}{20} \times 25 = 1,25 \text{ m}$$

- Dicoba profil IWF = 1200 x 250 x 16 x 38

Diketahui :

$$A = 372,34 \text{ cm}^2$$

$$G = 292,29 \text{ kg/m} < G \text{ asumsi } 350 \text{ kg/m}$$

$$I_x = 830932 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 13848 \text{ cm}^3$$

- Tentukan “Ec” dan “n”

$$\text{Mutu beton} = \text{K-350} = 29,05 \text{ Mpa (Fc')}$$

$$\text{Berat jenis beton } w = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

$$\text{Modulus elastisitas } E_c = 4700 \times \sqrt{f_c'}$$

$$= 4700 \times \sqrt{29,05} = 25332,1 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{ES}{EC} = \frac{200.000}{25332,1} = 7,895 \approx 8$$

- b_e (lebar efektif pelat beton) diambil nilai terkecil dari :

$$b_e \leq \frac{L}{4} = \frac{25}{4} = 6,25 \text{ m}$$

$$b_e \leq b_0 = 1,6 \text{ m}$$

maka diambil b_e yang terkecil

$$\frac{b_e}{n} = \frac{1,6}{8} = 0,200 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

Tabel 4.1 Menentukan garis netral

Sumber : Data Olahan (2021)

Bahan	A (cm ²)	Y (cm)	A.Y (cm ³)
Beton	400	130	52000
Baja	372,34	60	22340,400
	772,340		74340,400

$$- Y_{\text{beton}} = H + \frac{1}{2} tc \quad Y_{\text{baja}} = \frac{1}{2} H$$

$$- Y_b = \frac{\sum A \cdot Y}{\sum A} = \frac{74340,400}{772,340} = 96,253 \text{ cm}$$

$$- Y_a = (h \text{ baja} + h \text{ beton}) - Y_b$$

$$= (120 + 20) - 96,253$$

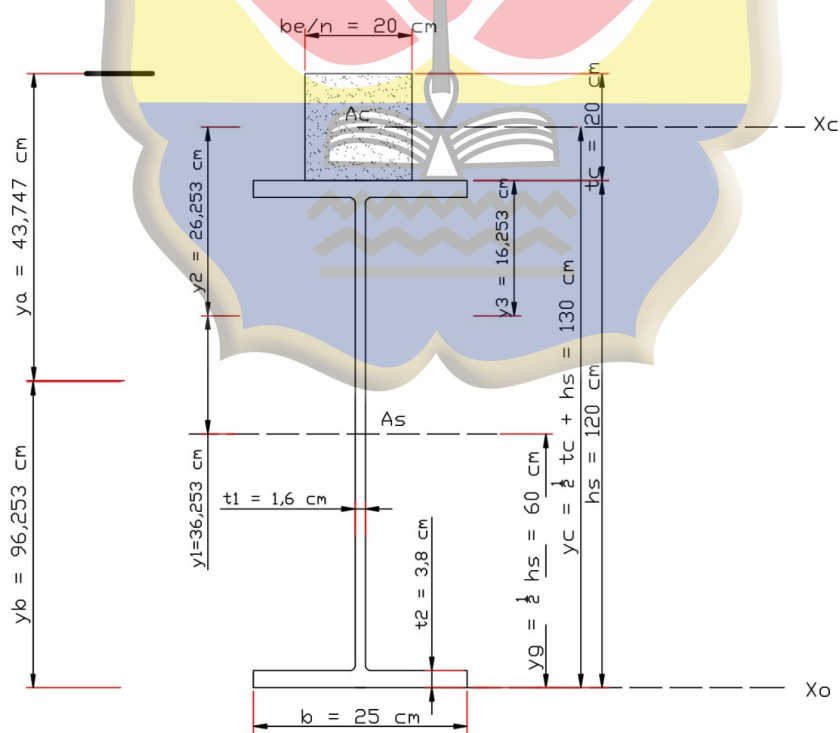
$$= 43,747 \text{ cm}$$

$$Y_1 = Y_b - \frac{1}{2} H \text{ baja} = 96,253 - 60 = 36,253 \text{ cm}$$

$$Y_2 = Y_a - \frac{1}{2} tc = 36,253 - 10 = 26,253 \text{ cm}$$

$$Y_3 = Y_2 - \frac{1}{2} tc = 26,253 - 10 = 16,253 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad I_{X \text{ beton}} &= \left(\frac{1}{2} \times \frac{be}{n} \times tc^2 \right) + \left(\frac{be}{n} \times tc \times Y_2^2 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{2} \times 20 \times 20^2 \right) + (20 \times 20 \times 26,253^2) \\
 &= 279688,003 \text{ cm}^4 \\
 - \quad I_{X \text{ baja}} &= I_{X \text{ profil}} + (A_{\text{baja}} \times Y_1^2) \\
 &= 830932 + (372,34 \times 36,253^2) \\
 &= 1320291,019 \text{ cm}^4 \\
 - \quad I_{X \text{ gab}} &= I_{X \text{ beton}} + I_{X \text{ baja}} \\
 &= 279688,003 + 1320291,019 \\
 &= 1599979,022 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$



Gambar 4.17 Gambar Profil Baja

Sumber : Data Olahan (2021)

4.5 Analisa Kekuatan Balok

Diketahui:

$$M_u = 431,672 \text{ ton.m}$$

$$M_{Ud} = (1,2 \times 109,843) = 131,811 \text{ ton.m}$$

$$M_{UL} = (1,6 \times 187,413) = 299,860 \text{ ton.m}$$

$$I_{X \text{ gab}} = 1599979,022 \text{ cm}^4$$

$$n = 8 \quad \phi = 0,9$$

$$Y_a = 43,747 \text{ cm} \quad Y_b = 96,253 \text{ cm}$$

$$Y_1 = 36,253 \text{ cm} \quad Y_2 = 26,253 \text{ cm}$$

$$Y_3 = 16,253 \text{ cm} \quad W_x = 13848 \text{ cm}^3$$

4.5.1 Analisa Kekuatan Balok Untuk Sistem Tertunjang dan Sistem Terlayang

- Sistem Tertunjang

Tegangan lentur pada serat terbawah baja

$$F_{sb} = \frac{M_u \times Y_b}{\phi \times I_{X \text{ gab}}} \leq F_y = 2900 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$= \frac{(431,672 \times 10^5) \times (96,253)}{0,9 \times 1599979,022}$$

$$= 2885,435 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \leq F_y = 2900 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{OK}$$

Tegangan lentur pada serat atas baja

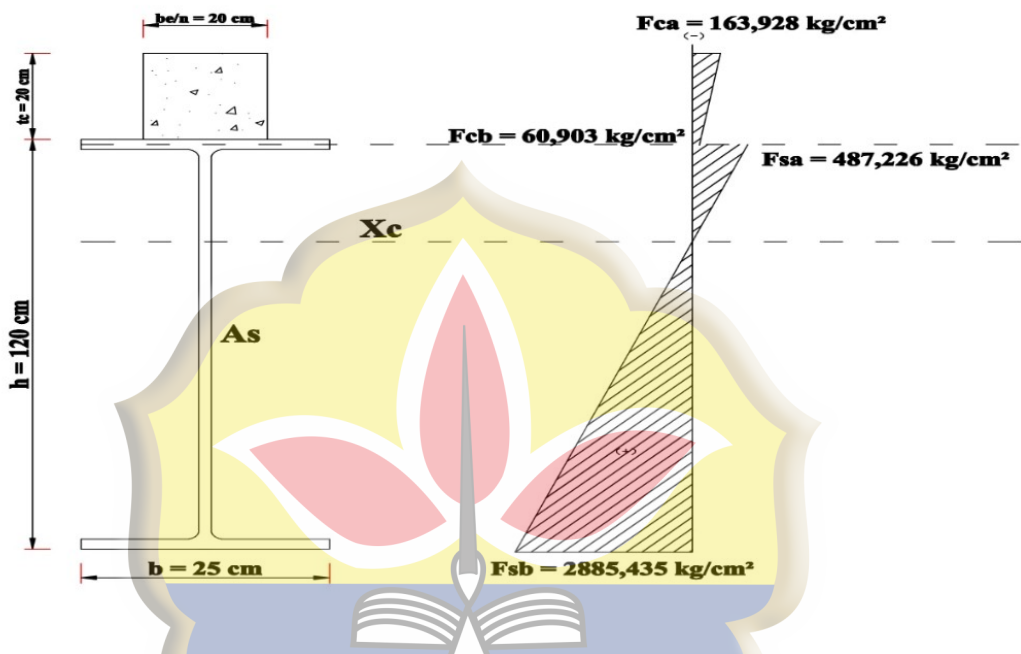
$$F_{sa} = \frac{M_u \times Y_3}{\phi \times I_{X \text{ gab}}} = \frac{(431,672 \times 10^5) \times (16,253)}{0,9 \times 1599979,022} = 487,226 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Tegangan lentur pada serat terbawah beton

$$F_{cb} = \frac{M_u \times Y_3}{\phi \times I_{X \text{ gab} \times n}} = \frac{(431,672 \times 10^5) \times (16,253)}{0,9 \times 1599979,022 \times 8} = 60,903 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Tegangan lentur pada serat atas beton

$$F_{ca} = \frac{M_u \times Y_a}{\phi \times IX_{gab \times n}} = \frac{(431,672 \times 10^5) \times (43,747)}{0,9 \times 1599979,022 \times 8} = 163,928 \frac{kg}{cm^2}$$



Gambar 4.18 Diagram kekuatan balok sistem tertunjang

Sumber : Data Olahan (2021)

- Sistem Terlayang

$$F_{sa} - F_{sb} = \frac{M_{uD}}{\phi \times W_x} = \frac{131,811 \times 10^5}{0,9 \times 13848} = 1057,601 \frac{kg}{cm^2}$$

Tegangan lentur pada serat terbawah baja

$$F_{sb} = \frac{M_{ul} \times Y_b}{\phi \times IX_{gab}} = \frac{(299,860 \times 10^5) \times (96,253)}{0,9 \times 1599979,022} = 2004,361 \frac{kg}{cm^2}$$

Tegangan lentur pada serat atas baja

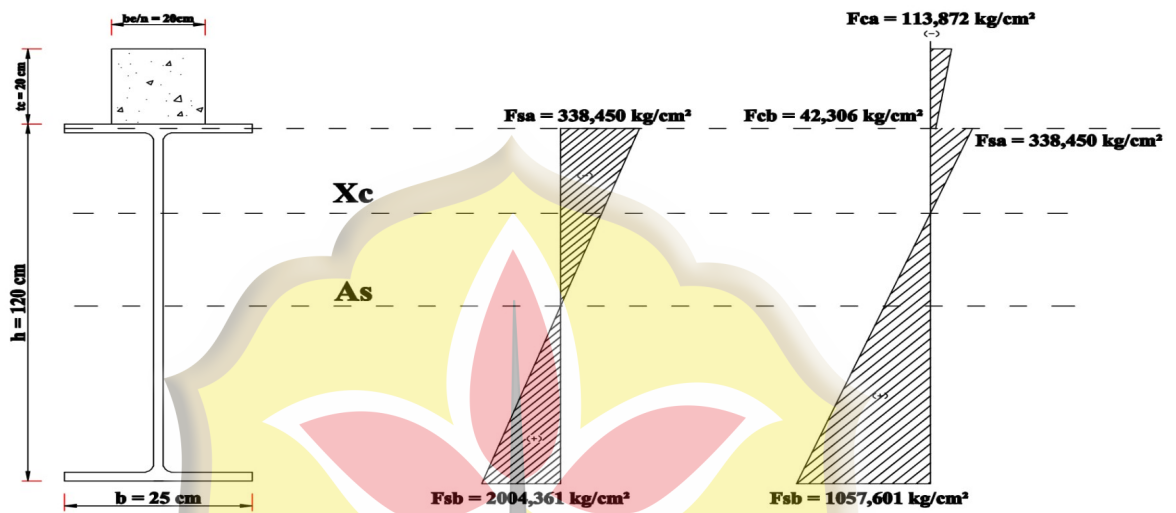
$$F_{sa} = \frac{M_{ul} \times Y_3}{\phi \times IX_{gab}} = \frac{(299,860 \times 10^5) \times (16,253)}{0,9 \times 1599979,022} = 338,450 \frac{kg}{cm^2}$$

Tegangan lentur pada serat terbawah beton

$$F_{cb} = \frac{M_{ul} \times Y_3}{\phi \times IX_{gab \times n}} = \frac{(299,860 \times 10^5) \times (16,253)}{0,9 \times 1599979,022 \times 8} = 42,306 \frac{kg}{cm^2}$$

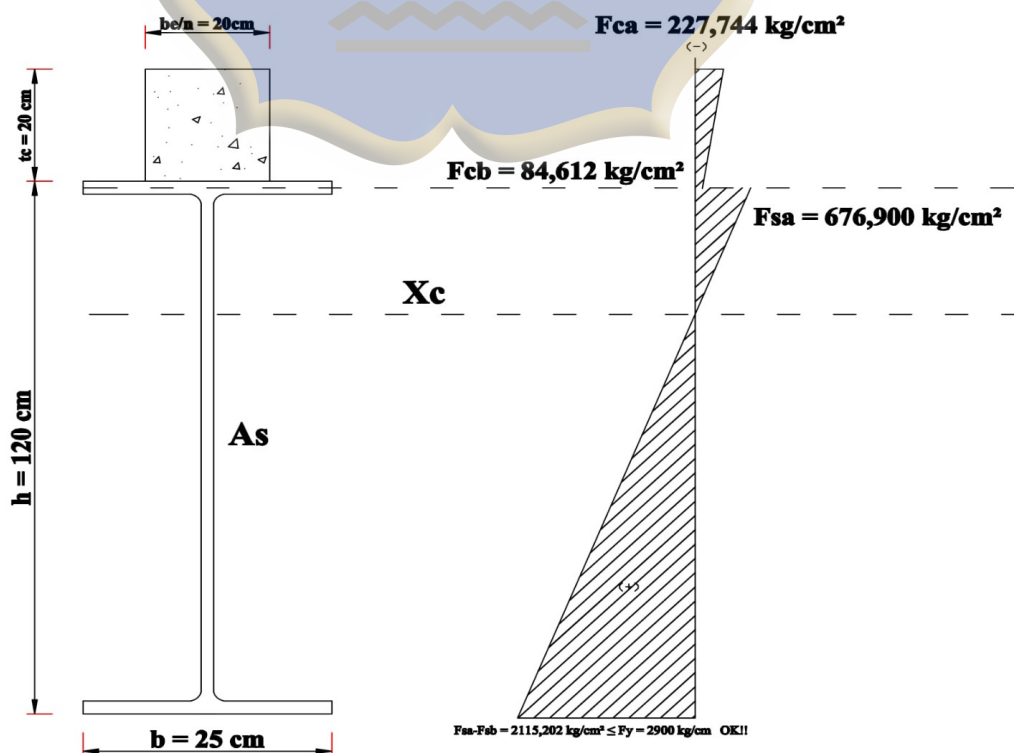
Tegangan lentur pada serat atas beton

$$F_{ca} = \frac{M_{ul} \times Y_a}{\phi \times IX_{gab \times n}} = \frac{(299,860 \times 10^5) \times (43,747)}{0,9 \times 1599979,022 \times 8} = 113,872 \frac{kg}{cm^2}$$



Gambar 4.19 Diagram kekuatan balok sistem terlayang

Sumber : Data Olahan (2021)



Gambar 4.20 Diagram total kekuatan balok sistem terlayang

Sumber : Data Olahan (2021)

4.5.2 Perhitungan Lendutan

Diketahui:

$$\text{Beban Hidup (P}_{LL}\text{)} = 15,680 = 15680 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Mati (q}_{LL}\text{)} = 0,029 \text{ kg/cm}$$

$$\text{Beban Mati (q}_{DL}\text{)} = 1406 \text{ kg/m} = 14,06 \text{ kg/cm}$$

$$\text{Beban Mati (q}_{DL} + q_{LL}\text{)} = 14,089 \text{ kg/cm}$$

$$E_s = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Syarat: } \delta = \frac{5 \times q_{total} \times L^4}{384 \times E \times I_{X \text{ comp}}} + \frac{P_{LL} \times L^3}{48 \times E \times I_{X \text{ comp}}} \leq \frac{1}{360} L$$

$$\frac{1}{360} L = \frac{1}{360} \times 2500 \text{ cm} = 6,944 \text{ cm}$$

$$\delta = \frac{5 \times q_{total} \times L^4}{384 \times E \times I_{X \text{ comp}}} + \frac{P_{LL} \times L^3}{48 \times E \times I_{X \text{ comp}}}$$

$$\delta = \frac{5 \times 14,06 \times 2500^4}{384 \times (2,1 \times 10^6) \times 1599979,022} + \frac{15680 \times 2500^3}{48 \times (2,1 \times 10^6) \times 1599979,022}$$

$$\delta = 2,128 + 1,519$$

$$\delta = 3,647$$

$$\delta \leq \frac{1}{360} L \rightarrow 3,647 \text{ cm} \leq 6,944 \text{ cm} \quad \dots \text{ OK !}$$

4.6 Perhitungan *Shear Connector*

4.6.1 Analisa Garis Pengaruh

Dik : $q_{DL} = 1,406 \text{ ton/m}$

$R_c = 17,333 \text{ ton}$

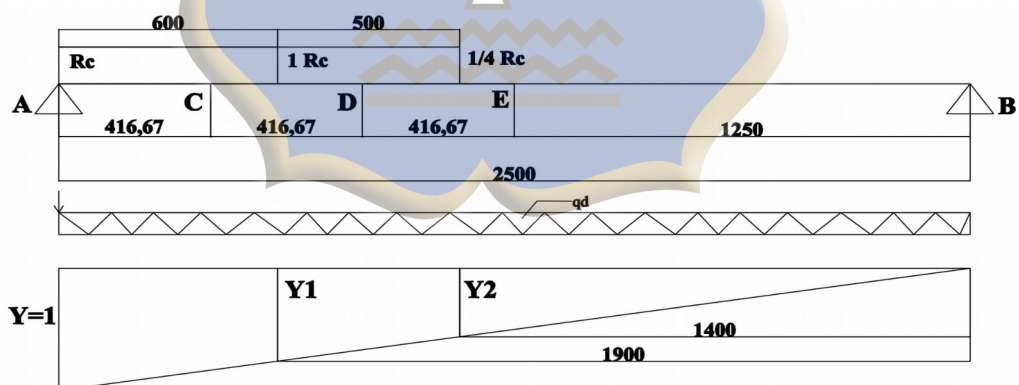
$1/4 R_c = 4,333 \text{ ton}$

$P_L = 15,680 \text{ ton}$

$q_L = 0,029 \text{ ton/m}$

Garis pengaruh di A (GP_{DA})

$DA = 1/2 \cdot q_{DL} \cdot L = 1/2 \times 1,406 \times 25$
 $= 17,575 \text{ ton}$



$Y = 1$

$l\Delta = 1/2 \times 25 \times 1 = 12,5$

$Y_1 = \frac{19}{25} \times 1 = 0,760$

$Y_2 = \frac{14}{25} \times 1 = 0,560$

$DA_{LL} (T) = (R_c \times Y) + (R_c \times Y_1) + (1/4 R_c \times Y_2)$

$$= (17,333 \times 1) + (17,333 \times 0,760) + (17,333 \times 0,560)$$

$$= 40,212 \text{ Ton}$$

$$D_{ALL} (D) = (P_L \times Y) + ({}_L\Delta \times q_L)$$

$$= (15,680 \times 1) + (12,5 \times 0,029)$$

$$= 16,042 \text{ Ton}$$

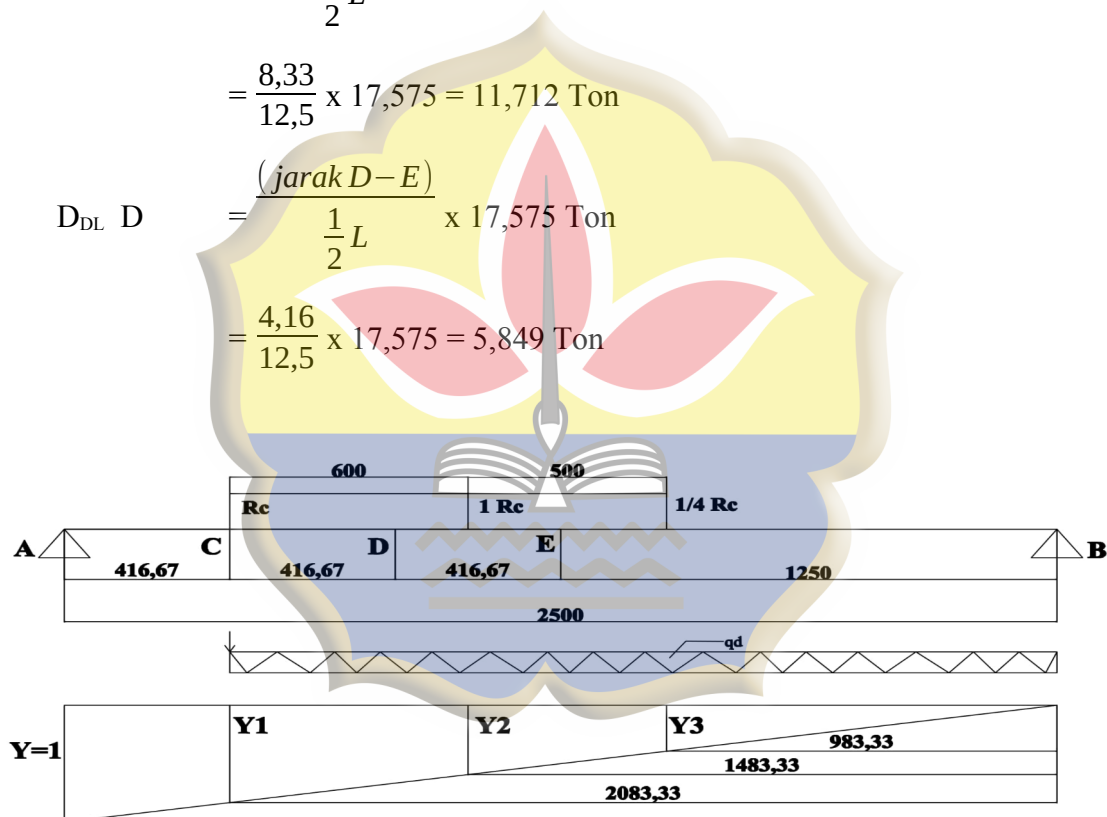
$$D_{DL} A = 17,575 \text{ Ton}$$

$$D_{DL} C = \frac{(\text{jarak } C-E)}{\frac{1}{2}L} \times 17,575 \text{ Ton}$$

$$= \frac{8,33}{12,5} \times 17,575 = 11,712 \text{ Ton}$$

$$D_{DL} D = \frac{(\text{jarak } D-E)}{\frac{1}{2}L} \times 17,575 \text{ Ton}$$

$$= \frac{4,16}{12,5} \times 17,575 = 5,849 \text{ Ton}$$



$$Y=1$$

$${}_L\Delta = 1/2 \times 20,83 \times 0,833 = 8,675$$

$$Y_1 = \frac{20,83}{25} \times 1 = 0,833$$

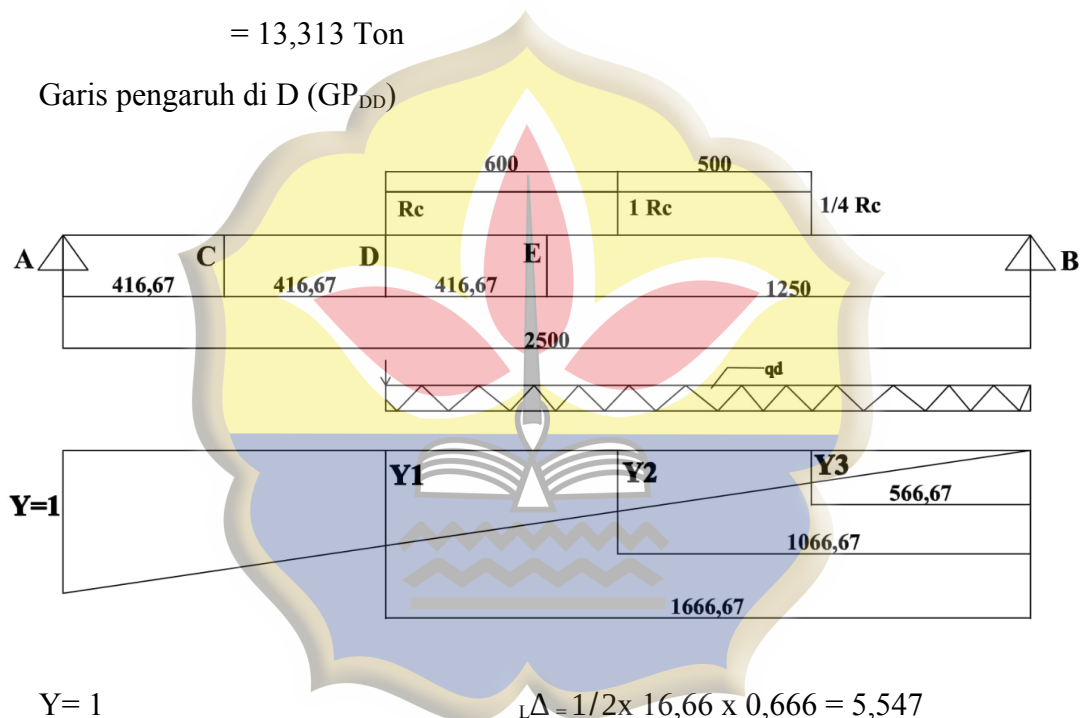
$$Y_2 = \frac{14,83}{20,83} \times 0,833 = 0,593$$

$$Y_3 = \frac{9,83}{20,83} \times 0,833 = 0,393$$

$$\begin{aligned} DC_{LL}(T) &= (R_c \times Y_1) + (R_c \times Y_2) + (1/4 R_c \times Y_3) \\ &= (17,333 \times 0,833) + (17,333 \times 0,593) + (17,333 \times 0,393) \\ &= 31,528 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DC_{LL}(D) &= (P_L \times Y_1) + (L\Delta \times q_L) \\ &= (15,680 \times 0,833) + (8,675 \times 0,029) \\ &= 13,313 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Garis pengaruh di D (GP_{DD})



$$Y=1 \quad L\Delta = 1/2 \times 16,66 \times 0,666 = 5,547$$

$$Y_1 = \frac{16,66}{25} \times 1 = 0,666$$

$$Y_2 = \frac{10,66}{16,66} \times 0,666 = 0,426$$

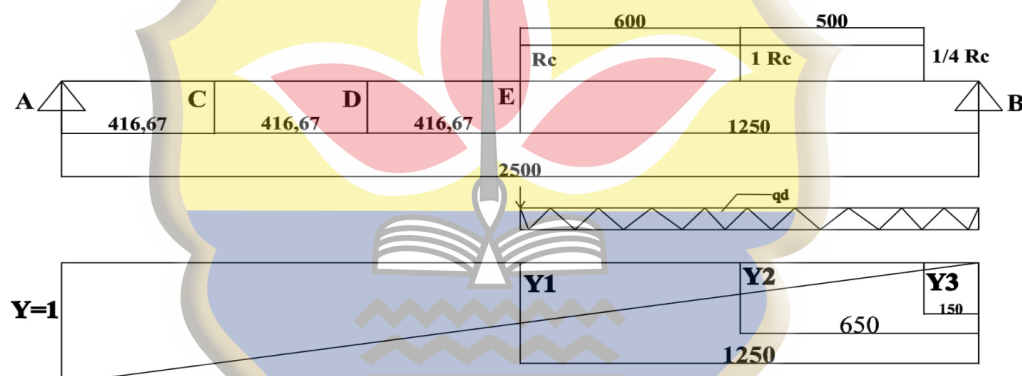
$$Y_3 = \frac{5,66}{16,66} \times 0,666 = 0,226$$

$$\begin{aligned} DD_{LL}(T) &= (R_c \times Y_1) + (R_c \times Y_2) + (1/4 R_c \times Y_3) \\ &= (17,333 \times 0,666) + (17,333 \times 0,426) + (17,333 \times 0,226) \end{aligned}$$

$$= 22,844 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} DD_{LL} (D) &= (P_L \times Y1) + (L\Delta \times q_L) \\ &= (15,680 \times 0,666) + (5,547 \times 0,029) \\ &= 10,603 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Garis pengaruh di E (GP_{DE})



$$Y = 1$$

$$L\Delta = 1/2 \times 12,5 \times 0,5 = 3,12$$

$$Y_1 = \frac{12,5}{25} \times 1 = 0,5$$

$$Y_2 = \frac{6,5}{12,5} \times 0,5 = 0,260$$

$$Y_3 = \frac{1,5}{12,5} \times 0,5 = 0,060$$

$$\begin{aligned} DC_{LL} (T) &= (R_c \times Y1) + (R_c \times Y_2) + (1/4 R_c \times Y_3) \\ &= (17,333 \times 0,5) + (17,333 \times 0,260) + (17,333 \times 0,060) \\ &= 14,213 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$DC_{LL} (D) = (P_L \times Y1) + (L\Delta \times q_L)$$

$$= (15,680 \times 0,5) + (3,12 \times 0,029)$$

$$= 7,930 \text{ Ton}$$

Tabel 4.2 Gaya geser

Sumber : Data Olahan (2021)

Titik	DL (ton)	LL		K1	K2
		T (ton)	D (ton)		
A	17,575	40,212	16,042	85,429	46,757
C	11,712	31,528	13,313	64,499	35,355
D	5,849	22,844	10,603	43,569	23,983
E	0,000	14,213	7,930	22,740	12,688

$$K1 = 1,2 D_L + 1,6 LL (T)$$

$$K2 = 1,2 D_L + 1,6 LL (D)$$

Dipakai yang terbesar

$$A_C = B_E \times L_C$$

$$= 160 \times 25$$

$$= 4000 \text{ cm}^2$$

$$Q1 = 0,85 \times f_c' \times A_C$$

$$= 0,85 \times 350 \text{ kg/cm}^2 \times 4000$$

$$= 1190000 \text{ kg}$$

$$Q2 = A_s \times f_y$$

$$= 372,34 \times 2900 \text{ kg/cm}^2 = 1079786 \text{ kg}$$

Data : $t_c = 20 \text{ cm}$

$$t_{f1} = 1,6 \text{ cm}$$

$$t_{f2} = 3,8 \text{ cm}$$

$$Y_a = 43,747 \text{ cm}$$

$$I_{xgab} = 1599979,022 \text{ cm}^4$$

$$b_f = 25 \text{ cm}$$

$$\frac{b_e}{n} = 20 \text{ cm}$$

$$h_s = Y_a - t_c - t_{f2}$$

$$= 43,747 - 20 - 3,8$$

$$= 14,947 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= Y_a - \left(\frac{1}{2}tc\right) \\
 &= 43,747 - \left(\frac{1}{2} \times 20\right) \\
 &= 33,747 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_2 &= Y_a - tc - \left(\frac{1}{2}tf_2\right) \\
 &= 43,747 - 20 - \left(\frac{1}{2} \times 3,8\right) \\
 &= 21,847 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_3 &= Y_a - tc - tf_2 - \left(\frac{1}{2}hs\right) \\
 &= 43,747 - 20 - 3,8 - \left(\frac{1}{2} \times 14,947\right) \\
 &= 12,473 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tegangan geser

$$V = \frac{D \times S_x}{\phi b \times IX_{gab}} = \dots \leq \tilde{V} = 0,6 f_y$$

Dimana : D = gaya lintang (kg)

S = statis momen (cm³)

B = lebar baja geser yang ditinjau (cm)

I = momen inersia penampang (cm⁴)

$$\begin{aligned}
 S_x &= \left(\frac{be}{n} \times tc \times Y_1\right) + (bf \times tf_2 \times Y_2) + (hs \times tf_1 \times Y_3) \\
 &= (20 \times 20 \times 33,747) + (25 \times 3,8 \times 21,847) + (13,910 \times 1,6 \times 12,473) \\
 &= 17097,143 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_a &= \frac{D_a \times S_x}{bf \times IX_{gab}} = \frac{85429 \times 17097,143}{25 \times 1599979,022} \\
 &= 36,515 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \leq \tilde{V} = 0,6 \cdot f_y \\
 &= 36,515 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \leq 1740 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \dots\text{OK}
 \end{aligned}$$

$$V_c = \frac{Dc \times Sx}{bf \times IX \text{ gab}} = \frac{64499 \times 17097,143}{25 \times 1599979,022}$$

$$= 27,569 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$V_D = \frac{Dd \times Sx}{bf \times IX \text{ gab}} = \frac{43569 \times 17097,143}{25 \times 1599979,022}$$

$$= 18,622 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$V_E = \frac{De \times Sx}{bf \times IX \text{ gab}} = \frac{22740 \times 17097,143}{25 \times 1599979,022}$$

$$= 9,719 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

4.6.2 Perhitungan *Shear Connector*

d = diameter *Shear Connector* (cm)

d = 1,27 cm (asumsi)

fc' = 350 kg/cm²

fu = 500 Mpa = 5098,600 kg/cm²

Ec = 25332,1 Mpa = 258316,490 kg/cm²

AS_c = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$

= $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,27^2$

= 1,266 cm²

Q_c = 0,5 x AS_c x $\sqrt{fc' \cdot Ec}$

= 0,5 x 1,266 x $\sqrt{350 \times 258316,490}$

= 6018,853 kg

AS_c · fu = 1,266 x 5098,600

= 6454,827 kg

Syarat : Q_c ≤ AS_c x fu

6018,853 kg ≤ 6454,827 kg

.....OK

Gaya geser A – C

$$V_{rata**} = \frac{Va+Vc}{2} = \frac{36,515+27,569}{2} = 32,042 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\begin{aligned} Q_{3a} &= bf \times V_{rata**} \times Lx \\ &= 25 \times 32,042 \times 416,67 \\ &= 333773,503 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{3b} &= be/n \times V_{rata**} \times Lx \\ &= 20 \times 32,042 \times 416,67 \\ &= 267018,802 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dipakai yang terbesar

$$Q_{3a} \geq Q_{3b} \rightarrow 333773,503 \text{ kg} \geq 267018,802 \text{ kg}$$

$$Q_3 = 333773,503 \text{ kg}$$

- Jumlah *Shear Connector*

$$n = \frac{Q_{max}}{Q_c} = \frac{333773,503}{6018,853} = 55,454 = 56$$

- Jumlah perbaris

$$n_1 = \frac{n}{3} = \frac{56}{3} = 18,666 = 19$$

- Jarak *Shear Connector* $\rightarrow X_A - c = 416,67 \text{ cm}$

$$\frac{x}{n+1} = \frac{416,67}{19-1} = 23,15 \text{ cm}$$

Digunakan jarak antar stud = 20 cm

- Jarak min. Longitudinal = $6 \times D = 6 \times 1,27 \text{ cm} = 8 \text{ cm}$

Gaya Geser C- D

$$V_{rata**} = \frac{Vc+VD}{2} = \frac{27,569+18,622}{2} = 23,095 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\begin{aligned} Q_3 &= bf \times V_{rata**} \times Lx \\ &= 25 \times 23,095 \times 416,67 \end{aligned}$$

$$= 266556,716 \text{ kg}$$

$$Q_3 = 266556,716 \text{ kg}$$

- Jumlah *Shear Connector*

$$n = \frac{Q_{\max C-D}}{Q_c} = \frac{266556,716}{6018,853} = 44,287 = 45$$

- Jumlah perbaris

$$n_1 = \frac{n}{3} = \frac{45}{3} = 15$$

- Jarak *Shear Connector* C - D $\rightarrow X_{C-D} = 416,67 \text{ cm}$

$$\frac{x}{n+1} = \frac{416,67}{15-1} = 29,76 \text{ cm}$$

Digunakan jarak antar stud = 27,5 cm

- Jarak min. Longitudinal = $6 \times D = 6 \times 1,27 \text{ cm} = 8 \text{ cm}$

Gaya Geser D - E

$$V_{\text{rata}^{**}} = \frac{VD+VE}{2} = \frac{18,622+9,719}{2} = 14,170 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\begin{aligned} Q_3 &= bf \times V_{\text{rata}^{**}} \times Lx \\ &= 25 \times 14,170 \times 416,67 \\ &= 147605,347 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Q_3 = 147605,347 \text{ kg}$$

- Jumlah *Shear Connector*

$$n = \frac{Q_{\max D-E}}{Q_c} = \frac{147605,347}{6018,853} = 24,5 = 25$$

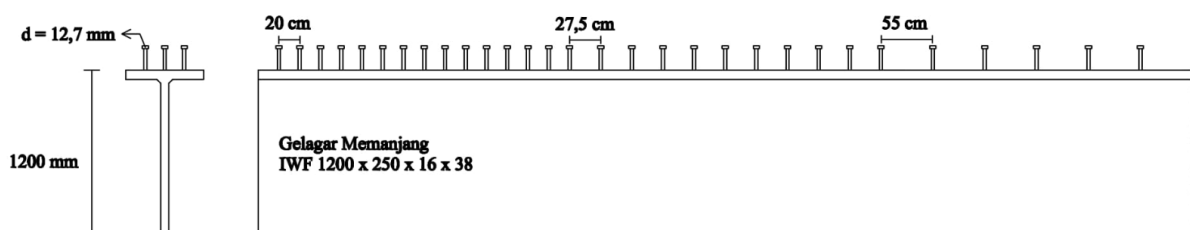
- Jumlah perbaris

$$n_1 = \frac{n}{3} = \frac{25}{3} = 8,33 = 8$$

- Jarak *Shear Connector* D - E $\rightarrow X_{C-D} = 416,67 \text{ cm}$

$$\frac{x}{n+1} = \frac{416,67}{8-1} = 59,52 \text{ cm}$$

Digunakan jarak antar stud = 55 cm

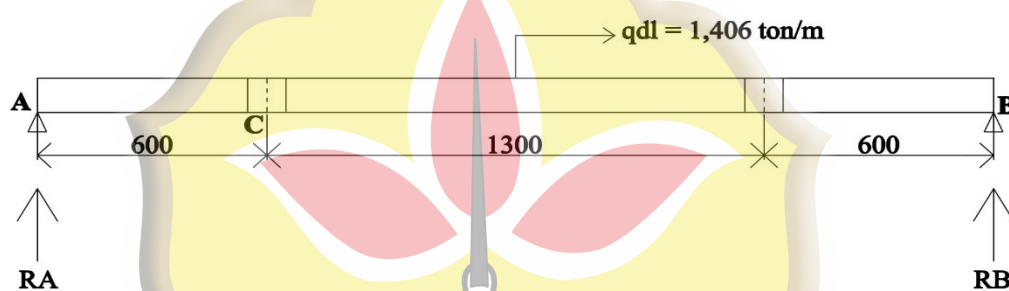


- Jarak min. Longitudinal = $6 \times D = 6 \times 1,27 \text{ cm} = 8 \text{ cm}$

Gambar 4.21 Penampang *Shear Connector*

Sumber : Data Olahan (2021)

4.7 Perhitungan Sambungan Balok



(a) Akibat Beban Mati

$$\sum M^B = 0$$

$$RA \times 25 - q \times L \times \frac{1}{2}L = 0$$

$$RA \times 25 - 1,406 \times 25 \times 12,5 = 0$$

$$RA = \frac{439,375}{25}$$

$$RA = 17,575 \text{ ton } (\uparrow) = RB$$

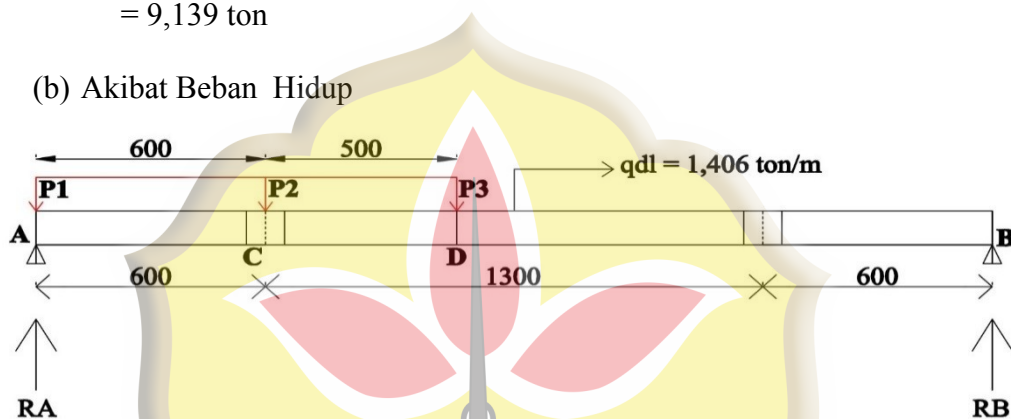
$$M_X = RA \times X - q_{DL} \times \frac{1}{2}X$$

$$M_X = RA \times X - \frac{1}{2} q_{DL} \times X^2$$

$$\begin{aligned}
 M_C &= RA \times 6 - \frac{1}{2} q_{DL} \times X^2 \\
 &= 17,575 \times 6 - \frac{1}{2} \times 1,406 \times (6)^2 \\
 &= 80,142 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_C &= RA - q_{DL} \times X \\
 &= 17,575 - 1,406 \times 6 \\
 &= 9,139 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

(b) Akibat Beban Hidup



$$\sum M^B = 0$$

$$RA \times 25 - P1 \times 25 - P2 \times 19 - P3 \times 14 = 0$$

$$RA \times 25 - 12,151 \times 25 - 12,151 \times 19 - 12,151 \times 14 = 0$$

$$RA = \frac{704,758}{25}$$

$$RA = 28,190 \text{ ton } (\uparrow) = RB$$

$$\begin{aligned}
 M_C &= RA \times X - P1 \times X \\
 &= 28,190 \times 6 - 12,151 \times 6 \\
 &= 96,234 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_D &= RA \times (X - 6) - P1 \times (X - 6) - P2 \times X \\
 &= 28,190 \times (11 - 6) - 12,151 \times (11 - 6) - 12,151 \times 11 \\
 &= 53,466 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_C &= RA - P_1 \\
 &= 28,190 - 12,151 \\
 &= 16,039 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_D &= RA - P_1 - P_2 \\
 &= 28,190 - 12,151 - 12,151 \\
 &= 3,888 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

4.7.1 Perhitungan Sambungan sayap dan badan

Kombinasi momen :

$$\begin{aligned}
 M_C &= 1,2 M_C^D + 1,6 M_C^L \\
 &= 1,2 (80,142) + 1,6 (96,234) \\
 &= 250,144 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_C &= 1,2 D_C^D + 1,6 D_C^L \\
 &= 1,2 (9,139) + 1,6 (16,039) \\
 &= 36,629 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Diketahui: $H = 1200 \text{ mm} \rightarrow H_{ppb} = 1000 \text{ mm}$

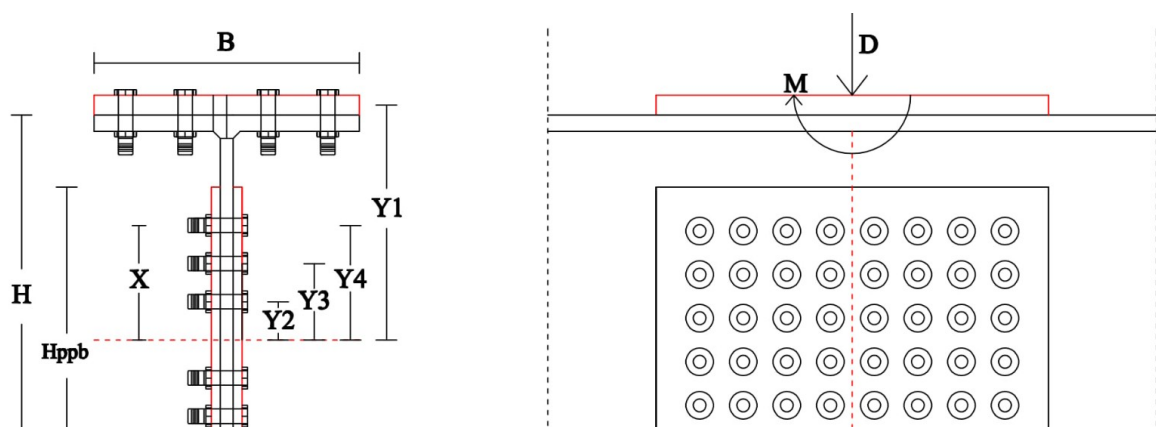
$$B = 250 \text{ mm} \rightarrow b_{ppf} = 250 \text{ mm}$$

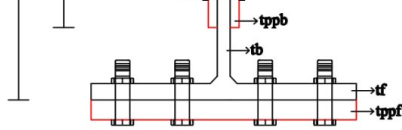
$$t_f = 38 \text{ mm} \rightarrow t_{ppf} = 40 \text{ mm}$$

$$t_b = 16 \text{ mm} \rightarrow t_{ppb} = 14 \text{ mm}$$

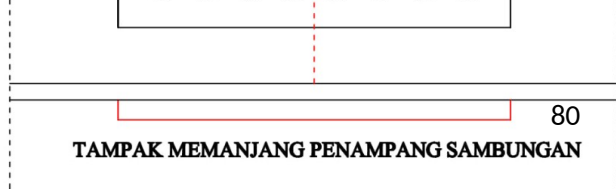
$$D \text{ lubang} = 22 \text{ mm}$$

Penampang Sambungan tampak melintang dan tampak memanjang :





TAMPAK MELINTANG PENAMPANG SAMBUNGAN



TAMPAK MEMANJANG PENAMPANG SAMBUNGAN

Jarak baut :

Jarak penyambung flange, syarat : $3d < S_1 < 15 t_p$

$$1,5 < S < (4 t_p + 10 \text{ cm})$$

1. $3 (2,2) < S_1 < 15 (4)$

$$6,6 \text{ cm} < S_1 < 60 \text{ cm} \quad S_1 = 26 \text{ cm} = 260 \text{ mm}$$

2. $1,5 (2,2) < S < 4 (4) + 10 \text{ cm}$

$$3,3 \text{ cm} < S < 26 \text{ cm} \quad S = 13 \text{ cm} = 130 \text{ mm}$$

Jarak penyambung badan, syarat : $3d < S < 15 t_p$

$$1,5 < S < (4 t_p + 10 \text{ cm})$$

1. $3 (2,2) < S < 15 (1,4)$

$$6,6 \text{ cm} < S < 21 \text{ cm} \quad S = 12,5 \text{ cm} = 125 \text{ mm}$$

2. $1,5 (2,2) < S < 4 (1,4) + 10 \text{ cm}$

$$3,3 \text{ cm} < S < 15,6 \text{ cm} \quad S = 12,5 \text{ cm} = 125 \text{ mm}$$

Maka :

$$Y_1 = (\frac{1}{2} H) + (\frac{1}{2} t_{ppf}) = 600 + 20 = 620 \text{ mm}$$

$$Y_2 = 125 \text{ mm}$$

$$Y_3 = 250 \text{ mm}$$

$$Y_4 = 375 \text{ mm}$$

- ϕR_n . Baut

$$\phi R_n \text{ Geser} = \phi \times m \times r \times A_b \times F_u^b$$

Dimana m = jumlah bidang geser { 1 = irisan tunggal }

r_1 = 0,50 { baut tanpa ulir pada bidang geser }

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{3,14}{4} \times 2,2^2$$

$$= 3,799 \text{ cm}^2$$

F_u^b = kuat tarik baut

$$A_{325} \phi 22 \text{ mm} = F_u^b = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi R_n \text{ Geser} = 0,75 \times 1 \times 0,5 \times 3,799 \times 8250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$= 11753,156 \text{ Kg}$$

$$\phi R_n \text{ tumpu} = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times F_u$$

Dimana : d_b = 22 mm = 2,2 cm

t_p = 2,8 cm (pelat tertipis yang mengiris baut)

$$F_u = F_u^b = 825 \text{ Mpa}$$

$$F_u = \text{profil} = 500 \text{ Mpa}$$

} Dipakai yang terkecil

$$F_u 500 \text{ Mpa}$$

$$\phi R_n \text{ tumpu} = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times F_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 2,8 \times 5000 = 55440 \text{ kg}$$

$$\phi R_n \text{ baut} = \phi R_n \times \text{Geser} = 11753,156 \text{ kg}$$

$$\phi R_n \times \text{Tumpu} = 55440 \text{ kg}$$

} Dipakai yang terkecil

$$\phi R_n \text{ baut} = 11753,156 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 I_X \text{ Plat penyambung} &= \{ (1/12 \times b_{ppf} \times t_{ppf}^3) + (b_{ppf} \times t_{ppf} \times Y_1^2) \} \times 2 + \\
 &\quad (1/12 \times t_{ppb} \times h_{ppb}^3) \times 2 \\
 &= \{ (1/12 \times 25 \times 4^3) + (25 \times 4 \times 62^2) \} \times 2 + (1/12 \times 1,4 \times \\
 &\quad 100^3) \times 2 \\
 &= 1002400 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

ΔI_X = inersia lubang

$$\begin{aligned}
 &= \{ [(1/12 \times d \times t_{ppf}^3) + (d \times t_{ppf} \times Y_1^2)] \times 8 \} + (1/12 \times t_{ppb} \times d^3 \times 12) + \\
 &\quad (t_{ppb} \times d \times Y_2^2 \times 4) + (t_{ppb} \times d \times Y_3^2 \times 4) + (t_{ppb} \times d \times Y_4^2 \times 4) \\
 &= \{ [(1/12 \times 2,2 \times 4^3) + (2,2 \times 4 \times 62^2)] \times 8 \} + (1/12 \times 1,4 \times 2,2^3 \times 12) + \\
 &\quad (1,4 \times 2,2 \times 12,5^2 \times 4) + (1,4 \times 2,2 \times 25^2 \times 4) + (1,4 \times 2,2 \times 37,5^2 \times 4) \\
 &= 270711,466 + 14,907 + 1925 + 7700 + 17325 \\
 &= 297676,373 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

I_{net} = I_X Plat penyambung - ΔI_X

$$\begin{aligned}
 &= 1002400 - 297676,373 \\
 &= 704723,627 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$W_{Xnet} = \frac{I_{Xnet}}{Y_{Xmax}} = \frac{704723,627 \text{ cm}^4}{62 \text{ cm}} = 11366,510 \text{ cm}^3$$

$$F = \frac{M_u \times Y_{Xmax}}{\phi \times I_{Xnet}} \leq F_y = 2900 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$= \frac{25014400 \text{ kg} \cdot \text{cm} \times 62 \text{ cm}}{0,9 \times 704723,627 \text{ cm}^4}$$

$$= 2445,234 \text{ kg/cm}^2 \leq 2900 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{.....OK}$$

$$A_{netppb} = (2 \times t_{ppb} \times h_{ppb}) - (t_{ppb} \times d \times 12)$$

$$= (2 \times 1,4 \times 100) - (1,4 \times 2,2 \times 12)$$

$$= 243,040 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{Du}{\phi \times A_{net} \text{ ppb}} \leq 0,6 F_y \\ &= \frac{36629 \text{ kg}}{0,9 \times 243,040 \text{ cm}^2} \leq 0,6 \times 2900 \text{ Kg/cm}^2 \\ &= 167,457 \text{ Kg/cm}^2 \leq 1740 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

.....OK

$$\phi V_n = \phi \times 0,6 \times F_y \times A_{net} \text{ ppb}$$

$$= 0,9 \times 0,6 \times 2900 \times 243,040$$

$$= 380600,640 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \frac{\phi \times F_y \times I_{xnet}}{Y_{max}} = \phi \times F_y \times W_{xnet} \\ &= 0,9 \times 2900 \text{ Kg/cm}^2 \times 11366,510 \text{ cm}^3 = 29666591,10 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{25014400 \text{ kg.cm}}{29666591,10 \text{ kg.cm}} + 0,625 \frac{167,457 \text{ kg}}{380600,640 \text{ kg}} \leq 1,375$$

$$0,843 \leq 1,375$$

..... OK

- Check pelat

$$F = \frac{M_u \times Y_1}{\phi I_{xnet}} = \frac{25014400 \text{ kg.cm} \times 62 \text{ cm}}{0,9 \times 704723,627 \text{ cm}^4} = 2445,234 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_{pnt \text{ nett}} = (b_{ppf} \times t_{ppf}) - [(d \times t_{ppf}) \times 4]$$

$$= (25 \times 4) - [(2,2 \times 4) \times 4]$$

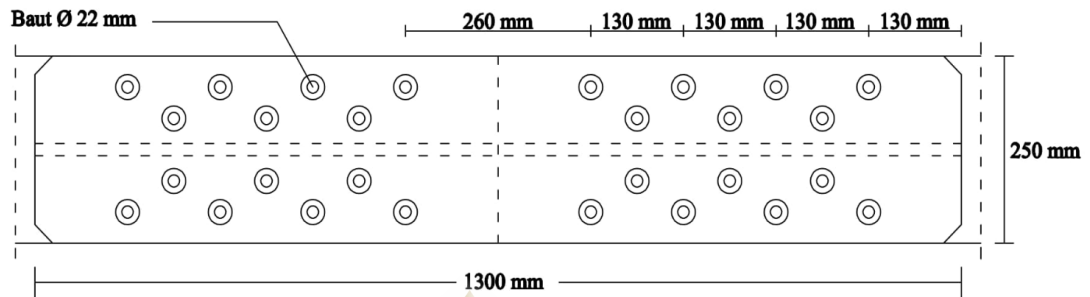
$$= 64,80 \text{ cm}^2$$

$$P_{geser} = A_{pnt \text{ netto}} \times F_1$$

$$= 64,80 \times 2445,234 = 158451,163 \text{ kg}$$

$$n_{\text{baut}} = \frac{P_{\text{geser}}}{\phi R_n \text{ baut}} = \frac{158451,163 \text{ kg}}{11753,156 \text{ kg}}$$

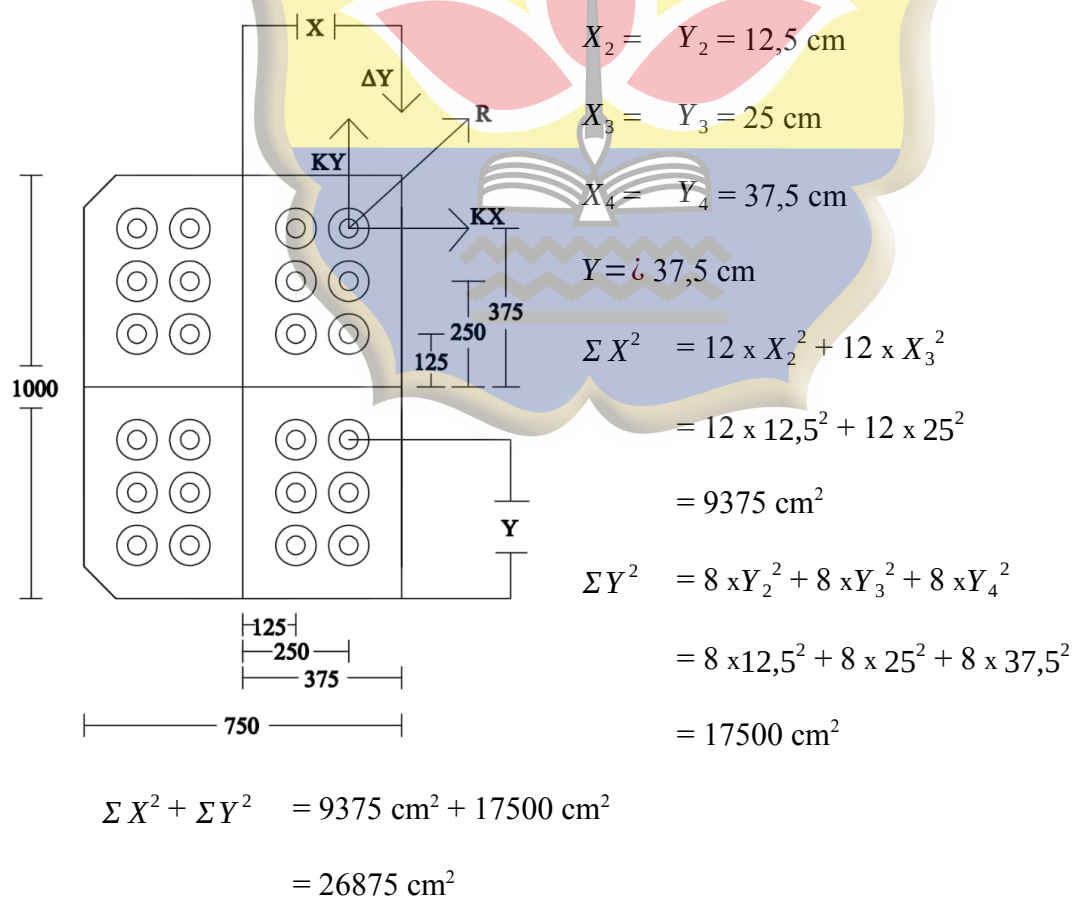
$$= 13,481 \approx 14 \text{ buah}$$



Gambar 4.22 Detail Sambungan Sayap

Sumber : Data Olahan (2021)

2. Sambungan Badan



$$I_{X_{nett\ pp}} = 704723,627 \text{ cm}^4$$

$$I_{X_{nett\ ppb}} = \left\{ \left(\frac{1}{12} \times t_{ppb} \times h_{ppb}^3 \right) \times 2 \right\} - \left\{ \left(\frac{1}{12} \times t_{ppb} \times d^3 \times 12 \right) + \left(t_{ppb} \times d \times Y_1^2 \times 8 \right) + \left(t_{ppb} \times d \times Y_2^2 \times 8 \right) + \left(t_{ppb} \times d \times Y_3^2 \times 8 \right) \right\}$$

$$I_{X_{nett\ ppb}} = \left\{ \left(\frac{1}{12} \times 1,4 \times 100^3 \right) \times 2 \right\} - \left\{ \left(\frac{1}{12} \times 1,4 \times 2,2^3 \times 12 \right) + \left(1,4 \times 2,2 \times 12,5^2 \times 8 \right) + \left(1,4 \times 2,2 \times 25^2 \times 8 \right) + \left(1,4 \times 2,2 \times 37,5^2 \times 8 \right) \right\}$$

$$= 233318,426 + (3850 + 15400 + 34650)$$

$$= 287218,426 \text{ cm}^4$$

$$M_{s1} = \frac{I_{X_{nett\ ppb}}}{I_{X_{nett\ pp}}} \times M_u$$

$$= \frac{287218,426}{704723,627} \times 25014400 \text{ Kg.cm} = 10194913,75 \text{ Kg.cm}$$

$$M_{s2} = D_c \cdot X$$

$$= 36629 \text{ kg} \times 37,5 \text{ cm}$$

$$= 1373587,500 \text{ Kg.cm}$$

$$M_s = M_{s1} + M_{s2}$$

$$= 10194913,75 + 1373587,500$$

$$= 11568501,25 \text{ Kg.cm}$$

$$K_x = \frac{M_s \times Y}{\Sigma X^2 + \Sigma Y^2} = \frac{11568501,25 \text{ kg.cm} \times 37,5 \text{ cm}}{26875 \text{ cm}^2} \quad (\rightarrow)$$

$$= 16142,094 \text{ Kg}$$

$$K_y = \frac{M_s \times X}{\Sigma X^2 + \Sigma Y^2} = \frac{11568501,25 \text{ kg.cm} \times 25 \text{ cm}}{26875 \text{ cm}^2} \quad (\uparrow)$$

$$= 10761,396 \text{ Kg}$$

$$\Delta_Y = \frac{D_c}{n \text{ baut}} \quad (\uparrow)$$

$$= \frac{36629 \text{ kg}}{48}$$

$$= 763,104 \text{ Kg}$$

$$R = \sqrt{(Ky + \Delta_y)^2 + Kx^2} \quad () \quad \nearrow$$

$$= \sqrt{(10761,396 + 763,104)^2 + 16142,094^2}$$

$$= 19833,842 \text{ Kg}$$

ϕR_n buat pelat penyambung badan

$$\phi R_{n \text{ geser}} = \phi \times m \times r \times A_b \times F_u^b$$

Dimana : m = jumlah bidang geser = 2 (irisan ganda)

R = 0,50 (baut tanpa ulir pada bidang geser)

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 2,2^2 = 3,799 \text{ cm}^2$$

$$F_u^b = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \phi R_{n \text{ geser}} &= 0,75 \times 2 \times 0,5 \times 3,799 \times 8250 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 23506,312 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{n \text{ tumpu}} &= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \text{ cm} \times 2,8 \text{ cm} \times 5000 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 55440 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_{n \text{ baut}} = \phi R_{n \text{ geser}} = 23506,312 \text{ kg}$$

$$\phi R_{n \text{ tumpu}} = 55440 \text{ kg}$$

$$\phi R_{n \text{ baut}} = 23506,312 \text{ kg}$$

Syarat : $R \leq \phi R_n$

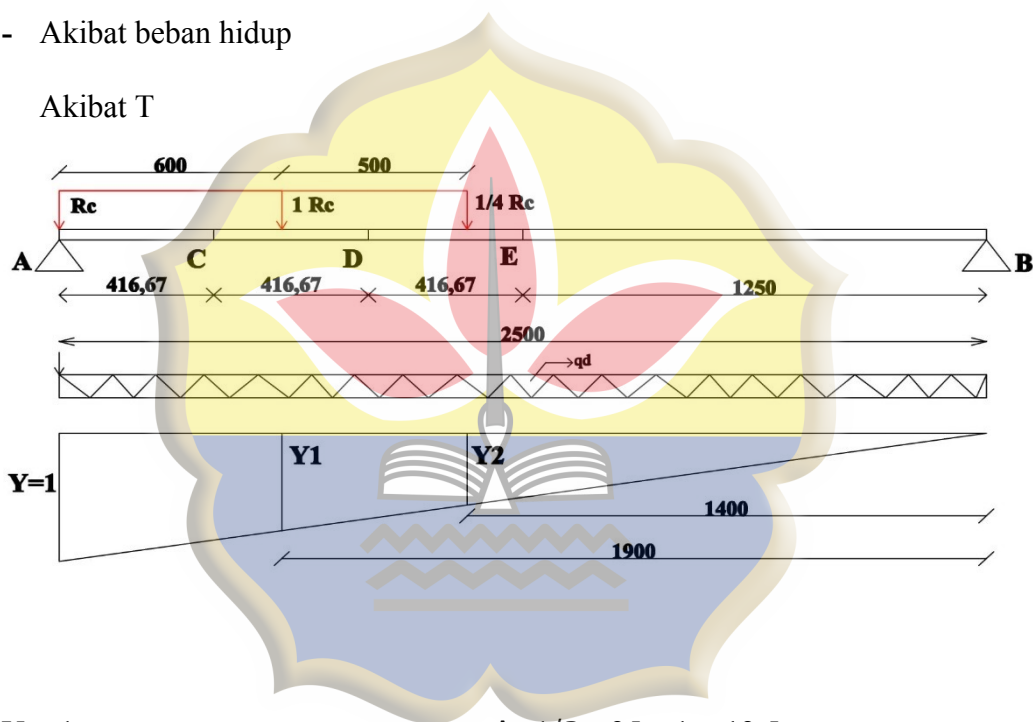
$$19833,842 \text{ kg} \leq 23506,312 \text{ kg} \quad \dots \text{ OK}$$

} Dipakai yang terkecil

$$\begin{aligned}
 R_A &= \frac{1}{2} q_L \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,406 \times 25 \\
 &= 17,575 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Akibat beban hidup

Akibat T



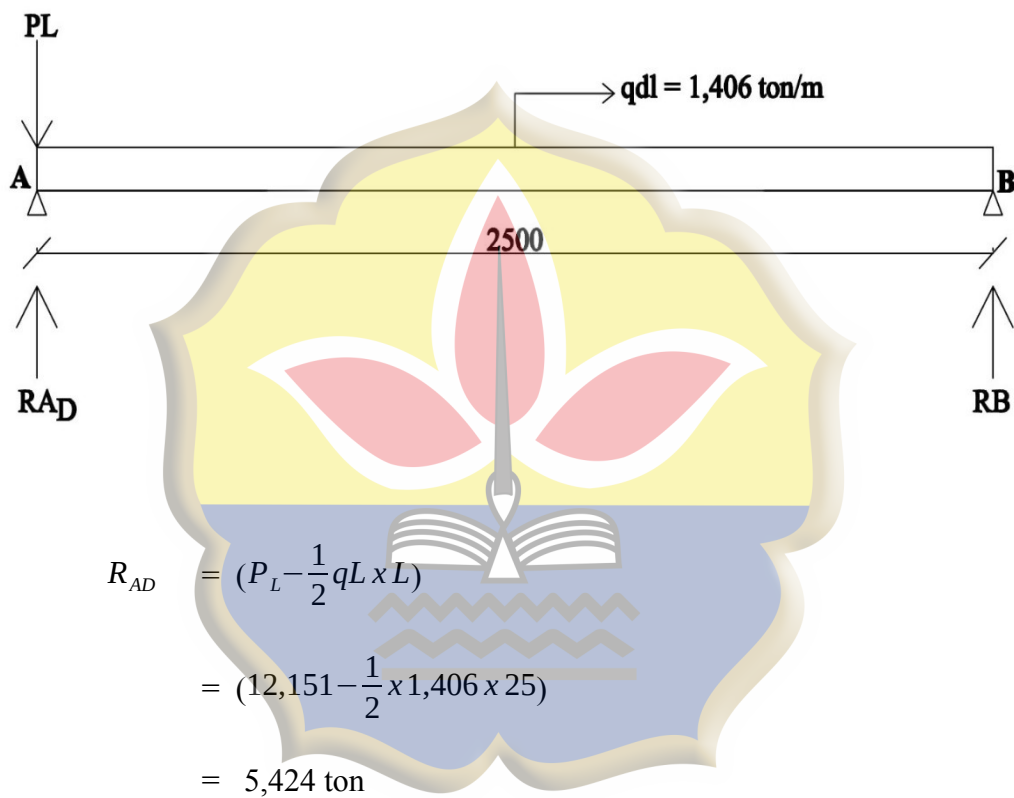
$$Y = 1 \quad \quad \quad \Delta = 1/2 \times 25 \times 1 = 12,5$$

$$Y_1 = \frac{19}{25} \times 1 = 0,760$$

$$Y_2 = \frac{14}{25} \times 1 = 0,560$$

$$\begin{aligned}
 DA_{LL} (T) &= (R_c \times Y) + (R_c \times Y_1) + (1/4 R_c \times Y_2) \\
 &= (17,333 \times 1) + (17,333 \times 0,760) + (17,333 \times 0,560) \\
 &= 40,212 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Akibat D



Perbandingan Momen akibat D dan T :

Akibat T = 40,212 Ton.m

Akibat D = 5,424 Ton.m

Dari dua perbandingan momen diatas, maka dipilih nilai momen terbesar, yaitu momen akibat beban "T" = 40,212 Ton.m

$$R_{ATotal} = (1,2 \times 17,575) + (1,6 \times 40,212) = 85,429 \text{ ton/m}$$

- Asumsikan dimensi-dimensi dalam perletakan elastomer

Lebar (w) = 400 mm

Panjang (L) = 500 mm

Tebal (H) = 58 mm

Tebal Lapisan (h_{ri}) = 16 mm

Tebal lapisan penutup (h_{cover}) = 5 mm

Jumlah lapisan (n) = 3

Fy pelat = 240 Mpa

Modulus geser (G) = 0,7 Mpa

Batas tegangan deliminasi = 7 Mpa

Beban Total (R_{AT}) = 85,429 ton/m = 854,29 KN

- Perhitungan

Las Elastomer yang di perlukan:

$$A_{perlu} > \frac{R_{AT}}{7} = \frac{854,29}{7} = 122,041 \text{ mm}^2$$

- Hitung shape faktor/faktor brntuk:

$$A = L \times W = 500 \times 400 = 200000 \text{ mm}^2$$

$$I_p = 2 (L + W) = 2 (500 + 400) = 1800 \text{ mm}$$

$$S = \frac{A}{I_p \cdot h_{ri}} = \frac{200000}{1800 \times 16} = 6,944$$

- Cek tegangan izin:

$$\sigma_s = \frac{R_{AT}}{A} = \frac{854,29 \times 1000}{200000} = 4,271 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_L = \frac{R_{AH}}{A} = \frac{40,212 \times 1000}{200000} = 0,201 \text{ Mpa}$$

- Bantalan dengan deformasi geser yang tidak dikekang:

$$\sigma_s \leq 7,0 \text{ MPa} \rightarrow 4,271 \text{ MPa} \leq 7,0 \text{ MPa}$$

Memenuhi

$$\sigma_s \leq 1,0 G \times S \rightarrow 4,271 \text{ MPa} \leq 4,861 \text{ MPa}$$

Memenuhi

Bantalan dengan deformasi geser yang dikekang:

$$\sigma_s \leq 7,0 \text{ MPa} \rightarrow 0,201 \text{ MPa} \leq 7,0 \text{ MPa}$$

Memenuhi

$$\sigma_s \leq 1,1 G \times S \rightarrow 0,201 \text{ MPa} \leq 5,347 \text{ MPa}$$

Memenuhi

- Cek rotasi

$$\sigma_s \geq 0,5 \times G \times S \times i \times \frac{\theta_{sx}}{n}$$

$$\sigma_s \geq 0,5 \times 0,7 \times 6,944 \times i \times \frac{0,005+0,005}{6}$$

$$4,271 \geq 3,956$$

Memenuhi

$$\sigma_s \geq 0,5 \times G \times S \times i \times \frac{\theta_{sx}}{n}$$

$$\sigma_s \geq 0,5 \times 0,7 \times 6,944 \times i \times \frac{0,005+0,005}{6}$$

$$4,271 \geq 2,532$$

Memenuhi

- Cek Stabilitas

$$H \leq \frac{L}{3} = \frac{500}{3} = 166,667 \text{ mm}$$

$$H \leq \frac{W}{3} = \frac{400}{3} = 133,333 \text{ mm}$$

Ketebalan total elastomer $H/h_{ri} = (16 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}) + (2 \times 5 \text{ mm}) = 106 \text{ mm}$

$h_{\text{cover}} < 0,7 h_{ri} \rightarrow 5 \text{ mm} < 16 \text{ mm}$

Memenuhi

- Menentukan tebal pelat

Kondisi Layan

$$h_s \geq \frac{3 \times h_{rmax} \times \sigma_s}{f_y}$$

$$h_s \geq \frac{3 \times 16 \times 4,271}{240}$$

$$h_s \geq 0,854 \text{ mm}$$

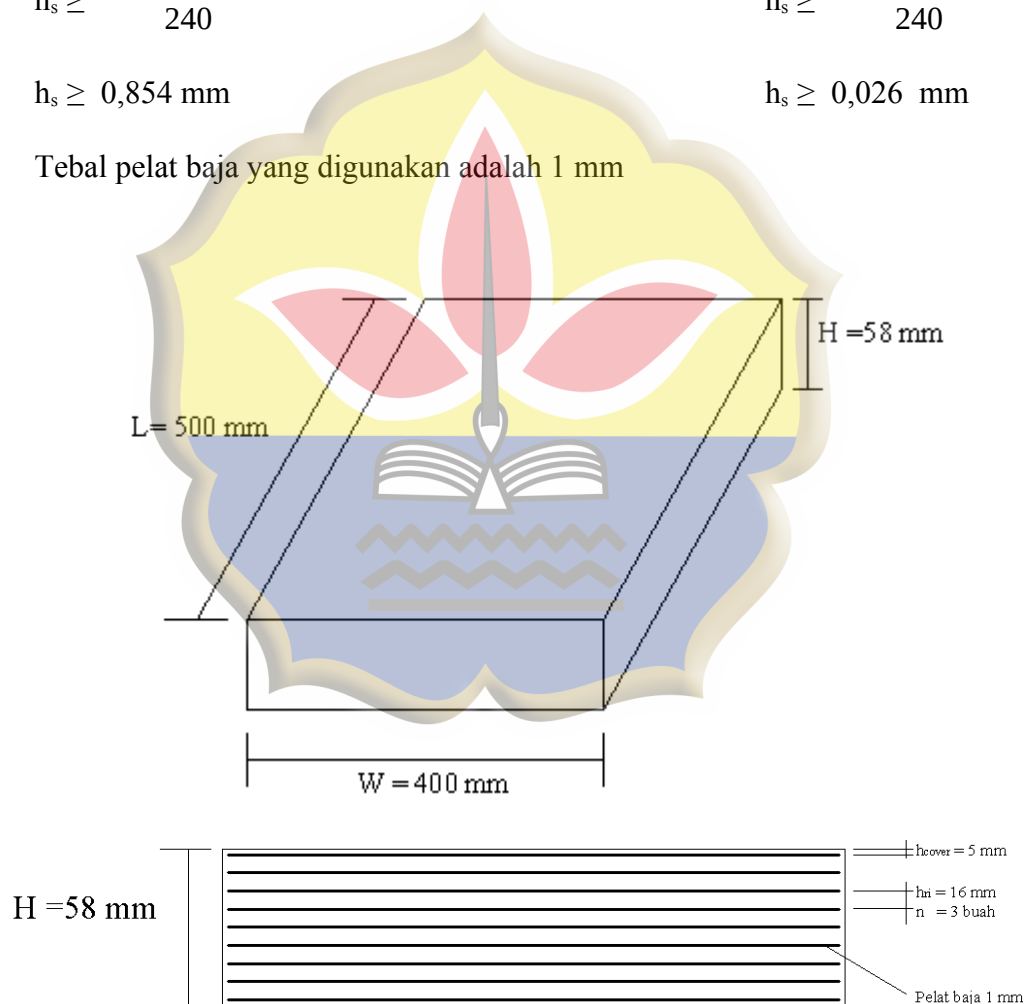
Tebal pelat baja yang digunakan adalah 1 mm

Kondisi Fatik

$$h_s \geq \frac{2 \times h_{rmax} \times \sigma_L}{f_y}$$

$$h_s \geq \frac{2 \times 16 \times 0,201}{240}$$

$$h_s \geq 0,026 \text{ mm}$$



Gambar 4.24 Bantalan Karet Elastomer

Sumber : Data Olahan (2021)



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan dan perhitungan struktur dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pelat lantai trotoar memiliki tebal 20 cm menggunakan beton bertulang K-350 dengan penulangan D14-150 untuk tulangan pokok dan Ø12-150 untuk tulangan bagi.
2. Pelat lantai jembatan memiliki tebal 25 cm menggunakan beton bertulang K-350.
3. Gelagar utama memakai profil IWF 1200 x 250 x 16 x 38
4. Untuk dimensi pelat penyambung sayap/*flange* dengan tebal 40 mm, panjang 1300 mm, dan lebar 250 mm, untuk dimensi pelat penyambung badan/web menggunakan dimensi dengan tebal 14 mm, tinggi 1000 mm, dan lebar 750 mm.
5. Pada penghubung geser (*Shear Connector*) menggunakan 3 baris diameter 12,7 mm dengan jarak *shear connector* A-C = 20 cm, jarak *shear connector* C-D = 27,5 cm, jarak *shear connector* D-E = 55 cm
6. Dari hasil analisis perhitungan struktur seluruh dimensi yang direncanakan memenuhi syarat kekuatan dan keamanan struktur.
7. Dimensi bantalan Elastomer 500 mm x 400 mm x 58 mm, tebal heover atas dan bawah 5 mm, tebal lapisan internal 16, dan jumlah lapisan 3 buah.

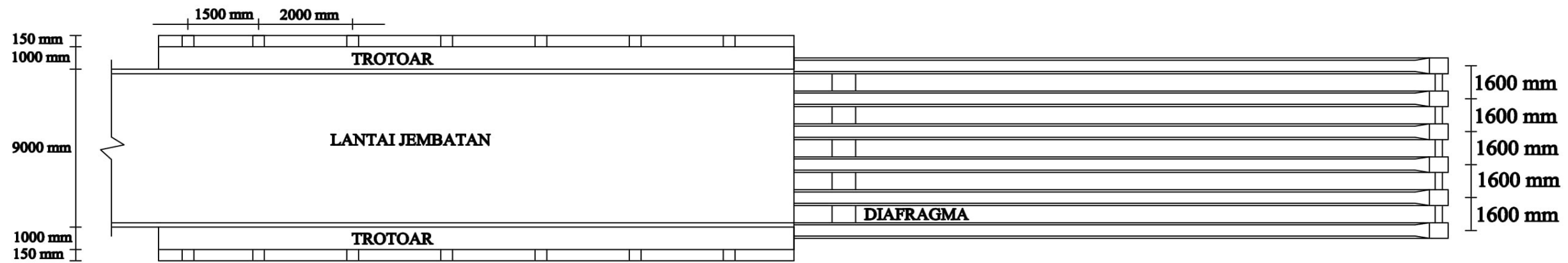
5.2 Saran

1. Pada perencanaan struktur atas jembatan ini masih perlu analisis yang lebih lanjut agar menghasilkan struktur yang dapat dipertanggung jawabkan secara teknis.
2. Untuk mencapai perencanaan yang baik maka diperlukan studi kelayakan yang teliti dan referensi yang lengkap.

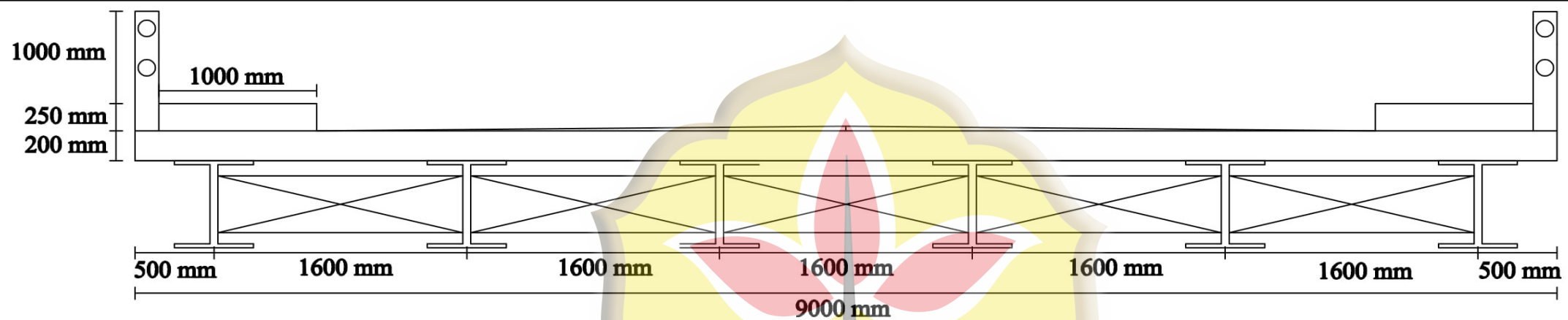


DAFTAR PUSTAKA

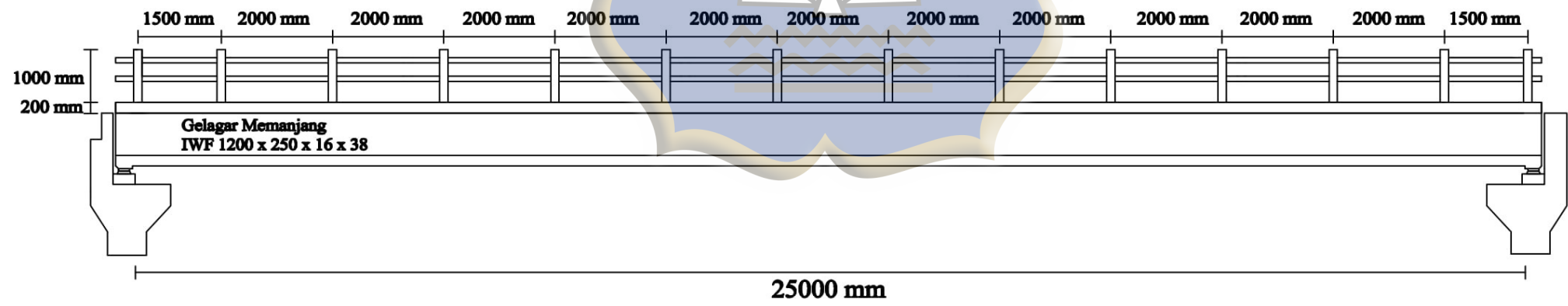
- Lesmana, Yudha. 2019. *Handbook for Beginner Analisa dan Desain Struktur Baja Berdasarkan SNI 1725-2016*. Surabaya : Pendidikan Deeppublish
- Penggantian Jembatan Sei Terjun, 2018, *Pengawasan Teknis I Jembatan Sei Terjun*, PT. Eikelia Mitra Consultant Jo, PT. Seecons, Jambi.
- Ramadan R, 2019, *Perencanaan Duplikasi Jembatan Karang Mendapo Kec, Pauh Kab, Sarolangun Menggunakan Balok Baja*, Tugas Akhir, Teknik Sipil, UNBARI, Jambi
- RSNI T-03-2005, *Perencanaan struktur baja untuk jembatan*, Jakarta, Badan Standarisasi Nasional
- SNI 1725-2016, *Standar pembebanan Jembatan*, Jakarta, Badan Standarisasi Nasional
- Supriyadi, Bambang dan Agus Setyo Muntohar. 2007. *Jembatan*. Yogyakarta : Beta Offset
- Struyk, H.J., K.H.C.W. van der Veen, dan Soemargono, 1990, *Jembatan*, Edisi Ketiga, Jakarta, PRADNYA PARAMITA Pustaka Teknologi dan Informasi
- Wiryanto Dewobroto. 2015. *Struktur Baja*, Edisi Kedua. Tangerang: Universitas Pelita Harapan.



DENAH TAMPAK ATAS JEMBATAN

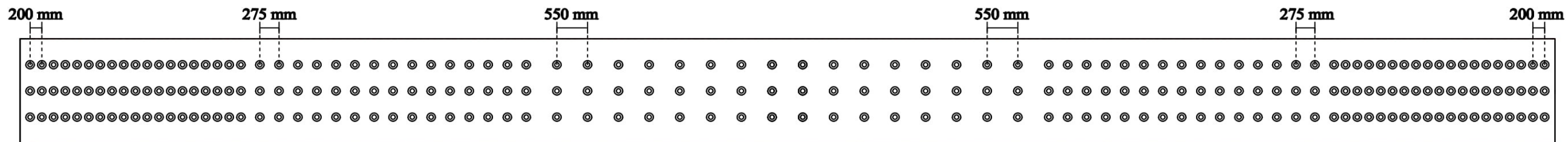


POTONGAN MELINTANG JEMBATAN

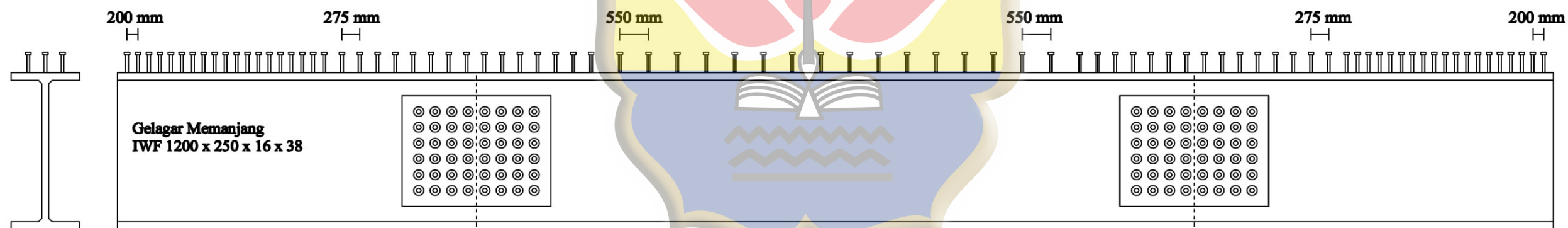


POTONGAN MEMANJANG JEMBATAN

	JUDUL TUGAS AKHIR	DIGAMBAR OLEH	DIPERIKSA OLEH	DIPERIKSA OLEH	JUDUL GAMBAR
PRODI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI	PERENCANAAN PLATE GIRDER BAJA UNTUK STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI TERJUN DESA RANGKILING KECAMATAN MANDIANGIN KABUPATEN SAROLANGUN	VICTOR CAESAR H 1400822201058	DOSEN PEMBIMBING 1 ELVIRA HANDAYANI, ST, MT	DOSEN PEMBIMBING 2 Ir. M. ASMUNI JATOEJ, MT	GAMBAR DETAIL DENAH JEMBATAN, POTONGAN MEMANJANG DAN MELINTANG JEMBATAN

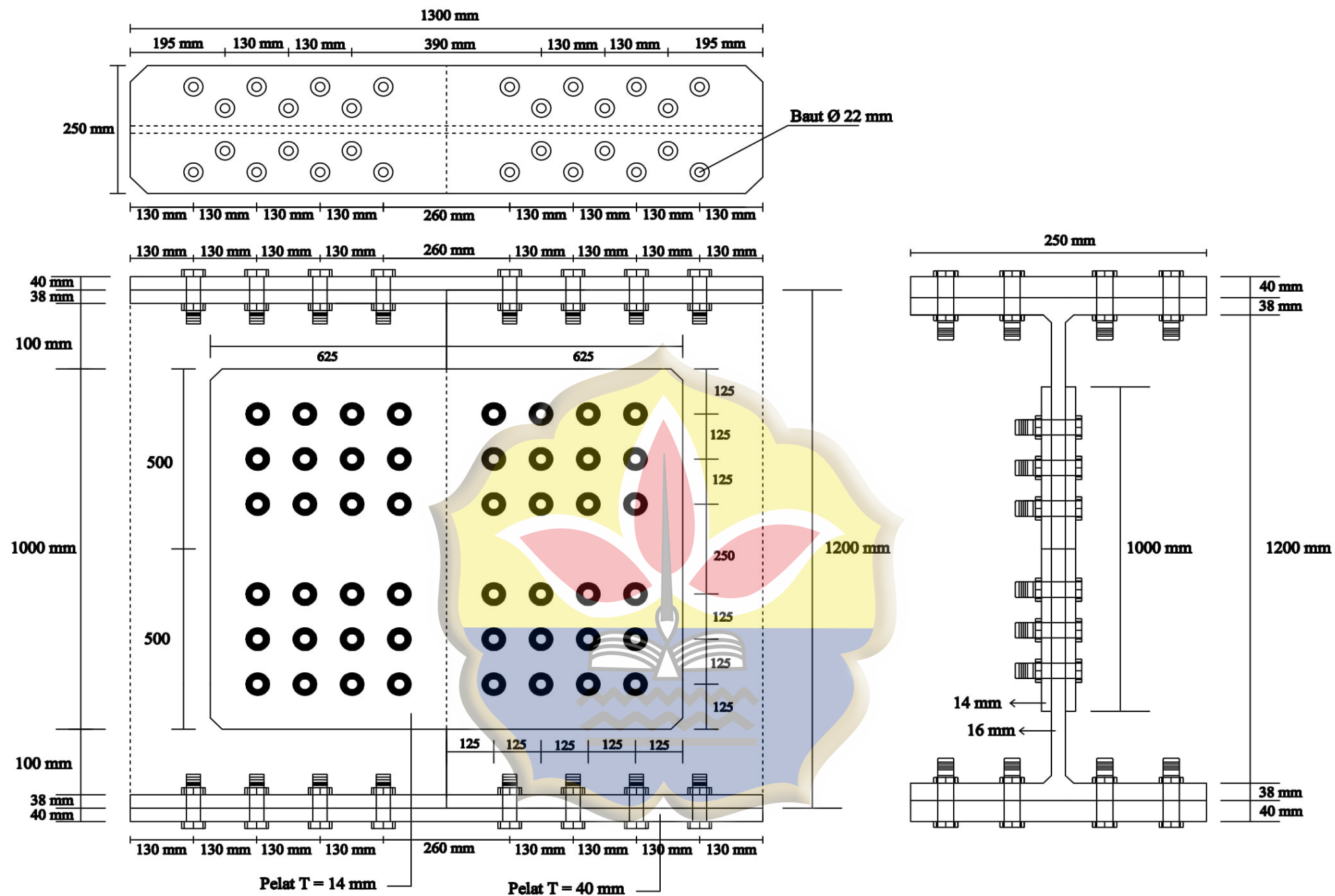


DETAIL SHEAR CONNECTOR TAMPAK ATAS



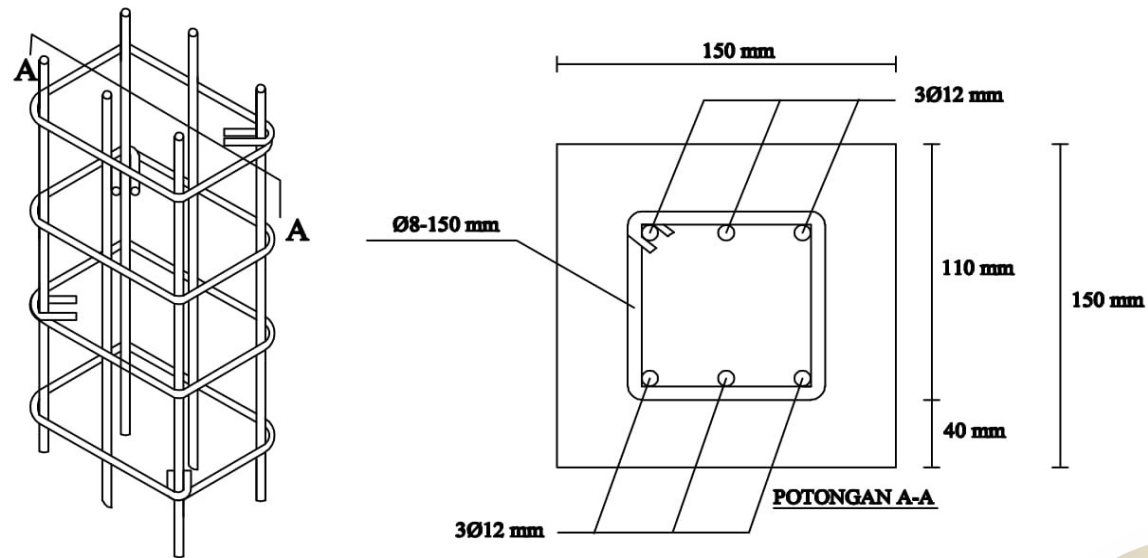
DETAIL SHEAR CONNECTOR TAMPAK SAMPING

	JUDUL TUGAS AKHIR	DIGAMBAR OLEH	DIPERIKSA OLEH	DIPERIKSA OLEH	JUDUL GAMBAR
PRODI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI	PERENCANAAN PLATE GIRDER BAJA UNTUK STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI TERJUN DESA RANGKILING KECAMATAN MANDIANGIN KABUPATEN SAROLANGUN	VICTOR CAESAR H 1400822201058	DOSEN PEMBIMBING 1 ELVIRA HANDAYANI, ST, MT	DOSEN PEMBIMBING 2 Ir. M. ASMUNI JATOEK, MT	GAMBAR DETAIL SHEAR CONNECTOR TAMPAK SAMPING DAN TAMPAK ATAS

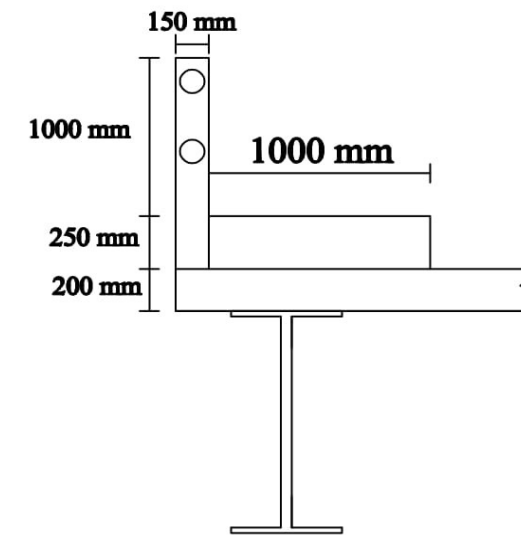


DETAIL SAMBUNGAN BADAN DAN SAYAP

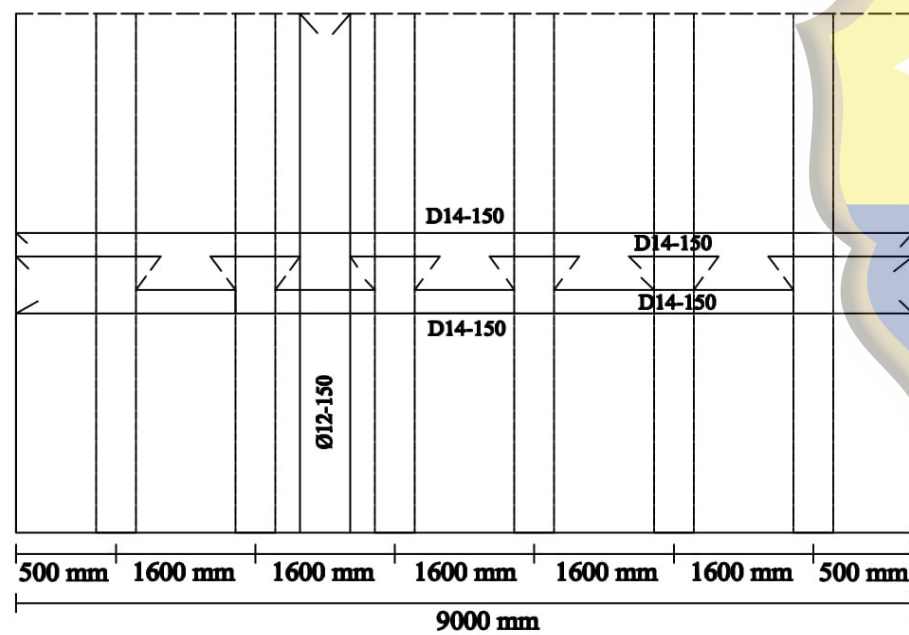
	JUDUL TUGAS AKHIR	DIGAMBAR OLEH	DIPERIKSA OLEH	DIPERIKSA OLEH	JUDUL GAMBAR
PRODI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI	PERENCANAAN PLATE GIRDER BAJA UNTUK STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI TERJUN DESA RANGKILING KECAMATAN MANDIANGIN KABUPATEN SAROLANGUN	VICTOR CAESAR H 1400822201058	DOSEN PEMBIMBING 1 ELVIRA HANDAYANI, ST, MT	DOSEN PEMBIMBING 2 Ir. M. ASMUNI JATQEB, MT	GAMBAR DETAIL SAMBUNGAN SAYAP DAN BADAN



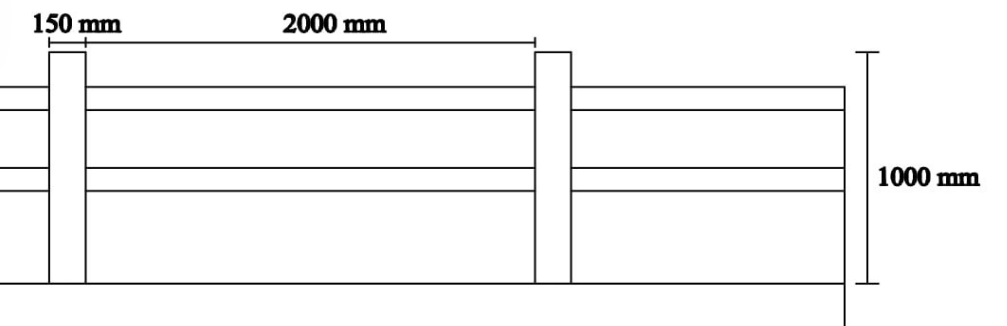
DETAIL TULANGAN TIANG SANDARAN



DETAIL TIANG SANDARAN



DETAIL TULANGAN PELAT LANTAI



DETAIL TINGGI DAN PANJANG TIANG SANDARAN

	JUDUL TUGAS AKHIR	DIGAMBAR OLEH	DIPERIKSA OLEH	DIPERIKSA OLEH	JUDUL GAMBAR
PRODI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI	PERENCANAAN PLATE GIRDER BAJA UNTUK STRUKTUR ATAS JEMBATAN SUNGAI TERJUN DESA RANGKILING KECAMATAN MANDIANGIN KABUPATEN SAROLANGUN	VICTOR CAESAR H 1400822201058	DOSEN PEMBIMBING 1 ELVIRA HANDAYANI, ST, MT	DOSEN PEMBIMBING 2 Ir. M. ASMUNI JATQEB, MT	GAMBAR DETAIL TIANG SANDARAN, TINGGI DAN PANJANG TIANG SANDARAN, TULANGAN TIANG SANDARAN DAN TULANGAN PELAT LANTAI