

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN
PELENGKUNG RANGKA BAJA

Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan
Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil - Fakultas Teknik Universitas
Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang



Oleh:

Rofi'atul Fatinnashihah

30.2017.00.162

Utari Hartanti

30.2017.00.176

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
JULI 2021

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN
PELENGKUNG RANGKA BAJA

Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan
Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil - Fakultas Teknik Universitas
Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang



FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
JULI 2021



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 PO. BOX 1054 Telepon. 089608181018 Semarang 50112

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN
PELENGKUNG RANGKA BAJA**

Oleh:



Rofi'atul Fatimashihah
30201700162



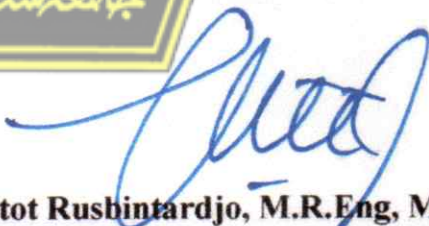
Utari Hartanti
30201700176

Telah disetujui dan disahkan di Semarang pada tanggal 8 Juli 2021

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. Ir. H. Sumirin, MS


Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng, M.Sc., Ph.D

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik - Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 PO. BOX 1054 Telepon. 089608181018 Semarang 50112

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No. 08/A.3/SAT - T/VII/2021

Pada hari ini Senin, 5 Juli 2021 berdasarkan Surat Keputusan Kepala Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang Nomor: 04/A.2/SA-T/III/2021 tanggal 12 Januari 2021 hal penunjukan Dosen Pembimbing Tugas Akhir I dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir II.

Bersama ini kami:

1. Nama : Dr. Ir. H. Sumirin, MS
Jabatan Akademik : Lektor
2. Nama : Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng.Sc., Ph.D
Jabatan Akademik : Lektor

Menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini:

1. Nama / NIM : Rofi'atul Fatinnashihah / 30201700162
2. Nama / NIM : Utari Hartanti / 30201700176

telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Perencanaan Struktur Bangunan Atas Jembatan Pelengkung Rangka Baja" dengan tahapan sebagai berikut:

NO	Tahapan	Tanggal
1.	Penunjukan Dosen Pembimbing	12 Januari 2021
2.	Konsultasi Pengambilan Tugas Akhir	1 April 2021
3.	Penyusunan Laporan Tugas Akhir	April – Juni 2021
4.	Seminar Tugas Akhir	22 Juli 2021

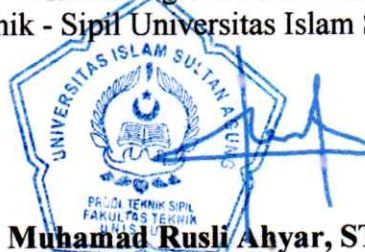
Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

Dosen Pembimbing I  Dosen Pembimbing II 

Dr. Ir. H. Sumirin, MS

Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng.Sc., Ph.D

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik - Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

PERNYATAAN KEASLIAN DAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

1. Nama : Rofi'atul Fatinnashihah
NIM : 30201700162
2. Nama : Utari Hartanti
NIM : 30201700176

menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

“PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN PELENGKUNG RANGKA BAJA”

adalah merupakan hasil pemikiran dan pemaparan asli kami sendiri dan benar bebas dari plagiarisme. Kami tidak mencantumkan pendapat-pendapat, rumus – rumus tanpa merujuk pada publikasi – publikasi yang telah ada sebelumnya atau yang telah ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak-benaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Dengan surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Dibuat di: Semarang

Pada tanggal: 8 Juli 2021

Mahasiswa I



Rofi'atul Fatinnashihah
30201700162

Mahasiswa II



Utari Hartanti
30201700176

MOTTO

Barangsiapa yang bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhan tersebut untuk kebaikan dirinya sendiri. (Q.S 29 Al-Ankabut ayat 6)

Dan tidaklah sama kebaikan dan kejahatan. Tolaklah (kejahatan itu) dengan cara yang lebih baik, sehingga orang yang ada rasa permusuhan antara kamu dan dia akan seperti teman yang setia. (Q.S 41 Fussilat ayat 34)

Dan tolong-menolonglah kamu dalam (mengerjakan kebajikan dan takwa, dan jangan tolong menolong - menolong dalam berbuat dosa dan permusuhan. Bertakwalah kepada Allah, sesungguhnya Allah amat berat siksa-Nya. (QS. 5 Al-Maidah ayat 2)

Allah mencintai pekerjaan yang apabila bekerja ia menyelesaikannya dengan baik. (Hadist Riwayat Thabrani)

Barangsiapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah (Hadist Riwayat Turmudzi)



DEDIKASI

Tugas Akhir ini Kami dedikasikan untuk ilmu pengetahuan Teknik Sipil pada umumnya dan ilmu Konstruksi Jembatan pada khususnya, serta sebagai ibadah Kami kepada Allah Subhanahu Wata'ala



UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bismillahirrahmanirrahiim,

Alhamdulillahirrobil'aalaamiin,

Dengan menyebut asma Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, segala puja dan puji syukur bagi Allah Subhanahu Wa ta'ala atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah Nya, kami telah dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “ Perencanaan Struktur Bangunan Atas Jembatan Pelengkung Rangka Baja”.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terwujud atas pertolongan Allah Tuhan Yang Maha Penolong dan atas bantuan serta dukungan beberapa pihak. Untuk itu ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Dr. Ir. H. Sumirin, MS dan Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng,Sc., Ph.D selaku Dosen pembimbing, yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
4. Kedua orang tua saya, Bapak Muhammad Munif dan Ibu Siti Juariyah yang telah memberikan do'a serta dukungan berupa moril dan materil.
5. Adik saya Zulafin Nur Rosyidah yang selalu memberikan dukungan do'a, motivasi dan kasih sayang.
6. Utari Hartanti selaku rekan yang menemani dan berjuang bersama saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Sahabat – sahabat saya Ade Novia, Shania, Septiyan Danu, Rahmad, Shinta, Siti, Zaimah, Haris, 'Aalam yang selalu memberikan dukungan, hiburan, dan semangat.
8. Teman - teman Teknik Sipil angkatan 2017 khususnya teman – teman kelas Teknik Sipil C 2017, yang telah memberikan bantuannya.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu – persatu yang terlibat dan telah membantu dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Semoga laporan ini bermanfaat bagi diri kami pada khususnya dan semua pihak yang memerlukan pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Semarang, 8 Juli 2021
Rofi'atul Fatinnashihah

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bismillahirrahmanirrahiim,

Alhamdulillahirrobbil'aalaamiin,

Dengan menyebut asma Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, segala puja dan puji syukur bagi Allah Subhanahu Wa ta'ala atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah Nya, kami telah dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “ Perencanaan Struktur Bangunan Atas Jembatan Pelengkung Rangka Baja”.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terwujud atas pertolongan Allah Tuhan Yang Maha Penolong dan atas bantuan serta dukungan beberapa pihak. Untuk itu ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Dr. Ir. H. Sumirin, MS dan Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng,Sc., Ph.D selaku Dosen pembimbing, yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
4. Kedua orang tua saya, Bapak Harnanto, ST dan Ibu Pahyimi yang telah memberikan do'a serta dukungan berupa moril dan materil.
5. Rofi'atul Fatinnashihah selaku rekan yang menemani dan berjuang bersama saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Sahabat – sahabat saya Maesarah Riva 'Ainiyah, Zuhrotul Afidah, Dian Anggraeni K.N, dan Siti Marfu'ah yang selalu memberikan dukungan, hiburan, dan semangat.
7. Teman - teman Teknik Sipil angkatan 2017 khususnya teman – teman kelas Teknik Sipil C 2017, yang telah memberikan bantuannya.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu – persatu yang terlibat dan telah membantu dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Semoga laporan ini bermanfaat bagi diri kami pada khususnya dan semua pihak yang memerlukan pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Semarang, 8 Juli 2021
Utari Hartanti

DAFTAR ISI

Bab	Uraian	Halaman
	HALAMAN JUDUL	i
	HALAMAN PENGESAHAN	ii
	BERITA ACARA	iii
	PERNYATAAN KEASLIAN DAN BEBAS PLAGIASI	iv
	MOTTO	v
	DEDIKASI	vi
	UCAPAN TERIMA KASIH	vii
	DAFTAR ISI	ix
	DAFTAR TABEL	xii
	DAFTAR GAMBAR	xiii
	DAFTAR SINGKATAN	xvii
	ABSTRAK	xxi
	ABSTRACT	xxii
I	PENDAHULUAN	
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Batasan Masalah	3
	1.3 Tujuan Tugas Akhir	4
	1.4 Sistematika Penulisan	4
II	TINJAUAN PUSTAKA	
	2.1 Pendahuluan	5
	2.2 Peraturan-Peraturan Perencanaan Jembatan	5
	2.3 Peraturan-Peraturan Menteri PUPR tahun 2015	5
	2.3.1 Kekuatan dan stabilitas struktur	5
	2.3.2 Keawetan dan kelayakan jangka panjang	6
	2.3.3 Kemudahan pemeriksaan	6
	2.3.4 Kemudahan pemeliharaan	6
	2.3.5 Kenyamanan bagi pengguna jembatan	6

DAFTAR ISI

Bab	Uraian	Halaman
	2.3.6 Ekonomis	7
	2.3.7 Kemudahan pelaksanaan	7
	2.3.8 Estetika	7
	2.3.9 Dampak lingkungan	7
	2.4 Peraturan Perencanaan Ditjen Bina Marga	8
	2.4.1 Pedoman untuk menentukan bentang ekonomin	8
	2.4.2 Umur rencana jembatan	9
	2.5 Peraturan Pembebanan Jembatan SNI 1725 – 2016	9
	2.5.1 Beban berat sendiri struktur jembatan (MS)	9
	2.5.2 Beban mati (MA)	10
	2.5.3 Beban mati tambahan	10
	2.5.4 Beban lalu lintas	11
	2.5.5 Lajur lalu lintas rencana	13
	2.5.6 Faktor beban dinamis (FBD)	13
	2.5.7 Beban pejalan kaki	13
	2.5.8 Gaya rem	14
	2.5.9 Gaya angin	14
	2.6 Perencanaan Jembatan Pelengkung Rangka Baja yang Telah Ada	16
	2.7 Ringkasan Tinjauan Pustaka	19
III	METODOLOGI PERENCANAAN	
	3.1 Pendahuluan	20
	3.2 Preliminary Design	20
	3.3 Struktur Bangunan Atas Jembatan	20
	3.3.1 Perhitungan pelat lantai jembatan	22
	3.3.2 Menghitung gelagar memanjang dan melintang	24
	3.3.3 Perencanaan rangka pelengkung bangunan atas jembatan	32
IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	
	4.1 Pendahuluan	35

DAFTAR ISI

Bab	Uraian	Halaman
4.2	Preliminary Design	35
4.2.1	Data perencanaan jembatan	35
4.3	Perhitungan Lantai Jembatan	37
4.3.1	Perhitungan dimensi sandaran	37
4.3.2	Perhitungan tebal pelat lantai jembatan bagian tepi	38
4.3.3	Perhitungan tebal pelat lantai jembatan bagian tengah	40
4.4	Perhitungan Gelagar Memanjang	43
4.4.1	Perhitungan gelagar tepi	44
4.4.2	Perhitungan gelagar tengah	51
4.5	Perhitungan Gelagar Melintang	57
4.5.1	Perhitungan kondisi pre komposit	57
4.5.2	Perhitungan kondisi post komposit	66
4.6	Perhitungan <i>Shear Connector</i>	83
4.7	Perhitungan Rangka Tiang Baja	84
4.8	Perhitungan Rangka Pelengkung Baja	87
4.8.1	Pembebanan	87
4.8.2	Pendimensian rangka pelengkung	92
4.8.3	Pendimensian tiang rangka baja	101
4.8.4	Pendimensian diagonal tiang rangka baja	109
4.9	Permodelan jembatan pelengkung rangka baja	113
4.9.1	Input pembebanan	114
4.9.2	Output pembebanan	116
V	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan	119
5.2	Saran	119
	DAFTAR PUSTAKA	xxiii
	DAFTAR LAMPIRAN	xxv

DAFTAR TABEL

No. Tabel	Uraian	Halaman
2.1	Bentang ekonomis secara umum	8
2.2	Bentang ekonomis standar Bina marga	8
2.3	Faktor beban berat sendiri	9
2.4	Faktor beban untuk beban mati	10
2.5	Beban mati tambahan	10
2.6	Beban lajur “D”	11
2.7	Beban truk “T”	12
2.8	Nilai V_0 dan Z_0 untuk berbagai macam kondisi perubahan suhu .	15
2.9	Tekanan angin dasar	16
4.1	Profil baja IWF 350x175x7x11	50
4.2	Profil baja IWF 700x300x13x24	63
4.3	Profil baja IWF 900x300x16x28	92
4.4	Profil baja IWF 300x300x10x15	109
4.5	Hasil perhitungan pembebanan	114

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Uraian	Halaman
1.1	Jembatan <i>Cable Stayed</i> Suramadu	1
1.2	Jembatan Gantung	2
1.3	Jembatan Pelengkung	2
1.4	Jembatan Lengkung Rangka Baja	3
2.1	Beban Lajur “D”	11
2.2	Beban Truk “T”	13
2.3	Faktor Beban Dinamis untuk Beban “T” dan Beban “D”	14
3.1	Bagan alir perencanaan struktur bangunan atas jembatan pelengkung rangka baja	21
4.1	Penampang memanjang jembatan	36
4.2	Penampang melintang jembatan	36
4.3	Jarak gelagar	37
4.4	Rencana sandaran jembatan	38
4.5	Detail plat lantai bagian tepi	38
4.6	Detail plat lantai bagian tengah	40
4.7	Beban truk “T”	41
4.8	Penampang memanjang jembatan	44
4.9	Pembebanan pada gelagar tepi	44
4.10	Beban mati (q_{D1}) pada gelagar tepi memanjang	45
4.11	Beban mati (q_{D2}) pada gelagar tepi memanjang	45
4.12	Beban ekivalen (q_E) pada gelagar tepi memanjang	46

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Uraian	Halaman
4.13	Beban garis (P) pada gelagar tepi memanjang	48
4.14	Profil baja IWF 350.175.7.11	50
4.15	Penampang Melintang Gelagar Tengah	51
4.16	Beban mati (qDL) pada gelagar tengah memanjang	52
4.17	Beban ekivalen (qE) pada gelagar tengah memanjang	52
4.18	Beban garis (P) pada gelagar tengah memanjang	55
4.19	Beban Mati pada kondisi sebelum dibebani	57
4.20	Beban qD1 pada kondisi sebelum dibebani	58
4.21	Beban P2 pada kondisi sebelum dibebani	58
4.22	Beban ekivalen pada kondisi sebelum dibebani	59
4.23	Beban P4 pada kondisi sebelum dibebani	59
4.24	Beban ekivalen pada kondisi sebelum dibebani	60
4.25	Beban q4 pada kondisi sebelum dibebani	60
4.26	Beban ekivalen pada kondisi sebelum dibebani	61
4.27	Reaksi perletakan pada kondisi sebelum dibebani	61
4.28	Profil baja IWF 700.300.13.24	63
4.29	Kontrol terhadap lendutan	63
4.30	Akibat beban terpusat di tepi	64
4.31	Akibat beban terpusat di tengah	64
4.32	Akibat berat sendiri gelagar melintang	65

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Uraian	Halaman
4.33	Beban Mati pada kondisi setelah dibebani	67
4.34	Beban P1 pada kondisi setelah dibebani	67
4.35	Beban P2 pada kondisi setelah dibebani	68
4.36	Beban ekivalen pada kondisi setelah dibebani	68
4.37	Beban P3 pada kondisi setelah dibebani	69
4.38	Beban qE pada kondisi setelah dibebani	69
4.39	Beban q4 pada kondisi setelah dibebani	70
4.40	Beban ekivalen pada kondisi setelah dibebani	70
4.41	Reaksi perletakan pada kondisi setelah dibebani	71
4.42	Beban terbagi merata pada kondisi setelah dibebani	72
4.43	Geser maksimum pada kondisi setelah dibebani	72
4.44	Beban P lebar sisa pada kondisi setelah dibebani	73
4.45	Geser maksimum akibat beban P	74
4.46	Titik Berat Penampang Komposit	77
4.47	Diagram Tegangan Sebelum dan Sesudah Komposit	79
4.48	Kontrol tegangan geser	79
4.49	Kondisi sebelum dibebani	80
4.50	Kondisi setelah dibebani	80
4.51	Akibat beban hidup terbagi merata	81
4.52	Akibat beban garis (P)	82

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Uraian	Halaman
4.53	<i>Shear connector</i> untuk gelaga	83
4.54	Data respon spektrum	92
4.55	Profil baja IWF 900.300.16.28	92
4.56	Profil baja IWF 300.300.10.15	109
4.57	Permodelan program SAP2000	113
4.58	Permodelan beban lajur	114
4.59	Permodelan beban pejalan kaki	115
4.60	Permodelan beban rem	115
4.61	Permodelan beban angin struktur	115
4.62	Respon spektrum	116
4.63	Gaya aksial	116
4.64	Gaya geser dari beban mati	117
4.65	Gaya geser dari beban hidup	117
4.66	Gaya geser dari beban angin	117
4.67	Gaya geser dari beban kombinasi	118

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A_{bruto}	= Luas profil baja yang ditentukan
$A_{EKIVALEN}$	= Luas baja ekuivalen
A_{PROFIL}	= Luas penampang baja
A_s	= Luas tulangan yang diperlukan
A_s'	= Luas penampang tulangan
A_{web}	= Luas area bagian web
b	= Lebar penampang pelat
d	= Diameter lubang baut
D_f	= Tebal efektif pelat
d_p	= Tulangan pokok diameter
E	= Modulus elastisitas baja
f_c'	= Kuat tekan beton
FDB	= Faktor beban dinamis
f_y	= Kuat tarik besi tulangan
H	= Tebal pelat lantai
h	= tinggi tiang sandaran
I_k	= Momen inersia penampang komposit
I_x	= Momen inersia penampang profil baja kearah sumbu y
i_x	= Jari-jari inersia minimum
L	= Panjang gelagar

L_x	= Bentang pendek arah x
L_y	= Bentang pendek arah y
M_{Dlmax}	= Momen maksimum akibat beban mati
M_{Llmax}	= Momen maksimum akibat beban hidup
M_{lx}	= Momen lapangan arah bentang pendek
M_{ly}	= Momen lapangan arah bentang panjang
M_{max}	= Momen maksimum
M_p	= Asumsi momen geser
M_{post}	= Momen yang bekerja
M_{PRA}	= Momen pada kondisi Pra Komposit
M_{tot}	= Momen total pada gelagar
M_{tx}	= Momen tumpuan arah bentang pendek
M_u	= Momen ultimit
n	= Jarak antar tulangan
P	= Beban garis
P_c	= Gaya tekan pada batang
q	= Beban terbagi rata
q_{DL}	= Beban mati total
q_E	= Beban mati ekivalen
R_{AV}	= Reaksi perletakkan pada gelagar
R_n	= Nilai koefisien resistance
s'	= Lebar pengaruh beban hidup pada gelagar

S_b	= Tebal selimut beton
S_x	= Kekuatan pada sambungan
t_s	= Tebal minimum pelat lantai.
V_{Dlmax}	= Gaya geser maksimum akibat beban mati
V_{Llmax}	= Gaya geser maksimum akibat beban hidup
V_{max}	= Gaya geser maksimum
V_p	= Asumsi gaya geser
V_{post}	= Gaya geser yang bekerja
V_{PRA}	= Gaya geser pada kondisi Pra Komposit
V_{tot}	= Gaya geser total pada gelagar
Y_{komp}	= Titik berat penampang komposit
α	= Faktor distribusi
β_1	= Faktor distribusi tegangan beton
δ	= Kontrol terhadap lendutan
δ_{ijin}	= Lendutan ijin
δ_{total}	= Lendutan total
θ	= Faktor distribusi tegangan lentur
$\emptyset$	= Diameter tulangan
λ	= kelangsingan baja
λ_{min}	= kelangsingan minimum
ρ	= Nilai rasio tulangan
ρ_{max}	= Rasio tulangan maksimum

$\rho_{\min}$	= Rasio tulangan minimum
$\bar{\sigma}$	= Tegangan tekan yang diijinkan
σ	= Kontrol terhadap tegangan lentur yang terjadi
σ_b	= Tegangan normal
σ_{tu}	= Tegangan tumpu
τ	= Kontrol terhadap tegangan geser yang terjadi
ω_n	= Nilai indeks perkuatan



ABSTRAK

Jembatan adalah suatu struktur bangunan yang dibangun untuk melewati lalu lintas dan orang dari satu ujung jalan ke ujung jalan yang lain di seberangnya. Keberadaan jembatan saat ini terus mengalami perkembangan, mulai dari bentuknya yang sederhana sampai yang ke bentuk yang modern. Demikian pula bahan-bahan yang digunakan juga mengalami perkembangan sejalan dengan majunya teknologi bahan. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merencanakan struktur bangunan atas jembatan pelengkung rangka baja. Bangunan atas jembatan ini direncanakan dengan bentang 150 meter dan lebar 10,10 meter. Tahap awal perencanaan adalah preliminary design yaitu dengan menentukan data-data awal perencanaan seperti panjang dan lebar jembatan, dimensi balok girder, dimensi balok melintang, dimensi rangka batang. Perencanaan dilanjutkan dengan menghitung pelat lantai, gelagar memanjang, gelagar melintang, dan rangka pelengkung jembatan. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung dan menganalisa beban yang bekerja menggunakan program SAP2000 versi 14. Dari hasil perhitungan didapatkan tebal pelat lantai kendaraan 20 cm dengan tulangan pokok D13-150, gelagar memanjang menggunakan profil IWF 350 x 175 x 7 x 11, gelagar melintang menggunakan profil IWF 700 x 300 x 13 x 24, rangka pelengkung baja, rangka diagonal pelengkung, rangka tiang baja menggunakan profil IWF 900 x 300 x 16 x 28, dan diagonal tiang rangka baja menggunakan profil baja IWF 300 x 300 x 10 x 15 dengan kekuatan baja $f_y = 410$ MPa, tegangan putus minimum $f_u = 550$ MPa dan kekuatan beton bertulang $f_c' = 29,04$ MPa. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa konstruksi jembatan lengkung rangka baja dengan bentang 150 meter dapat dibangun dan aman untuk dilalui lalu lintas.

Kata kunci: Jembatan. Pelengkung. Rangka Baja. Bentang panjang, Kuat

ABSTRACT

A bridge is a building structure that is built to pass traffic and people from one end of the road to other across it. The existence of the current bridge continues to develop, starting from its simple form to modern one. Likewise, the materials used have also developments in line with advances in material technology. The purpose of this final project is to plan the structure of the steel arch truss bridge. The superstructure of this bridge is designed with a span of 150 meters and a width of 10,10 meters. The initial stage of planning is preliminary design by determining the initial planning data such as the length and width of the bridge, the dimensions of the girder beams, the dimensions of the transverse beams, the dimensions of the trusses. Planning is continued by calculating floor slabs, longitudinal girders, transverse girders, and bridge arch frames. Then proceed to calculate and analyze the working load using the SAP2000 version 14 program. From the calculation results, the vehicle floor plate thickness is 20 cm with D13-150 main reinforcement, the longitudinal girder uses the IWF profile 350 x 175 x 7 x 11, the transverse girder uses the IWF profile 700 x 300 x 13 x 24, steel arch truss, diagonal truss, steel truss using IWF profile 900 x 300 x 16 x 28, and diagonal steel truss using IWF profiles 300 x 300 x 10 x 15 with steel strength $f_y = 410$ MPa, minimum breaking stress $f_u = 550$ MPa and concrete strength reinforced $f_c' = 29.04$ MPa. This it can be concluded that the construction of a steel truss arch bridge with a span of 150 meters can and safe for traffic to pass.

Keywords: Bridge, Arch, Steel frame, Long span, Strong

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

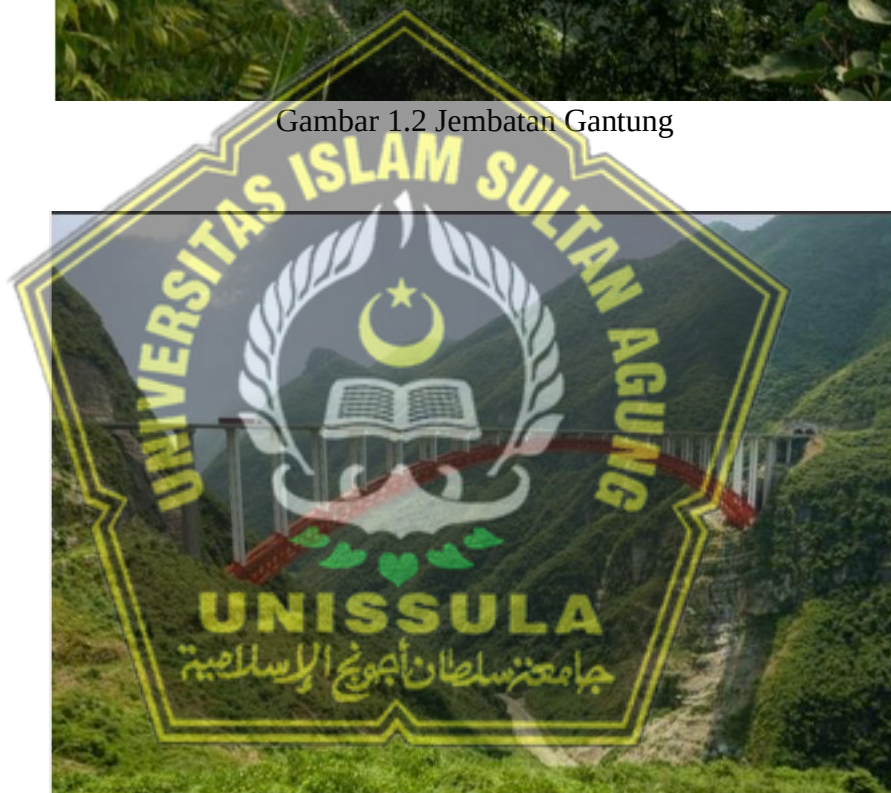
Jembatan adalah suatu struktur bangunan yang dibangun untuk melewati lalu lintas dan orang dari satu ujung jalan ke ujung jalan yang lain di seberangnya. Jembatan juga didefinisikan sebagai suatu bangunan yang melewati penghalang berupa sungai, lembah, saluran irigasi, jalan kereta api, dan jalan raya. Keberadaan jembatan saat ini terus mengalami perkembangan, mulai dari bentuknya yang sederhana yaitu seperti jembatan balok sampai yang ke bentuk yang modern seperti jembatan *Cable Stayed* (Gambar 1.1), jembatan Gantung (*Suspension*) (Gambar 1.2), dan jembatan Pelengkung (*Arch Bridge*) (1.3) [1]. Demikian pula bahan-bahan yang digunakan juga mengalami perkembangan sejalan dengan majunya teknologi bahan, mulai dari semula kayu kemudian berkembang dengan adanya jembatan beton dan baja.



Gambar 1.1 Jembatan *Cable Stayed* Suramadu



Gambar 1.2 Jembatan Gantung



Gambar 1.3 Jembatan Pelengkung

Seiring adanya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi jembatan, maka penggunaan material baja termasuk salah satu alternatif yang dapat dipilih dalam variasi bentuk pembangunan struktur jembatan [2]. Keuntungan lainnya dari penggunaan bahan baja adalah lebih ekonomis, rendahnya biaya pemasangan, lebih cepat dalam pelaksanaannya, mempunyai kekuatan yang tinggi, dan mempunyai bentuk yang lebih bervariasi.

Jembatan pelengkung rangka baja (*truss arch bridge*) tersusun dari batang-batang yang di hubungkan dengan pelat buhul, paku keling, baut atau las. Pada batang-batang jembatan rangka dapat menahan gaya dalam bentuk aksial tekan atau tarik [2]. Adapun pemberian bentuk pelengkung itu sendiri bertujuan untuk mengurangi momen lentur pada jembatan sehingga penggunaan material menjadi lebih efisien [3]. Di samping itu, jembatan pelengkung rangka baja mempunyai nilai arsitektural yang tinggi dan memiliki struktur yang kuat serta memberikan kesan monumental [4].



Gambar 1.4 Jembatan Pelengkung Rangka Baja

1.2. Batasan Masalah

Konstruksi jembatan terdiri dari struktur bangunan atas yang meliputi balok girder, lantai jembatan, dan rangka jembatan jika merupakan jembatan rangka, dan bagian-bagian jembatan yang lain seperti balok atau gelagar jembatan dan perletakan jembatan. Kemudian bangunan bawah jembatan yang terdiri dari pangkal jembatan atau *abutment*, pilar atau *pier*. Bagian paling bawah dari jembatan adalah pondasi. Dalam Tugas akhir ini hanya dibatasi merencanakan bangunan atas jembatan saja.

1.3. Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan Batasan masalah seperti tersebut dalam sub-bab 1.2. diatas, maka Tugas akhir ini bertujuan untuk:

1. Merencanakan Bangunan Atas Jembatan Pelengkung Rangka Baja seperti pada Gambar 1.4 diatas.
2. Menerapkan program komputer SAP2000 dalam perencanaan struktur bangunan atas Jembatan Pelengkung Rangka Baja.

1.4 Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini dimulai dengan menguraikan latar belakang tentang konstruksi jembatan yang diuraikan pada Bab I, kemudian dilanjutkan dengan tinjauan pustaka yaitu meninjau buku-buku, jurnal-jurnal, dan makalah-makalah yang berkaitan dengan perencanaan jembatan yang diberikan pada Bab II. Selanjutnya Bab III, berisi tentang metodologi perencanaan yang menjelaskan tentang langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan yang diberikan pada Bab IV. Bahasan atas hasil perencanaan diberikan pada Bab IV. Sebagai penutup laporan diberikan kesimpulan pada Bab V.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pendahuluan

Buku-buku, jurnal-jurnal, makalah-makalah dan peraturan-peraturan yang ada yang berkaitan dengan perencanaan jembatan pelengkung rangka baja pada khususnya dan jembatan tipe yang lain pada umumnya, akan ditinjau dalam bab ini dan merupakan bagian dari tugas akhir ini. Peninjauan meliputi: 1) Peraturan-peraturan perencanaan jembatan, 2) Peraturan pembebanan jembatan, 3) Perencanaan-perencanaan jembatan pelengkung rangka baja yang telah ada.

2.2. Peraturan-Peraturan Perencanaan Jembatan

Peraturan-peraturan tentang perencanaan jembatan yang akan menjadi acuan dalam perencanaan dalam perencanaan jembatan pelengkung rangka baja adalah:

1. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) tentang Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan tahun 2015 [5].
2. Peraturan Perencanaan Jembatan Ditjen Bina Marga [6].

2.3. Peraturan Perencanaan Menteri PUPR tahun 2015

Menteri PUPR melalui Surat Edaran No. 07/SE/M/2015 memberikan pokok-pokok perencanaan jembatan yang meliputi:

2.3.1. Kekuatan dan stabilitas terstruktur

Yang dimaksud dengan kekuatan dan stabilitas struktur adalah bahwa jembatan harus kuat menahan beban-beban yang ada yang harus dipikul dan harus stabil.

2.3.2. Keawetan dan kelayakan jangka panjang

Jembatan harus direncanakan untuk dapat meminimalisir pengaruh yang dapat mempercepat kerusakan pada struktur akibat bentuk dan geometri dari komponen yang ada. Perlindungan harus tersedia untuk bahan yang mudah rusak akibat polusi dan radiasi sinar matahari. Pertimbangan yang lebih juga harus diberikan terkait dengan keawetan bahan yang berhubungan langsung dengan air dan tanah.

2.3.3. Kemudahan pemeriksaan

Yang dimaksud dengan kemudahan pemeriksaan adalah bahwa jembatan harus direncanakan dengan baik dengan tujuan bahwa jembatan berada dalam keadaan aman untuk dilalui pengguna jembatan. Bagian-bagian dari jembatan yang berupa tangga inspeksi, jalan pemeriksaan, lubang pemeriksaan yang tertutup, akses penggantian lampu dan sebagainya, harus disediakan saat tujuan pemeriksaan dinilai sulit untuk diperoleh.

2.3.4. Kemudahan pemeliharaan

Kemudahan pemeliharaan pada jembatan dapat dilakukan dengan cara menghindari struktur tertentu dari jembatan yang diperkirakan kegiatan pemeliharaannya tidak mudah dilakukan, seperti pada daerah sekitar dudukan perletakan dan di bawah sambungan pelat lantai harus direncanakan untuk pendongkrakkan, pembersihan, perbaikan, penggantian perletakkan dan sambungan.

2.3.5. Kenyamanan bagi pengguna jembatan

Dikarenakan jembatan adalah struktur bangunan yang melintasi sungai atau penghalang lalu lintas lainnya, maka keruntuhan jembatan akan mengakibatkan terganggunya kenyamanan masyarakat berlalu lintas [7]. Jadi sangat penting untuk memperhatikan faktor keamanan dan kenyamanan dalam merencanakan sebuah jembatan.

2.3.6. Ekonomis

Perencanaan yang baik akan memperhatikan faktor ekonomis dari sumber pendanaan untuk perencanaan jembatan. Perencanaan termurah sesuai dengan pendanaan dan pokok-pokok rencana lainnya biasanya yang umumnya terpilih. Penekanan harus diberikan pada biaya total struktur yang mencakup biaya pemeliharaan dan tidak hanya pada biaya konstruksi [8] .

2.3.7. Kemudahan pelaksanaan

Suatu jembatan tidak hanya harus direncanakan dengan baik, namun juga harus dapat dilaksanakan atau dibangun. Oleh karena itu, pemilihan rencana harus mudah untuk dilaksanakan. Rencana yang tidak mudah untuk dilaksanakan akan menyebabkan pengunduran tidak terduga dalam pelaksanaan dan peningkatan biaya, sehingga harus dihindari sebisa mungkin [8].

2.3.8. Estetika

Suatu jembatan memiliki nilai estetika yang tinggi karena memiliki bentuk yang unik dibandingkan dengan bangunan lain pada umumnya. Pada saat perencanaan jembatan, pertimbangan nilai estetika dapat dipilih untuk menentukan gambaran jembatan yang diinginkan.

2.3.9. Dampak lingkungan

Pembangunan suatu bangunan dapat memberikan dampak terhadap kerusakan lingkungan terutama dalam pembangunan struktur jembatan. Namun jika pembangunan tersebut memperhatikan aspek-aspek lingkungan, maka dapat mengurangi dampak bencana dan menyelamatkan lingkungan. Seorang perencana wajib membangun infrastruktur seperti jalan dan jembatan yang berwawasan lingkungan sehingga dapat menciptakan infrastruktur jalan dan jembatan yang berkelanjutan [9].

2.4. Peraturan Perencanaan Ditjen Bina Marga

Direktorat Jendral Bina Marga menyebutkan hal-hal yang harus di perhatikan dalam merencanakan jembatan yaitu:

2.4.1. Pedoman untuk menentukan bentang jembatan

Bentang jembatan dapat ditentukan oleh penggunaan atau pemilihan tipe struktur utama dan jenis bahan yang optimal. Apabila tidak direncanakan secara khusus, maka dapat digunakan struktur bangunan atas jembatan dengan standar Bina Marga sesuai dengan bentang ekonomis dan kondisi aliran air di bawahnya. Bentang jembatan secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan bentang jembatan standar Bina Marga dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Bentang jembatan secara umum [6]

No	Tipe Bangunan Atas	Bentang Jembatan (m)
1	Pelat Beton Bertulang	0 - 15
2	Gelagar Beton T	10 - 18
3	Mod Gelagar Beton T	18 - 25
4	Box Beton Bertulang	24 - 40
5	Gelagar I Pratekan	25 - 40
6	Gelagar Box Baja	40 - 300
7	Rangka Baja	40 - 200
8	Pelengkung Baja	150 - 400
9	Cable Stayed	200 - 500
10	Gantung	300 - 2000

Tabel 2.2 Bentang jembatan standar Bina Marga [6]

No	Standar Bangunan Atas	Bentang Ekonomis (m)
1	Gelagar Beton Bertulang tipe T	6 - 25
2	Gelagar Beton Pratekan tipe I dan T	16 - 40
3	Girder Komposit	20 - 30
4	Voided Slab	6 - 16
5	Rangka Baja	40 - 60

2.4.2. Umur rencana jembatan

Umur rencana jembatan direncanakan untuk masa layan selama 75 tahun, kecuali:

- Jembatan sementara atau jembatan yang bisa dibongkar atau pasang, direncanakan dengan umur rencana 20 tahun.
- Jembatan khusus, yang mempunyai fungsi strategis dan ditetapkan oleh lembaga yang berwenang, direncanakan dengan umur rencana 100 tahun.
- Ada peraturan dari lembaga yang berwenang yang menetapkan umur rencana yang lain.

2.5. Peraturan Pembebanan Jembatan SNI 1725 - 2016

Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 1725-2016 [10] tentang Standar Pembebanan Jembatan, menyebutkan bahwa beban-beban yang diperhitungkan dalam merencanakan jembatan jalan raya adalah:

2.5.1. Beban berat sendiri struktur jembatan (MS)

Beban berat sendiri adalah beban bagian dari jembatan itu sendiri dan komponen-komponen struktural ditambah elemen non struktural yang dianggap tetap, seperti terlihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Faktor Beban berat sendiri [10]

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^S)		Keadaan Batas Ultimate (γ_{MS}^U)	
	Material		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,0	1,1	0,90
	Aluminium	1,0	1,1	0,90
	Beton Pracetak	1,0	1,2	0,85
	Beton di cor ditempat	1,0	1,3	0,75
	Kayu	1,0	1,4	0,70

2.5.2. Beban mati (MA)

Beban mati adalah semua beban komponen struktural jembatan maupun non struktural yang berasal dari beban berat sendiri jembatan atau bagian dari struktur jembatan yang ditinjau, seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor beban untuk beban mati [10]

No.	Material	Berat Isi (kN/m ³)	Kerapatan Massa (kg/m ³)
1	Lapisan Permukaan Beraspal	22	2245
2	Besi Tuang	71	7240
3	Timbunan Tanah Dipadatkan	17,2	1755
4	Kerikil yang dipadatkan	18,8 - 22,7	1920 - 2315
5	Aspal	22	2245
6	Beton Ringan	12,25 - 19,6	1250 - 2000
7	Beton $fc' < 35$ Mpa	22 - 25	2320
	$35 < fc' < 105$ Mpa	$22 + 0,022 fc'$	$2240 + 2,29 fc'$
8	Baja	78,5	7850
9	Kayu Ringan	7,8	800
10	Kayu Keras	11	1125

2.5.3. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan adalah suatu beban pada jembatan yang merupakan komponen non struktural dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan seperti aspal. Beban mati tambahan dapat dilihat ditabel 2.5.

Tabel 2.5 Beban Mati Tambahan [10]

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{MA})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MA}^S)		Keadaan Batas Ultimate (γ_{MA}^U)	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,0 ⁽¹⁾	2,0	0,7
	Khusus (Dewasa)	1,0	1,4	0,8
Catatan ⁽¹⁾ : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas				

2.5.4. Beban lalu lintas

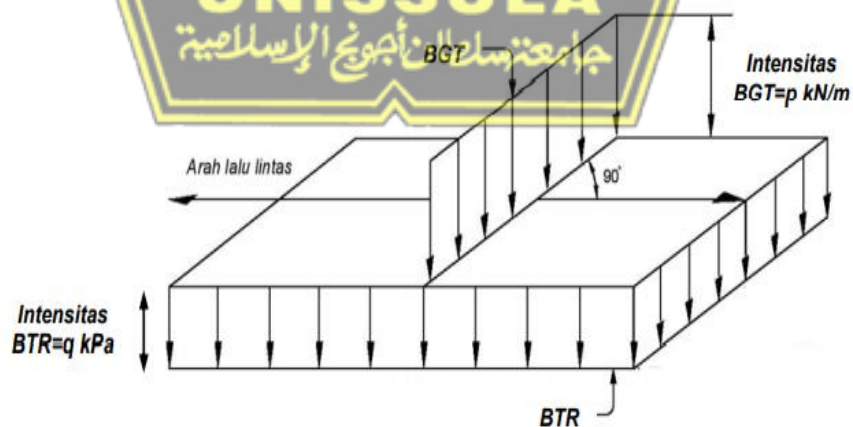
Beban lalu lintas adalah semua beban hidup baik arah vertikal maupun horizontal, yang diakibatkan oleh kendaraan yang melewati jembatan termasuk hubungannya dengan pengaruh dinamis, tetapi tidak termasuk akibat tumbukan. Dalam perencanaan jembatan jalan raya, beban lalu lintas dibagi menjadi 2 yaitu beban lajur “D” dan beban truk “T”.

1) Beban lajur “D”

Beban lajur adalah beban yang bekerja pada seluruh jalur kendaraan dan dapat menimbulkan pengaruh pada jembatan. Beban lajur terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabungkan dengan beban garis terpusat (BGT) seperti terlihat pada Gambar 2.5. Faktor beban lajur “D” diberikan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Beban Lajur “D” [10]

Tipe Beban	Tipe Jembatan	Faktor Beban (γ_{TD})	
		Keadaan Batas Layan (γ_{TD}^S)	Keadaan Batas Ultimate (γ_{TD}^U)
Transien	Beton	1,0	1,8
	Box Girder Baja	1,0	2,0



Gambar 2.1 Beban Lajur “D”

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q (kPa), dengan besaran tergantung pada panjang total yang dibebani seperti berikut:

Jika $L \leq 30$ m, maka $q = 9,0$ kPa (2.1)

Jika $L > 30$ m, maka $q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right)$ kPa (2.2)

di mana :

q = Intensitas beban terbagi rata (kPa).

L = Panjang total jembatan yang dibebani (m).

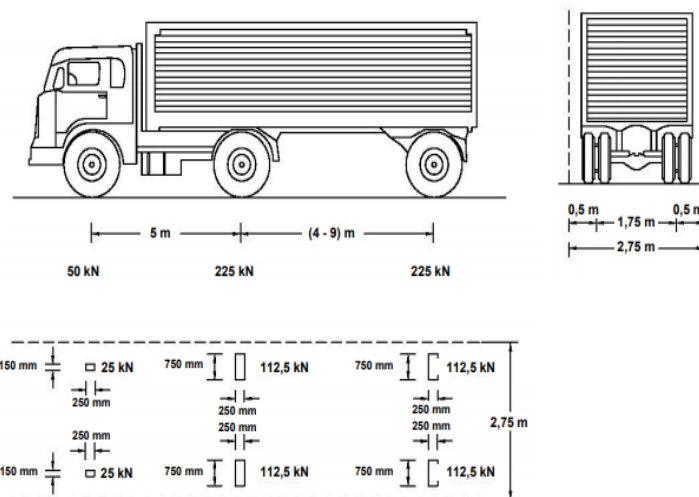
Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus diposisikan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49 kN/m.

2) Beban truk "T"

Beban truk adalah berat suatu kendaraan dengan 3 gandar yang diposisikan di beberapa tempat dalam lajur lalu lintas rencana. Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan semi-trailer yang memiliki susunan dan berat gandar. Berat dari masing-masing gandar disebarkan menjadi dua beban merata sama besar. Jarak antara 2 gandar bisa di ubah-ubah dari 4,0 - 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan seperti terlihat pada Gambar 2.2. Beban Truk "T" dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Beban Truk "T" [10]

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban (γ_{TT})	
		Keadaan Batas Layan (γ_{TT}^S)	Keadaan Batas Ultimate (γ_{TT}^U)
Transien	Beton	1,0	1,8
	Box Girder Baja	1,0	2,0



Gambar 2.2 Beban Truk”T”

2.5.5. Lajur lalu lintas rencana

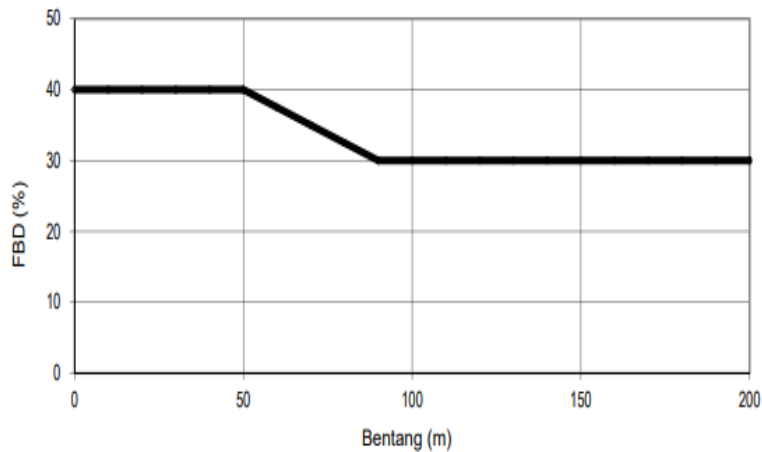
Jumlah lajur lalu lintas rencana pada umumnya dapat ditentukan dengan mengambil bagian integer dari hasil pembagian lebar bersih jembatan (0 dalam milimeter dengan lajur rencana sebesar 2,75 meter atau 2750 milimeter. Seorang perencana wajib menghitung kemungkinan berubahnya lebar bersih jembatan di masa depan, sehubungan dengan perubahan fungsi dari jembatan. Jumlah lajur lalu lintas dapat dilihat pada Lampiran A.

2.5.6. Faktor beban dinamis (FBD)

Faktor beban dinamis adalah faktor keterkaitan antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Nilai faktor beban dinamis untuk pembebanan truk adalah 30%. Nilai faktor beban dinamis dapat dilihat pada Gambar 2.3.

2.5.7. Beban pejalan kaki

Seluruh bagian dari trotoar yang langsung menahan beban dari pejalan kaki harus dirancang untuk memikul beban $5 \text{ kPa} = 500 \text{ kg/m}^2$.



Gambar 2.3 Faktor Beban Dinamis

2.5.8. Gaya rem

Penempatan gaya rem di semua lajur rencana yang di muati dan yang berada di lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya rem harus diambil yang terbesar dari:

- 25% dari beban gandar truk rencana atau,
- 5% dari beban truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata (BTR), Gaya rem diasumsikan bekerja secara horizontal pada jarak 1,8 meter di atas permukaan pelat lantai.

2.5.9. Gaya angin

1) Tekanan angin horizontal

Tekanan angin diencanakan dengan kecepatan dasar (V_B) sebesar 90 sampai 126 km/jam. Untuk jembatan atau bagiannya dengan elevasi yang lebih tinggi dari 10 meter diatas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencananya (V_{DS}), dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$V_{DS} = 2,5 \times V_O \times \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{z_0} \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

di mana:

V_{DZ} = Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana (km/jam),

V_{10} = Kecepatan angin pada elevasi 10 m di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam).

- V_B = Kecepatan angin rencana, yaitu 90-126 km/jam pada elevasi 10 m yang akan menghasilkan tekanan (km/jam).
- Z = Elevasi struktur, diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 10$ m).
- V_0 = Kecepatan gesekan angin untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan seperti yang ditentukan pada Tabel 2.9 (km/jam).
- Z_0 = Panjang gesekan di hulu jembatan seperti yang ditentukan pada Tabel 2.9 (m).

V_{10} dapat diperoleh dari:

- Grafik kecepatan angin dasar untuk berbagai periode ulang,
- Survei angin pada lokasi jembatan,
- Jika tidak ada data yang lebih baik, perencanaan dapat mengasumsikan bahwa $V_{10} = V_B = 90-126$ km/jam.

Tabel 2.8 Nilai V_0 dan Z_0 untuk berbagai macam kondisi permukaan hulu [10]

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub. Urban	Kota
V_0 (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Z_0 (m)	0,07	1,0	2,5

2) Tekanan angin pada struktur jembatan (EWS)

Kecepatan angin dapat digunakan untuk perencanaan dasar yang berbeda untuk kombinasi pembebanan yang tidak melibatkan kondisi beban angin yang bekerja pada kendaraan. Dengan tidak adanya data yang lebih akurat, tekanan angin rencana dapat ditetapkan menggunakan persamaan berikut:

$$P_D = P_B \left(\frac{VDZ}{V_B} \right)^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

di mana:

P_B = Tekanan angin dasar seperti yang ditentukan dalam Tabel 2.10 (MPa).

Tabel 2.9 Tekanan angin dasar [10]

Komponen Bangunan Atas	Angin Tekan (MPa)	Angin Hisap (MPa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan Datar	0,0019	N/A

Gaya total beban angin tidak boleh diambil kurang dari 4,4 kN/mm pada bidang hisap pada struktur rangka dan pelengkung, dan tidak boleh kurang dari 4,4 kN/mm pada gelagar.

2.6. Perencanaan Jembatan Pelengkung Rangka Baja Yang Telah Ada

Razi Faisal, dan kawan-kawan (2014) [11] dalam Jurnal Universitas Tanjungpura Volume 2 No. 2, dengan judul Perhitungan Struktur Jembatan Lengkung Rangka Baja Dua Tumpuan Bentang 120 Meter menerangkan bahwa perencanaan jembatan lengkung rangka baja dapat dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut:

- 1) Perhitungan pembebanan dengan standar acuan yang dipakai adalah Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI) T-02-2005 tentang standar pembebanan jembatan.
- 2) Perencanaan penulangan pelat lantai jembatan, trotoar, dan sandaran.
- 3) Perencanaan gelagar memanjang, gelagar melintang, dan *shear connector*.
- 4) Perhitungan konstruksi rangka jembatan dengan menggunakan program SAP2000.
- 5) Perencanaan sambungan baut.
- 6) Perencanaan perletakkan menggunakan elastomer bearing.
- 7) Membuat gambar rencana jembatan.

Febry Suhendra, dan kawan-kawan. (2018) [12] dalam Jurnal Gradasi Teknik Sipil Volume 2 No. 2, dengan judul Perencanaan Jembatan Rangka Baja

Pelengkung Sungai Liong menerangkan bahwa perencanaan jembatan pelengkung rangka baja dapat dilakukan dengan tahap-tahap berikut:

- 1) Pengumpulan data-data yang diperlukan untuk menunjang dalam perencanaan jembatan seperti data topografi, hidrologi, dan data sondir di tempat yang akan dilakukan pembangunan jembatan.
- 2) *Preliminary design*, dilakukan dengan merencanakan rencana awal seperti asumsi-asumsi yang dapat digunakan, namun apabila setelah diperiksa kestabilan, kekokohan, keamanan, kelayakan, dan kenyamanan konstruksi yang direncanakan tidak sesuai, maka desain rencana harus diubah.
- 3) Perhitungan pembebanan mengacu pada RSNI T-02-2005 tentang standar pembebanan untuk jembatan.
- 4) Rencana kekuatan profil rangka baja mengacu pada RSNI T-03-2005 tentang perencanaan struktur baja untuk jembatan, yang meliputi perhitungan gelagar memanjang dan melintang, ikatan angin, dan rangka pelengkung jembatan.
- 5) Desain komponen struktur beton pada jembatan mengacu pada RSNI T-03-2005 tentang perencanaan struktur beton untuk jembatan, yang meliputi perhitungan lantai jembatan, trotoar dan sandaran.
- 6) Analisis struktur gaya dalam menggunakan program SAP2000.
- 7) Perencanaan penulangan pelat lantai jembatan.
- 8) Perencanaan dimensi gelagar memanjang, gelagar melintang dan *stud connector*, dan plat bondex yang akan menjadi perancah pada saat pengecoran pelat lantai jembatan.
- 9) Perencanaan profil baja untuk rangka pelengkung jembatan. Rangka pelengkung di rencanakan menggunakan profil *Wide Flang* (WF) dengan dimensi dan ketebalan berdasarkan gaya aksial yang terjadi.
- 10) Perencanaan batang tarik vertikal yang menggunakan profil WF berdasarkan gaya aksial tarik yang terjadi.
- 11) Perhitungan sambungan baut.
- 12) Perencanaan perletakan berupa elastomer *bearing*.
- 13) Perencanaan *abutment* yang meliputi perencanaan *backwall*, *breast wall*, *pilecap*, dan pemancang *spoon pile*.

- 14) Pengecekan keamanan pondasi jembatan terhadap *safety factor* dan penurunan.
- 15) Membuat gambar rencana jembatan.

Daryl Julian Muhammad Akbar dan Endah Wahyuni (2018) [13] dalam Jurnal Teknik Sipil ITS Volume 7 No.2, berjudul Modifikasi Perencanaan Jembatan Sipait Pekalongan dengan Menggunakan Sistem Jembatan Busur Rangka Baja menerangkan bahwa perencanaan jembatan pelengkung rangka baja dapat dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut:

- 1) Pengumpulan data, yang dilakukan meliputi peninjauan elevasi dan stationing dari jembatan eksisting, serta peninjauan kekuatan tanah di lokasi jembatan eksisting.
- 2) *Preliminary design*, berupa penentuan mutu material yang digunakan, memperkirakan tebal pelat jembatan yang direncanakan, dan menentukan dimensi busur lengkung.
- 3) Perhitungan pembebanan jembatan mengacu pada SNI 1725:2016 tentang standar pembebanan jembatan.
- 4) Permodelan dan analisa struktur menggunakan program SAP2000.
- 5) Perencanaan struktur atas jembatan, berupa perencanaan pelat lantai jembatan, perencanaan gelagar memanjang, perencanaan gelagar melintang, dan perencanaan rangka pelengkung jembatan.
- 6) Kontrol kapasitas tarik dan tekan pada elemen struktur.
- 7) Perencanaan sambungan, dengan menggunakan sambungan baut dan sambungan las.
- 8) Perencanaan perletakan menggunakan pot *bearing*.
- 9) Perencanaan dimensi *abutment*.
- 10) Penggambaran hasil perencanaan.

2.7. Ringkasan Tinjauan Pustaka

Dari pustaka-pustaka yang ditinjau tersebut di atas, maka perencanaan jembatan pelengkung rangka baja dalam tugas akhir ini akan mengacu pada perencanaan yang dilakukan oleh Daryl Julian Muhammad Akbar dan Endah Wahyuni (2018).



BAB III

METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Pendahuluan

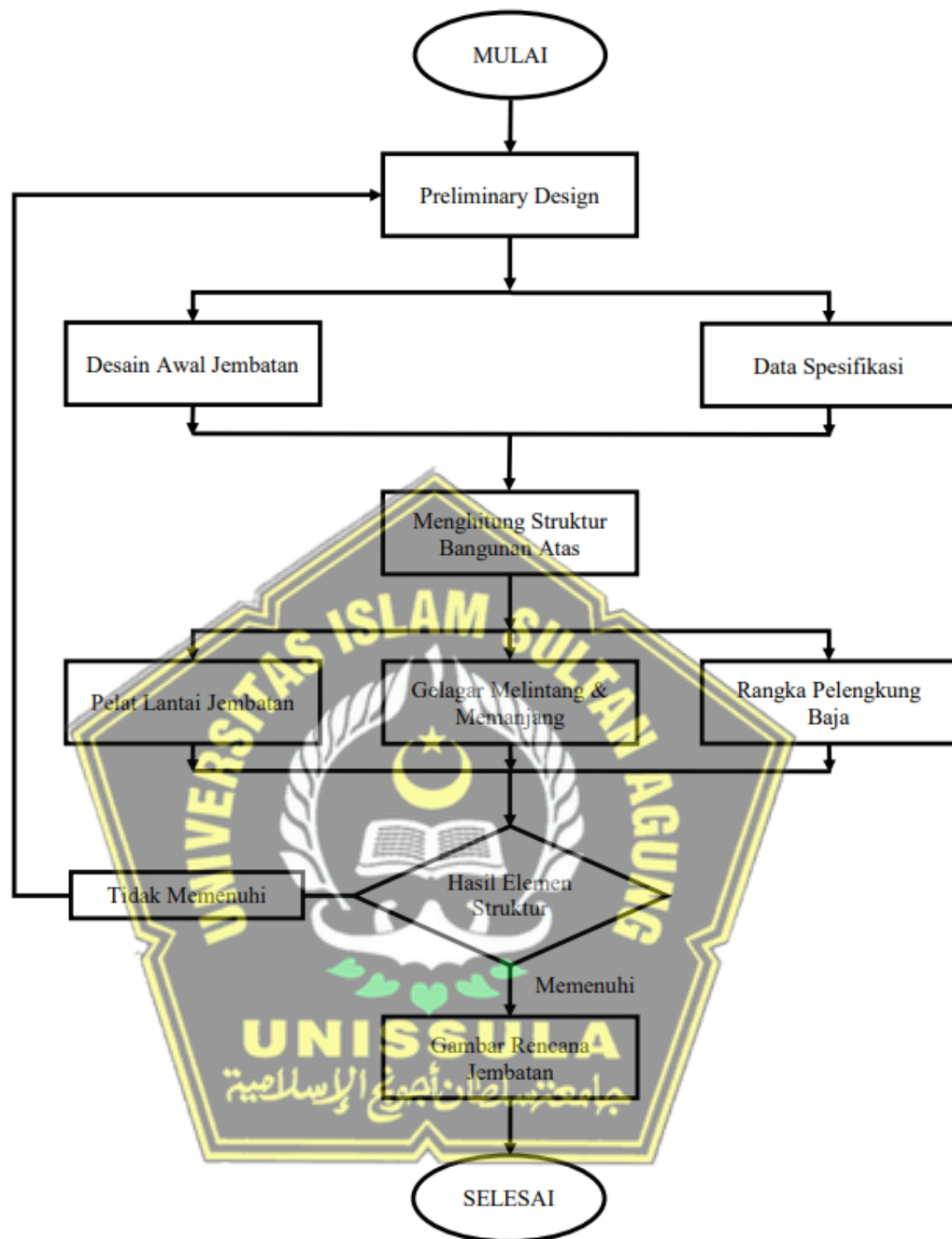
Metodologi perencanaan ini ditulis untuk menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan untuk merencanakan jembatan lengkung rangka baja. Bagian pertama adalah *preliminary design* yaitu menentukan desain awal jembatan dan data spesifikasi teknis yang digunakan. Bagian kedua adalah merancang atau menghitung struktur bangunan atas yang meliputi pelat lantai jembatan, gelagar memanjang, gelagar melintang, rangka tiang baja dan rangka lengkung. Setiap bagian akan dideskripsikan secara detail pada sub-sub bab berikut. Bagan alur perencanaan jembatan dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.2 Preliminary Design

Preliminary Design adalah rancangan awal atau estimasi jenis bahan, kualitas bahan, dan dimensi bahan yang akan digunakan untuk membuat suatu struktur. Penentuan jenis, kualitas, dan dimensi bahan mengacu pada penilaian teknis yang dilakukan oleh seorang perencana. Spesifikasi material struktur dalam perencanaan awal bukanlah spesifikasi yang dilakukan dilapangan, melainkan spesifikasi struktur yang akan dimodelkan dengan software SAP2000 untuk di tes atau di coba dengan pembebanan yang telah diidentifikasi sebelumnya [14].

3.3 Struktur Bangunan Atas Jembatan

Struktur bangunan atas jembatan adalah bagian atas jembatan yang menerima beban langsung yang meliputi beban lalu lintas kendaraan, beban dari pejalan kaki, dan beban mati, untuk selanjutnya di salurkan ke struktur bangunan di bawahnya [15]. Dalam perencanaan jembatan pelengkung rangka baja ini, struktur yang akan dihitung yaitu pelat lantai jembatan, gelagar memanjang dan gelagar melintang serta pelengkung rangka baja.



Gambar 3.1 Bagan alir perencanaan struktur bangunan atas jembatan Pelengkung Rangka Baja

3.3.1. Perencanaan pelat lantai jembatan

Pelat lantai merupakan komponen jembatan yang memiliki fungsi utama untuk menyalurkan beban sepanjang potongan melintang jembatan. Pelat lantai di definisikan sebagai bagian yang menyatu dengan sistem struktur yang lain yang di desain untuk menyalurkan beban-beban sepanjang bentang jembatan [16]. Adapun langkah-langkah perencanaan yang digunakan untuk merencanakan pelat lantai jembatan yaitu:

1. Menghitung dimensi sandaran yang direncanakan.
2. Menentukan tebal minimum pelat lantai menggunakan rumus:

$$ts \geq (200) \text{ mm} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$ts \geq (100 + 40 L) \text{ mm} \dots\dots\dots (3.2)$$

di mana:

L = Bentang dari pelat lantai (m).

ts = Tebal minimum pelat lantai.

3. Menghitung beban-beban yang terjadi pada pelat lantai dengan pedoman SNI 1725:2016 tentang standar pembebanan jembatan.
4. Menghitung momen pada pelat bagian tepi dengan persamaan:

$$M = (\frac{1}{8} \times q \times L^2) + (P \times L) \dots\dots\dots (3.3)$$

di mana:

M = Momen pada bagian pelat tepi (ton.m).

q = Beban mati yang terjadi pada pelat (ton/m²).

P = Beban terpusat (ton/m²).

L = Panjang trotoar (m).

5. Menghitung momen pada pelat bagian tengah dengan persamaan:

$$M = (\frac{1}{8} \times DL + D) \times L^2 + (\frac{1}{2} \times P \times L/2) \dots\dots\dots (3.4)$$

di mana:

DL = Jumlah beban mati pada pelat bagian tengah (ton/m²).

D = Beban lajur “D” (ton/m²).

P = Beban truk (ton).

6. Menghitung momen tahanan dengan persamaan:

$$W = \frac{1}{6} \times b \times h^2 \dots\dots\dots (3.5)$$

di mana:

W = Momen tahanan (ton.m).

b = Panjang trotoar (m).

h = Tebal pelat lantai (m).

7. Menghitung tegangan yang timbul pada pelat lantai dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{M}{W} \dots\dots\dots (3.6)$$

di mana:

σ = Tegangan yang timbul pada pelat lantai (ton/m²).

8. Menghitung rasio tulangan (ρ) dengan persamaan:

$$\rho = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \dots\dots\dots (3.7)$$

di mana:

β_1 = Faktor distribusi tegangan beton (0,85).

f_y = Mutu tulangan (MPa).

f_c' = Mutu beton (MPa).

9. Menghitung rasio tulangan maksimum dan minimum dengan persamaan untuk tulangan maksimum:

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} \dots\dots\dots (3.8)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\min} \dots\dots\dots (3.9)$$

di mana:

$\rho_{\min}$ = Rasio tulangan minimum.

$\rho_{\max}$ = Rasio tulangan maksimum.

10. Menghitung luas tulangan dengan persamaan:

$$A_s = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (3.10)$$

di mana:

A_s = Luas tulangan yang diperlukan (mm^2).

b = Panjang penampang pelat (mm).

d = Tebal pelat lantai (mm).

11. Periksa luas tulangan berdasarkan jarak tulangan yang dihitung dengan persamaan:

$$A_s = \frac{A_s' \times b}{n} > A_s \text{ (yang diperlukan)} \dots\dots\dots (3.11)$$

di mana:

A_s = Luas tulangan (mm^2).

A_s' = Luas tulangan yang digunakan (mm^2).

b = Lebar pelat (mm).

n = Jarak antar tulangan (mm).

3.3.2. Perencanaan gelagar memanjang dan melintang

Gelagar memanjang adalah gelagar yang memiliki fungsi untuk menahan beban dari pelat lantai, lapis perkerasan dan beban air hujan, kemudian disalurkan ke gelagar melintang. Sedangkan gelagar melintang berfungsi untuk menerima limpahan beban dari gelagar memanjang kemudian menyalurkan ke rangka baja jembatan. Adapun langkah-langkah yang digunakan untuk perencanaan pada gelagar memanjang dan melintang, yaitu:

1. Masukkan data perencanaan yang akan digunakan untuk menghitung perencanaan gelagar memanjang dan melintang, seperti: tebal pelat jembatan, tebal lapis perkerasan, tinggi trotoar, tinggi sandaran, jarak antar gelagar, berat isi beton bertulang, dan berat isi aspal.
2. Menghitung momen lentur pada gelagar tepi dan gelagar tengah memanjang.
3. Menghitung beban mati dan beban hidup yang bekerja pada gelagar memanjang dengan ketentuan SNI 1725:2016.
4. Menghitung beban mati total dengan menggunakan persamaan:

$$q_{DL} = q_{D1} + q_E + q_{D3} \dots\dots\dots (3.12)$$

di mana:

- q_{DL} = Beban mati total (kg/m).
 q_{D1} = Beban mati akibat plat lantai dan trotoar (kg/m).
 q_E = Beban mati ekivalen (kg/m).
 q_{D3} = Berat sendiri gelagar (kg/m).

5. Menghitung gaya geser maksimum akibat beban mati dengan menggunakan persamaan:

$$V_{DLmax} = \frac{1}{2} \times q_{DL} \times L \dots\dots\dots (3.13)$$

di mana:

- V_{DLmax} = Gaya geser maksimum akibat beban mati (kg).
 L = Bentang gelagar (m).

6. Menghitung momen maksimum akibat beban mati dengan menggunakan persamaan:

$$M_{DLmax} = \frac{1}{8} \times q_{DL} \times L \dots\dots\dots (3.14)$$

di mana:

- M_{DLmax} = Momen geser maksimum akibat beban mati (kgm).

7. Menghitung beban hidup yang bekerja pada gelagar memanjang yang terdiri dari beban terbagi rata "q", beban lajur "D" dan beban garis "P".
8. Menghitung gaya geser maksimum akibat beban hidup dengan persamaan:

$$V_{LLmax} = \frac{1}{2} \times p' + \frac{1}{2} \times q_{tot} \times L \dots\dots\dots (3.15)$$

di mana:

V_{LLmax} = Gaya geser maksimum akibat beban hidup (kg).

p' = Beban garis pada gelagar (kg).

q_{tot} = Beban hidup terbagi rata pada gelagar (kg/m).

9. Menghitung momen maksimum akibat beban hidup dengan persamaan:

$$M_{LLmax} = \frac{1}{8} \times q_{tot} \times L^2 + \frac{1}{4} \times p' \times L \dots\dots\dots (3.16)$$

di mana:

M_{LLmax} = Momen maksimum akibat beban hidup (kgm)

10. Menghitung gaya geser total pada gelagar tepi dan gelagar tengah dengan menjumlahkan gaya geser akibat beban mati dan gaya geser akibat beban hidup.
11. Menghitung momen total pada gelagar tepi dan gelagar tengah dengan menjumlahkan momen maksimum akibat beban mati dan momen maksimum akibat beban hidup.
12. Menghitung dimensi pada profil gelagar tepi dan gelagar tengah.
13. Menghitung lendutan ijin yang di syaratkan dengan rumus:

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{500} \dots\dots\dots (3.17)$$

di mana:

δ = Lendutan yang diijinkan (cm).

L = Panjang gelagar (m).

14. Kontrol profil baja terhadap lendutan (δ) dengan persamaan:

$$\delta = \frac{5 \times (qDL + q_{tot}) \times L^4}{384 \times E \times I_x} + \frac{p \times L^2}{48 \times E \times I_x} < \delta_{ijin} \dots\dots\dots (3.18)$$

di mana :

I_x = Momen inersia profil baja (cm^4).

p = Beban gandar (kg).

E = Modulus elastisitas baja (kg/cm^2).

15. Kontrol terhadap tegangan lentur pada penampang dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{M_{tot}}{\text{Momen lawan } x} < \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.19)$$

di mana:

M_{tot} = Momen total pada gelagar (kgm).

σ = Tegangan lentur pada penampang profil baja (kg/cm^2).

$\bar{\sigma}$ = Tegangan ijin baja (kg/cm^2).

16. Kontrol terhadap tegangan geser pada penampang (τ) dengan persamaan:

$$\tau = \frac{V_{max}}{A_{web}} < \bar{\tau} \dots\dots\dots (3.20)$$

di mana:

V_{max} = Gaya geser maksimum (kg).

A_{web} = Luas area bagian badan (cm^2).

$\bar{\tau}$ = Tegangan geser ijin (kg/cm^2).

17. Menghitung beban mati pada kondisi sebelum dibebani atau pre komposit yang bekerja pada gelagar melintang sesuai dengan SNI 1725:2016.

18. Menghitung reaksi perletakkan dengan menggunakan persamaan:

$$R_A = R_B = \frac{(P_4) + (2 \times (P_1 + P_2 + P_3)) + (qE + L)}{2} \dots\dots\dots (3.21)$$

di mana:

R_{A-B} = Reaksi perletakkan pada gelagar (kg).

P = Beban terpusat (kg).

L = Panjang penampang (m).

19. Menghitung momen maksimum akibat beban mati dengan persamaan:

$$M_{\max} = (R_{AV} \times L) - ((P_1 + P_2 + P_3)) \times L - (P_4 \times L) - (q_E \times L \times \frac{1}{2} L) \dots \dots \dots (3.22)$$

di mana:

$M_{\max}$ = Momen maksimum akibat beban mati (kgm).

20. Menghitung gaya geser pada gelagar dengan persamaan:

$$V_P = \frac{1}{2} \times q \times L \dots \dots \dots (3.23)$$

di mana:

V_P = Gaya geser pada gelagar (kg).

q = Berat sendiri gelagar (kg/m)

L = Bentang jembatan (m).

21. Menghitung momen pada gelagar dengan persamaan:

$$M_P = \frac{1}{8} \times q \times L^2 \dots \dots \dots (3.24)$$

Di mana:

M_P = Gaya momen pada gelagar (kg).

22. Menghitung gaya geser pada kondisi pra-komposit dengan persamaan:

$$V_{PRA} = R_{AV} + V_P \dots \dots \dots (3.25)$$

di mana:

V_{PRA} = Gaya geser pada kondisi pra komposit (kg)

23. Menghitung gaya momen yang bekerja pada kondisi pra komposit dengan persamaan:

$$M_{PRA} = M_{max} + M_P \dots\dots\dots (3.26)$$

di mana:

M_{PRA} = Gaya momen yang bekerja pada kondisi pra komposit (kgm).

24. Menghitung dimensi gelagar melintang sama seperti gelagar memanjang.
25. Kontrol lendutan yang terjadi akibat beban terpusat di tepi, di tengah, dan akibat berat sendiri gelagar melintang.
26. Menghitung lendutan total pada kondisi pra komposit dengan menjumlahkan kontrol lendutan akibat beban terpusat di tepi, ditengah, dan akibat berat sendiri gelagar melintang.
27. Menghitung lendutan ijin pada gelagar melintang sama seperti menghitung lendutan ijin pada gelagar memanjang.
28. Menghitung tegangan geser yang bekerja pada penampang dengan menggunakan rumus:

$$\tau = \frac{VPRA \times S_x}{b \times I_x} < \bar{\tau} \dots\dots\dots (3.27)$$

di mana:

b = Tebal badan penampang baja (mm).

S_x = Kekuatan pada sambungan (cm³).

29. Kontrol tegangan ijin di tengah bentang dengan persamaan:

$$\tau_i = \sqrt{\sigma^2 + (3 \times \tau^2)} < \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.28)$$

di mana:

τ_i = Tegangan ijin di tengah bentang (kg/cm²).

30. Menghitung gelagar pada kondisi setelah dibebani atau post komposit.

31. Menghitung beban mati dan beban hidup pada gelagar melintang sama seperti pada gelagar memanjang.
32. Menghitung momen yang bekerja pada gelagar melintang pada kondisi post komposit dengan menjumlahkan momen pada kondisi pra komposit dan semua momen yang terjadi pada kondisi post komposit.
33. Menghitung gaya geser yang bekerja pada gelagar melintang pada kondisi post komposit dengan menjumlahkan gaya geser pada kondisi pra komposit dan semua gaya geser yang terjadi pada saat kondisi post komposit.
34. Menghitung lebar efektif pada gelagar komposit dengan syarat:

$$b_{eff} \leq \frac{1}{4} \text{ bentang}$$

$$b_{eff} \leq \text{jarak antar gelagar}$$

$$b_{eff} \leq 12 \times \text{tebal pelat}$$

35. Menghitung luas baja gelagar komposit dengan menjumlahkan luas baja ekuivalen dan luas penampang profil baja.
36. Kontrol terhadap tegangan lentur pada bagian atas dan bawah pelat beton dengan persamaan:

$$\sigma_c = \frac{M_{post} \times (h+t-y)}{n \times I_k} < \bar{\sigma}_c \dots \dots \dots (3.29)$$

$$\sigma_c = \frac{M_{post} \times (h-y)}{n \times I_k} < \bar{\sigma}_c \dots \dots \dots (3.30)$$

di mana:

σ_c = Tegangan lentur (kg/cm²).

$\bar{\sigma}_c$ = Tegangan lentur ijin (kg/cm²).

M_{post} = Jumlah momen yang bekerja (kgm).

h = Tinggi badan profil baja (cm).

t = Tebal plat (cm).

n = Angka ekuivalensi

I_k = Momen inersia penampang komposit (cm⁴).

37. Kontrol terhadap tegangan lentur sayap atas dan bawah profil baja dengan persamaan:

$$\sigma_{BS} = \frac{M_{tot}x(\frac{h}{2})}{I_x} + \frac{M_2 + M_3x(h-y)}{I_k} < \bar{\sigma}_c \dots \dots \dots (3.31)$$

$$\sigma_{BS} = \frac{M_{tot}x(\frac{h}{2})}{I_x} + \frac{M_2 + M_3xy}{I_k} < \bar{\sigma}_c \dots \dots \dots (3.32)$$

di mana:

σ_{BS} = Tegangan lentur pada sayap atas profil baja (kg/cm²).

38. Kontrol terhadap tegangan geser yang bekerja pada gelagar dengan persamaan:

$$\tau = \frac{V_{post}x(S_{x1}+S_{x2})}{t_1 x I_x} < \bar{\tau} \dots \dots \dots (3.33)$$

di mana:

V_{post} = Jumlah gaya geser yang bekerja pada gelagar(kg).

S_x = Statis momen terhadap garis netral komposit (cm³).

t_1 = Tebal badan profil baja (cm).

39. Kontrol terhadap lendutan akibat beban mati (δ_1) dan akibat beban hidup (δ_2) dengan persamaan:

$$\delta_1 = \left(\frac{5 x q x L^4}{384 EI_x} \right) + \sum \left(\frac{P_1 x a}{24 EI_x} x (3L^4 - 4a^2) \right) + \left(\frac{P_2 x L^3}{48 EI_x} \right) \dots \dots \dots (3.34)$$

$$\delta_2 = \frac{5 x q_{ekivalen} x L^4}{384 EI_k} = \frac{5 x 6864,4 x 1010^4}{384 (2,1 x 10^6) 549590,698} \dots \dots \dots (3.35)$$

di mana:

q = Beban merata (kg/m).

L = Panjang beban (cm).

a = Lebar beban (cm).

40. Menghitung lendutan total dengan menjumlahkan lendutan akibat beban mati dan beban hidup.

41. Menghitung *shear connector* dengan persamaan:

$$Q = 0,0005 \times A_s \times \sqrt{f'_c \times E_c} \dots\dots\dots (3.36)$$

di mana:

Q = Kekuatan stud (kg).

E_c = Modulus elastisitas beton (kg/cm²).

42. Menghitung sambungan las untuk gelagar melintang dan memanjang dengan persamaan:

$$P = 0,58 \times \sigma \times F \dots\dots\dots (3.37)$$

di mana:

P = Kekuatan las (kg).

F = Luas bidang las (cm²).

43. Menghitung sambungan baut untuk gelagar melintang dan memanjang dengan persamaan:

$$n = \frac{P}{\tau \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right)} \dots\dots\dots (3.38)$$

di mana:

n = Jumlah sambungan baut.

P = Gaya batang (kg).

d = Diameter baut (cm).

3.3.3. Perencanaan rangka pelengkung bangunan atas jembatan

Pada perencanaan rangka pelengkung bangunan atas atau rangka utama, akan digunakan langkah-langkah perhitungan dan menganalisa, yaitu:

1. Masukkan data rencana untuk menghitung rangka utama, antara lain: tebal pelat lantai, tebal perkerasan, tebal trotoar, lebar trotoar, gelagar memanjang, gelagar melintang, dan berat jenis beton.

2. Menghitung beban – beban dan gaya – gaya yang bekerja pada rangka menggunakan program SAP2000.
3. Menghitung beban mati, beban hidup, gaya rem dan beban angin yang bekerja sesuai dengan SNI 1725:2016.
4. Menentukan beban gempa dengan menggunakan data respon spectrum.
5. Menghitung pendimensian rangka pelengkung, rangka diagonal pelengkung, rangka tiang baja, rangka diagonal tiang baja dengan memasukkan profil baja yang sesuai dan dapat digunakan dalam perencanaan.
6. Menghitung stabilitas terhadap bahaya tekuk pada batang tekan di setiap rangka menggunakan persamaan:

$$\frac{P \times \omega}{F} < \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.39)$$

di mana:

P = Gaya tekan pada batang tersebut (kg)

F = Luas penampang (cm²).

ω = Faktor tekuk baja.

σ̄ = Tegangan ijin baja (kg/cm²).

7. Memeriksa tegangan yang bekerja pada batang di setiap rangka dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.40)$$

di mana:

σ = Tegangan (kg/cm²).

P = Gaya batang (kg)

A = Luas profil baja (cm²).

8. Memeriksa nilai rasio batang tekan di setiap rangka dengan menggunakan persamaan:

$$n = \frac{\sigma}{\bar{\sigma}} < 1,00 \dots\dots\dots (3.41)$$

di mana:

n = Nilai rasio batang tekan.

9. Memeriksa kelangsingan penampang baja (λ) batang tekan dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Sayap} = \frac{b}{2 \times t_2} < \lambda_r \dots\dots\dots (3.42)$$

$$\text{Badan} = \frac{h}{t_1} < \lambda_r \dots\dots\dots (3.43)$$

di mana:

h = Dimensi tinggi badan profil baja (mm).

b = Dimensi lebar sayap profil baja (mm).

t1 = Tebal badan profil baja (mm).

t2 = Tebal sayap profil baja (mm).

10. Menghitung daya dukung nominal batang tekan dengan menggunakan persamaan:

$$N_n = A_g \times \frac{f_y}{\phi} \dots\dots\dots (3.44)$$

di mana:

N_n = Daya dukung nominal batang (t).

A_g = Luas penampang batang tekan (cm²).

11. Menghitung gaya tarik yang terjadi pada batang di setiap rangka.

12. Memeriksa tegangan yang terjadi di batang tarik dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{F_{nt}} < \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.45)$$

di mana:

P = gaya batang (kg).

F_{nt} = tegangan tarik nominal (cm²)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Bab ini disusun berdasarkan langkah-langkah perencanaan yang dibuat pada Bab III. Di dalam bab ini perhitungan perencanaan akan dibagi menjadi dua bagian, bagian pertama adalah *preliminary design* yang meliputi desain awal dan penetapan spesifikasi teknis yang digunakan dalam perencanaan jembatan pelengkung rangka baja. Bagian kedua yaitu perhitungan dan perencanaan struktur bangunan atas jembatan pelengkung rangka baja.

4.2 Preliminary Design

Sebelum menghitung struktur bangunan atas jembatan pelengkung rangka baja, dibutuhkan spesifikasi, data perencanaan untuk jembatan pelengkung rangka baja dan desain penampang jembatan seperti pada gambar 4.1 dan gambar 4.2.

4.2.1 Data perencanaan jembatan

Direncanakan jembatan seperti data berikut:

- Bentang jembatan = 150 m
- Lebar jembatan = 10,10 m
- Lebar lajur kendaraan = (2 x 3,75) m
- Mutu beton = K350 = 29,05 MPa = 2962 ton/m²
- Berat jenis beton = 2,4 ton/m³
- Mutu baja = BJ 55 (fu' = 550 MPa dan fy' = 410 MPa)
- Berat jenis baja = 7,85 t/m³ = 7850 kg/m³
- Lebar lantai trotoar = 2 x 1,3 m
- Tinggi pelengkung = 28 m
- Tinggi jembatan = 30 m
- Tinggi trotoar = 0,25 m

-
- Technical drawing of a bridge cross-section. The bridge features a parabolic arch supported by two vertical piers. The top span is divided into 15 equal segments, each labeled 7,5. The total height of the bridge is 30, and the base width is 150. The drawing includes a detailed view of the arch structure and the supporting piers.

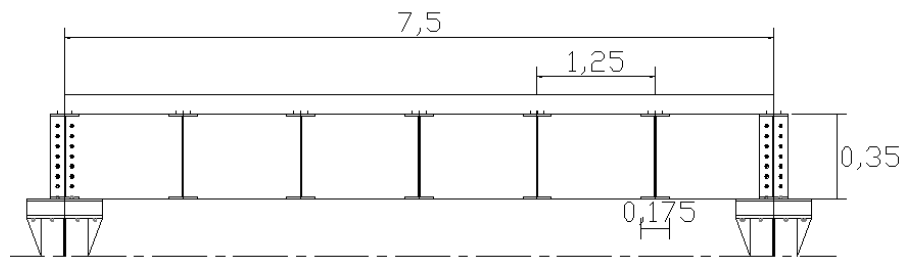
Gambar 4.1 Penampang memanjang jembatan

The diagram illustrates the cross-section of a bridge deck. It features a central roadway flanked by sidewalks. The dimensions are as follows:

- Central Roadway (Gelagar memanjang):** Divided into seven lanes with widths of 125, 125, 125, 125, 125, 125, and 130.
- Sidewalks (Trottoir):** Each sidewalk has a width of 375.
- Bridge Deck (Gelagar melintang):** The total width of the bridge deck is 150.

The diagram also includes a watermark of the Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) logo, which features a crescent moon, a star, and an open book.

36



Gambar 4.3 Jarak gelagar

4.3 Perhitungan Pelat Lantai Jembatan

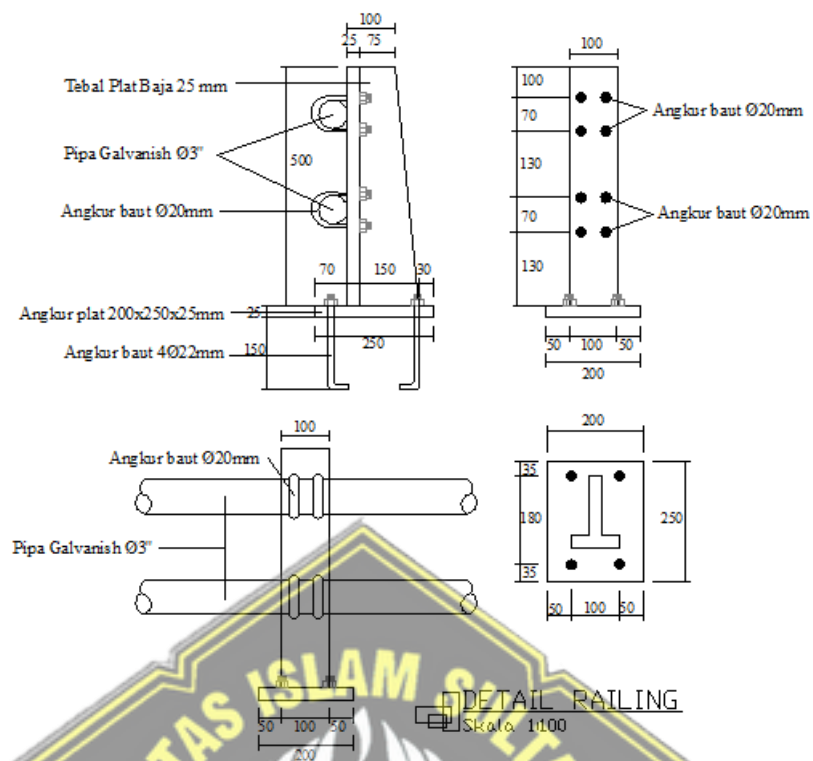
Perhitungan pelat lantai jembatan dimulai dengan menghitung dimensi sandaran, menghitung tebal lantai kendaraan, yang merupakan beban mati yang membebani balok jembatan.

4.3.1. Perhitungan dimensi sandaran

Tiang-tiang sandaran pada setiap tepi jembatan harus diperhitungkan agar dapat menahan beban horizontal sebesar 100 kg/m^2 yang bekerja pada tinggi 0,9 m diatas trotoar. Rencana sandaran dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Data-data perencanaan sandaran adalah sebagai berikut:

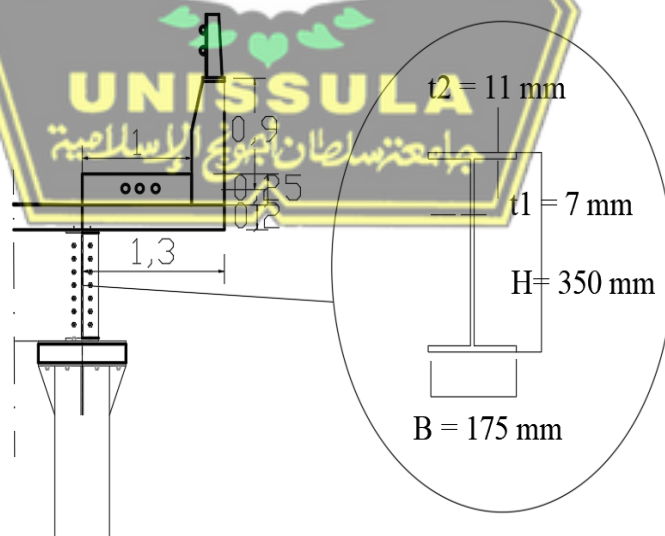
- Tulangan pokok berdiameter (d_p) = 0,013 m
- Kuat tarik besi tulangan (f_y) = 240 MPa
- Kuat tekan beton (f_c') = 29,05 MPa = 2962 t/m²
- Faktor distribusi tegangan benton (β_1) = 0,85
- Faktor distribusi tegangan lentur (θ) = 0,9
- Diameter pipa sandaran = 3 inchi = 7 cm



Gambar 4.4 Rencana sandaran jembatan

4.3.2. Perhitungan tebal pelat lantai jembatan bagian tepi

Rencana pelat lantai jembatan bagian tepi dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Detail plat lantai bagian tepi

Data yang digunakan untuk perencanaan pelat lantai kendaraan bagian tepi adalah sebagai berikut:

- Mutu beton (f_c') = 29,05 MPa = 2962 t/m²
- Mutu tulangan (f_y) = 410 MPa = 4180,84 kg/cm²
- Tebal pelat lantai (ditaksir) = 0,20 m
- Diameter tulangan rencana = 0,013 m
- Tebal selimut beton = 0,025 m
- Tebal perkerasan = 0,05 m
- Tebal trotoar = 0,25 m
- Berat jenis beton = 24 kN/m³ = 2400 kg/m³

a. Pembebanan pada plat bagian tepi:

- Berat sendiri pelat = $d \times \gamma_c = 0,2 \text{ m} \times 2,4 \text{ ton/m}^3 = 0,48 \text{ ton/m}^2$
- Beban trotoar = $d \times \gamma_{\text{beton}} = 0,25 \text{ m} \times 2,4 \text{ ton/m}^3 = 0,6 \text{ ton/m}^2$
- Beban sandaran = $d \times \gamma_{\text{beton}} = 0,9 \text{ m} \times 2,4 \text{ ton/m}^3 = 2,16 \text{ ton/m}^2$
- Beban pejalan kaki = 0,5 ton/m²

b. Perhitungan momen pada plat bagian tepi:

$$\begin{aligned}
 M &= \left(\frac{1}{8} \times q \times L^2\right) + (P \times L) \dots\dots\dots (3.3) \\
 &= \left(\frac{1}{8} \times 1,08 \times 1,3^2\right) + (2,16 \times 1,3) + (0,5 \times 1,3) \\
 &= (0,22 + 2,808 + 0,65) \text{ ton.m} \\
 &= 3,678 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan momen tahanan:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{1}{6} \times b \times h^2 \dots\dots\dots (3.5) \\
 &= \frac{1}{6} \times 1,3 \times 0,20^2 \\
 &= 0,009 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

d. Tegangan yang timbul pada pelat lantai bagian tepi adalah:

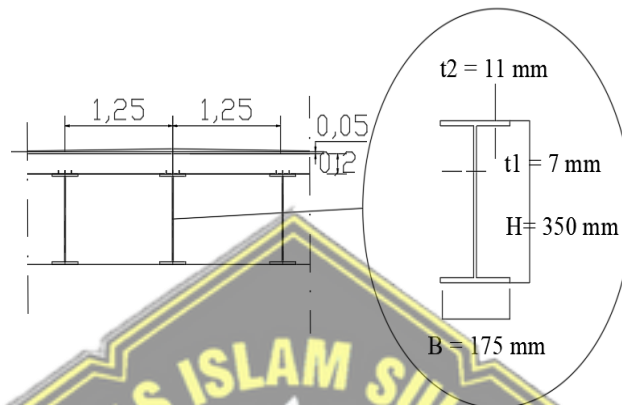
$$\sigma = \frac{M}{W} \dots\dots\dots (3.6)$$

$$= \frac{3,678}{0,009}$$

$$= 408,7 \text{ ton/m}^2 < \sigma_{fc'} = 2962 \text{ ton/m}^2$$

4.3.3. Perhitungan tebal pelat lantai jembatan bagian tengah

Rencana pelat lantai jembatan bagian tengah dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Detail plat lantai bagian tengah

Data yang digunakan untuk perencanaan pelat lantai kendaraan bagian tengah adalah sebagai berikut:

- Mutu beton ($f_{c'}$) = 29,05 MPa = 2962 t/m²
- Mutu tulangan (f_y) = 410 MPa = 4180,84 kg/cm²
- Tebal pelat lantai (ditaksir) = 0,20 m
- Diameter tulangan rencana = 0,013 m
- Tebal selimut beton = 0,025 m
- Tebal lapisan aspal = 0,05 m
- Berat air hujan = 0,05 m
- Tebal trotoar = 0,25 m
- Berat jenis beton = 24 kN/m³ = 2400 kg/m³

a. Pembebanan pada plat bagian tengah:

- Berat aspal = $d \times \gamma_c$ = 0,05 m x 2,4 ton/m³ = 0,12 ton/m²
 - Berat sendiri pelat = $d \times \gamma_c$ = 0,2 m x 2,4 ton/m³ = 0,48 ton/m²
 - Berat air hujan = $d \times \gamma_{air}$ = 0,05 m x 1 ton/m³ = 0,05 ton/m²
- Jumlah beban = 0,12 + 0,48 + 0,05 = 0,65 ton/m²

- Perhitungan plat lantai bagian tengah dengan beban kendaraan:

Beban kendaraan pada pelat lantai berupa beban lajur ‘D’ dan beban truk (beban “T”).

- Perhitungan dengan beban lajur ‘D’

Beban Terbagi Rata

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

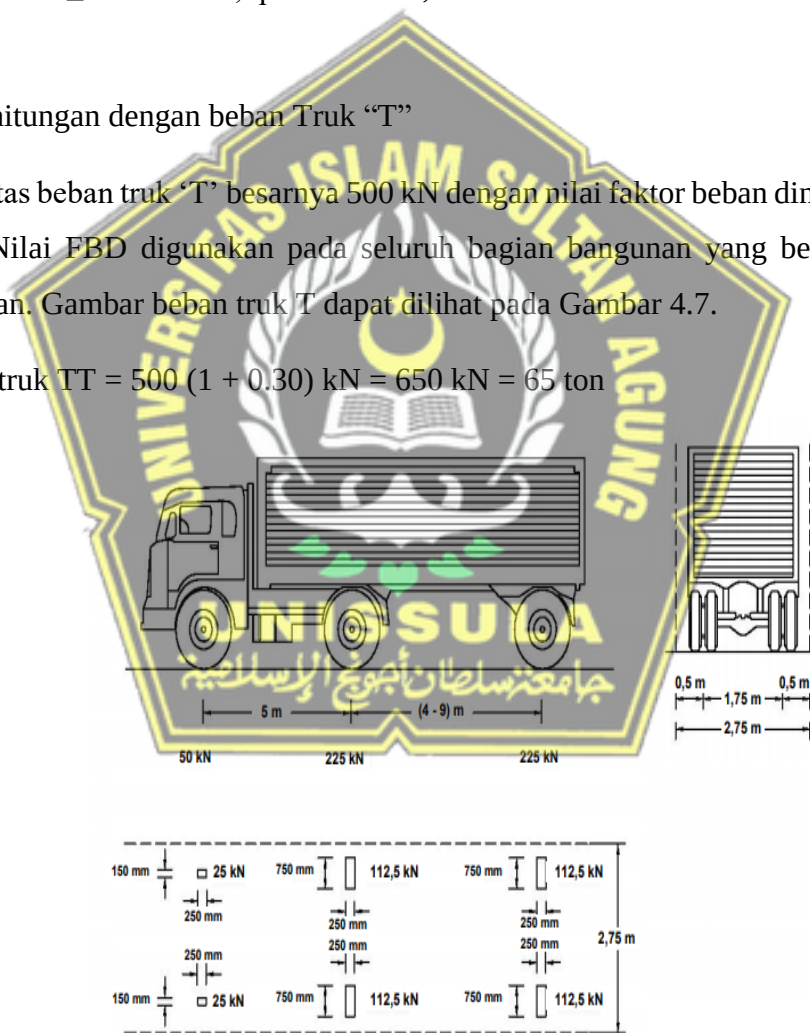
Jika $L > 30$ m maka, $q = 9 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right)$ kPa

$L = 1,25$ m ≤ 30 m maka, $q = 9$ kPa = $0,9$ t/m²

- Perhitungan dengan beban Truk “T”

Intensitas beban truk ‘T’ besarnya 500 kN dengan nilai faktor beban dinamis (FBD) 30%. Nilai FBD digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada di atas jembatan. Gambar beban truk T dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Beban truk TT = $500 (1 + 0.30)$ kN = 650 kN = 65 ton



Gambar 4.7 Beban truk “T”

- Perhitungan momen pada plat bagian tengah:

$$M = \left(\frac{1}{8} \times (DL + D) \times 1,25^2 \right) + \left(\frac{1}{2} \times P \times 1,25/2 \right) \dots \dots \dots (3.4)$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{1}{8} \times (0,65 + 0,9) \times 1,25^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 65 \times 1,25/2\right) \\
 &= 0,303 + 20,313 \text{ ton.m} \\
 &= 20,616 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan momen tahanan:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{1}{6} \times b \times h^2 \dots\dots\dots (3.5) \\
 &= \frac{1}{6} \times 1,25 \times 0,20^2 \\
 &= 0,0083 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

➤ Tegangan yang timbul pada pelat lantai bagian tengah adalah:

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{M}{W} \dots\dots\dots (3.6) \\
 &= \frac{20,616}{0,0083} \\
 &= 2483,9 \text{ ton/m}^2 < \sigma_{fc} = 2962 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Jadi tebal rencana plat 0,20 m dapat dipergunakan.

b. Perhitungan tulangan pelat lantai

➤ Nilai rasio tulangan:

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \dots\dots\dots (3.7) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 29,05}{410} \times \frac{600}{(600 + 410)} \\
 &= 0,0304
 \end{aligned}$$

➤ Rasio tulangan minimum:

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{14}{f_y} \dots\dots\dots (3.8) \\
 &= \frac{14}{410} \\
 &= 0,0034
 \end{aligned}$$

➤ Rasio tulangan maksimum:

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \times 0,0304 \dots\dots\dots (3.9) \\
 &= 0,0228
 \end{aligned}$$

- Nilai ratio tulangan dipilih yang terkecil, sehingga nilai ratio tulangan yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0034$
- Perhitungan luas tulangan pada plat lantai:

$$A_s = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (3.10)$$

$P =$ rasio tulangan = 0,0034

$b =$ panjang penampang plat lantai = 1250 mm = 1,25m

$d =$ tebal sayap balok girder atau tebal plat lantai

$$= 0,0034 \times 1250 \times 200 = 850 \text{ mm}^2$$

$$A_s' \text{ (Luas penampang D13)} = 0,25 \times 3,14 \times 13^2 = 132,7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan } \emptyset 13 - 150 \text{ mm (} A_s = 885 \text{ mm}^2 \text{)}$$

- Periksa luas tulangan berdasarkan jarak tulangan yang dihitung:

$$A_s = \frac{A_s' \times b}{n} > A_s \text{ (yang diperlukan) } \dots\dots\dots (3.11)$$

$$= \frac{132,7 \times 1250}{150} > 850$$

$$= 1105,8 \text{ mm}^2 > 850 \text{ mm}^2$$

Jadi diameter tulangan yang akan digunakan yaitu $\emptyset 13$ dengan jarak 150 mm ($\emptyset 13$ -150 mm).

4.4 Perhitungan Gelagar Memanjang

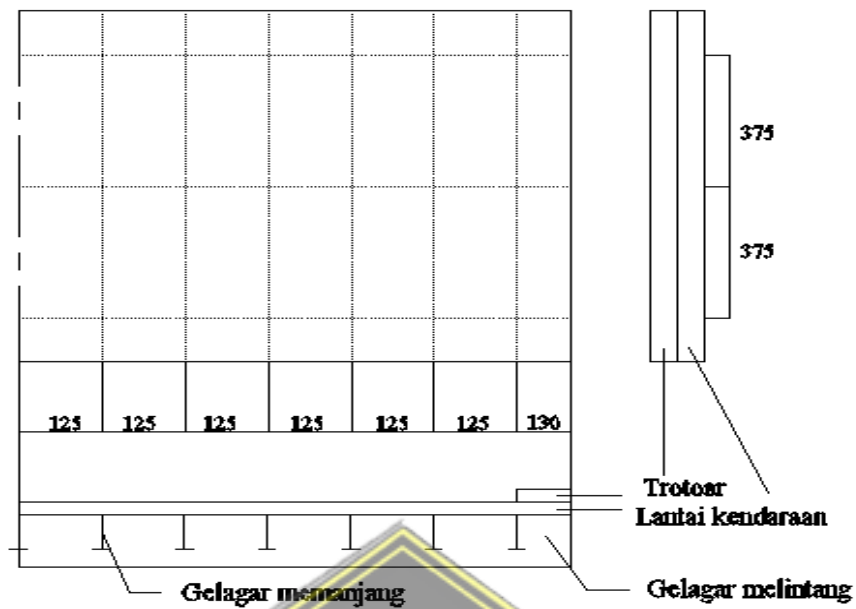
Gelagar memanjang berfungsi menerima beban yang bekerja di atasnya dan menyalurkan ke bangunan di bawahnya. Pembebanan pada gelagar memanjang, yaitu:

- Beban mati :

Beban mati terdiri atas berat sendiri dan beban yang bekerja di atasnya.

- Beban hidup :

Beban hidup di gelagar memanjang adalah beban “D” yang terdiri atas beban terbagi rata “q” dan beban garis “P”.



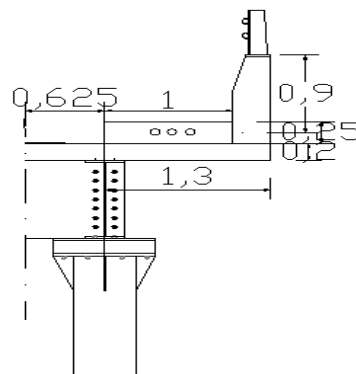
Gambar 4.8 Penampang memanjang jembatan

Data teknis perencanaan gelagar memanjang:

- Tebal plat lantai kendaraan = 0,20 m
- Tebal lapisan perkerasan = 0,05 m
- Tinggi trottoar = 0,25 m
- Tinggi sandaran = 0,9 m
- Jarak antar gelagar melintang = 3,75 m
- Berat isi beton bertulang = 2400 kg/m^3

4.4.1 Perhitungan gelagar tepi

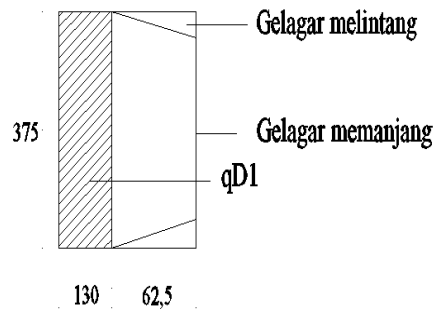
Rencana gelagar bagian tepi dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pembebanan pada Gelagar Bagian Tepi

1. Perhitungan momen lentur pada gelagar tepi

a. Beban Mati



Gambar 4.10 Beban mati (q_{D1}) pada gelagar tepi memanjang

➤ Beban mati (q_{D1}) akibat plat lantai trotoar dan beban di atasnya:

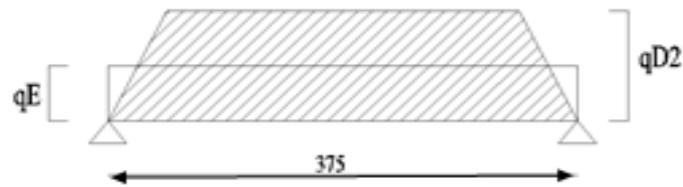
Beban air hujan	$= 0,05 \times 1,3 \times 1000$	$= 65 \text{ kg/m}$
Beban trotoar	$= 0,25 \times 1,3 \times 2400$	$= 780 \text{ kg/m}$
Beban plat lantai	$= 0,2 \times 1,3 \times 2400$	$= 624 \text{ kg/m}$
Beban sandaran	$= 0,9 \times 1,3 \times 2400$	$= 2808 \text{ kg/m}$
	q_{D1}	$= 4277 \text{ kg/m}$



Gambar 4.11 Beban mati (q_{D2}) pada gelagar tepi memanjang

➤ Beban mati (q_{D2}) akibat plat lantai dan beban di atasnya:

Beban air hujan	$= 0,05 \times 0,625 \times 1000$	$= 31,25 \text{ kg/m}$
Beban perkerasan	$= 0,05 \times 0,625 \times 2400$	$= 75 \text{ kg/m}$
Beban pelat lantai	$= 0,2 \times 0,625 \times 2400$	$= 300 \text{ kg/m}$
Beban sandaran	$= 0,9 \times 0,625 \times 2400$	$= 1350 \text{ kg/m}$
	q_{D2}	$= 1756,25 \text{ kg/m}$



Gambar 4.12 Beban ekivalen (qE) pada gelagar tepi memanjang

Beban trapesium diubah menjadi beban ekivalen :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{qD2}{24} \times (3L^2 - 4a^2) &= \frac{qE}{8} \times L^2 \\
 &= \frac{1756,25}{24} \times (3 \times 3,75^2 - 4 \times 0,625^2) &= \frac{qE}{8} \times 3,75^2 \\
 &&qE &= 1697,5 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Berat sendiri pada profil gelagar memanjang ($qD3$) = 49,6 kg/m

(Diasumsikan menggunakan profil IWF (350 x 175 x 7 x 11))

$$\begin{aligned}
 \text{beban mati total (qDL)} &= qD1 + qE + qD3 \dots\dots\dots (3.12) \\
 &= 4277 + 1697,5 + 49,6 \\
 &= 6024 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Gaya geser maksimum akibat beban mati (V_{DLmax}):

$$\begin{aligned}
 V_{DLmax} &= \frac{1}{2} \times qDL \times L \dots\dots\dots (3.13) \\
 &= \frac{1}{2} \times 6024 \times 3,75 \\
 &= 11295 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Momen maksimum akibat beban mati (M_{DLmax}):

$$\begin{aligned}
 M_{DLmax} &= \frac{1}{8} \times qDL \times L \dots\dots\dots (3.14) \\
 &= \frac{1}{8} \times 6024 \times 3,75 \\
 &= 2823,75 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

b. Beban Hidup

➤ Beban terbagi rata (q)

Bentang jembatan = 150 m, maka:

$$\begin{aligned} q &= 1,1 \left(1 + \frac{30}{L}\right) \text{ untuk } L > 60 \text{ m} \\ &= 1,1 \left(1 + \frac{30}{150}\right) = 1,32 \text{ t/m} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan momen dan gaya lintang:

$$\text{Beban terbagi rata (q')} = \frac{q}{2,75} \times \alpha \times s'$$

di mana:

α = faktor distribusi, $\alpha = 0,75$ bila kekuatan gelagar melintang diperhitungkan, $\alpha = 1,00$ bila kekuatan gelagar melintang tidak diperhitungkan.

s' = lebar pengaruh beban hidup pada gelagar tepi

$$s' = \frac{1,25 \times 1}{2} = 0,625$$

$$q' = \frac{q}{2,75} \times \alpha \times s'$$

$$= \frac{1,32}{2,75} \times 0,75 \times 0,625$$

$$= 225 \text{ kg/m}$$

➤ Ketentuan penggunaan beban “D”

- Jika lebar satu jalur lantai jembatan lebih dari 5,5 m, maka beban “D” 100% dan jika lebar satu jalur lantai jembatan kurang dari 5,5 m, maka beban “D” 50%.

$$q' = 50\% \times 225 \text{ kg/m} = 112,5 \text{ kg/m}$$

- Untuk perhitungan kekuatan gelagar diperhitungkan beban sebesar 60% beban hidup trotoar.

$$\text{Beban hidup pada trotoar} = 500 \text{ kg/m}$$

$$q = 60\% \times (1,30 \times 500) = 390 \text{ kg/m}$$

Beban hidup terbagi rata pada gelagar tepi:

$$\begin{aligned} q_{\text{tot}} &= q' + q \\ &= 112,5 + 390 \\ &= 502,5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

➤ Beban garis “P”

P = 12 ton, untuk perhitungan momen dan gaya lintang:

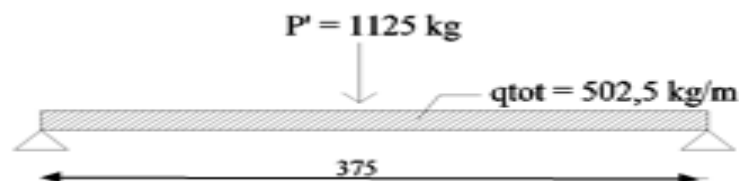
$$\text{Beban garis (P')} = \frac{P}{2,75} \times \alpha \times s' \times K$$

$$\begin{aligned} K &= 1 + \left(\frac{20}{(50+L)} \right) \\ &= 1 + \left(\frac{20}{(50+150)} \right) = 1,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P' &= \frac{P}{2,75} \times \alpha \times s' \times K \\ &= \frac{12}{2,75} \times 0,75 \times 0,625 \times 1,1 \\ &= 2,25 \text{ t} = 2250 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jika lebar satu jalur lantai jembatan lebih dari 5,5 m, maka beban “D” 100% dan jika lebar satu jalur lantai jembatan kurang dari 5,5 m, maka beban “D” 50%.

$$P' = 50\% \times 2250 = 1125 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.13 Beban garis (P) pada gelagar tepi memanjang

- Gaya geser maksimum akibat beban hidup (V_{LLmax}):

$$\begin{aligned} V_{LLmax} &= \frac{1}{2} p' + \frac{1}{2} q_{tot} L \dots\dots\dots (3.15) \\ &= (\frac{1}{2} 1125) + (\frac{1}{2} 502,5 \times 3,75) \\ &= 1504,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Momen maksimum akibat beban hidup (M_{LLmax}):

$$\begin{aligned} M_{LLmax} &= \frac{1}{8} \times q_{tot} \times L^2 + \frac{1}{4} \times p' \times L \dots\dots\dots (3.16) \\ &= \frac{1}{8} \times 502,5 \times 3,75^2 + \frac{1}{4} \times 1125 \times 3,75 \\ &= 1938 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Gaya geser total pada gelagar tepi:

$$\begin{aligned} V_{tot} &= V_{DLmax} + V_{LLmax} \\ &= 11295 + 1504,7 \\ &= 12799,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Momen total pada gelagar tepi:

$$\begin{aligned} M_{tot} &= M_{DLmax} + M_{LLmax} \\ &= 2823,75 + 1938 \\ &= 4761,75 \text{ kgm} \end{aligned}$$

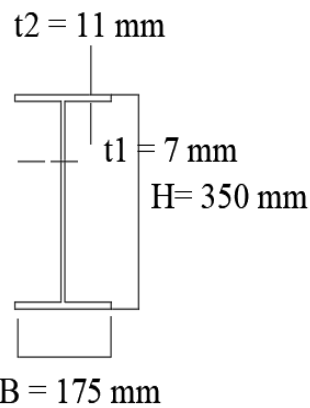
2. Pendimensian profil gelagar tepi

$$M_{tot} = 4761,75 \text{ kgm} = 476175 \text{ kgcm}$$

$$\bar{\sigma}_{Bj 55} = 2733,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_x = \frac{M_{tot}}{\bar{\sigma}} = \frac{476175}{2733,33} = 174,21 \text{ cm}^3$$

Digunakan profil baja IWF 350.175.7.11 seperti pada Gambar 4.14



Gambar 4.14 Profil baja IWF 350.175.7.11

Tabel 4.1 Profil baja IWF 350.175.7.11

Profil IWF	Berat (kg/m)	Ukuran (mm)				
		H	B	t1	t2	r
350 x 175	49,6	350	175	7	11	14

Luas Tampang cm ²	Momen Inersia		Jari-Jari Inersia		Momen Lawan	
	I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	i _x cm	i _y cm	W _x cm ³	W _y cm ³
63,14	13600	984	14,7	3,95	775	112

3. Kontrol terhadap bahan dan tegangan

➤ Kontrol terhadap lendutan (δ)

$$\delta_{\max} = \frac{5 \times (qDL + q_{tot}) \times L^4}{384 E I_x} + \frac{P \times L^3}{48 E I_x} < \delta_{\text{ijin}} \dots\dots\dots (3.18)$$

$$= \frac{5 \times (60,24 + 5,025) \times 375^4}{384 \times (2,1 \times 10^6) \times 13600} + \frac{1125 \times 375^3}{48 \times (2,1 \times 10^6) \times 13600} < \frac{L}{500}$$

$$= 0,63 \text{ cm} < 0,75 \text{ cm} \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

➤ Kontrol terhadap tegangan lentur yang terjadi (σ):

$$\sigma_{\text{terjadi}} = \frac{M_{\text{tot}}}{\text{Momen lawan } x} < \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.19)$$

$$= \frac{476175}{775} < 2733,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 614,4 < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

➤ Kontrol terhadap tegangan geser yang terjadi (τ):

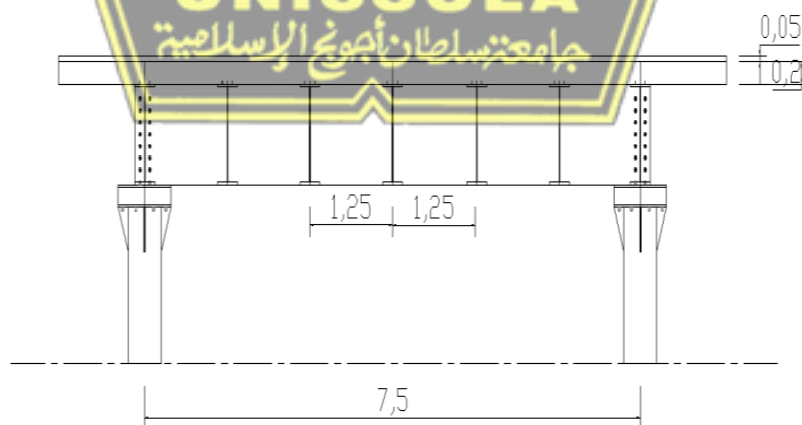
$$\begin{aligned} V_{\max} &= (\frac{1}{2} \times qDL + q_{\text{tot}}) + (\frac{1}{2} \times p) \\ &= (\frac{1}{2} \times (60,24 + 5,025)) + (\frac{1}{2} \times 1125) \\ &= 595 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{web}} &= A_{\text{profil}} - A_{\text{flens}} \\ &= 63,14 - (2 \times (17,5 \times 1,1)) \\ &= 24,64 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\tau_{\text{terjadi}} = \frac{V_{\max}}{A_{\text{web}}} < \bar{\tau} \dots \dots \dots (3.20)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{595}{24,64} < 0,58 \times \bar{\sigma} \\ &= 24,15 \text{ kg/cm}^2 < 1583,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan} \end{aligned}$$

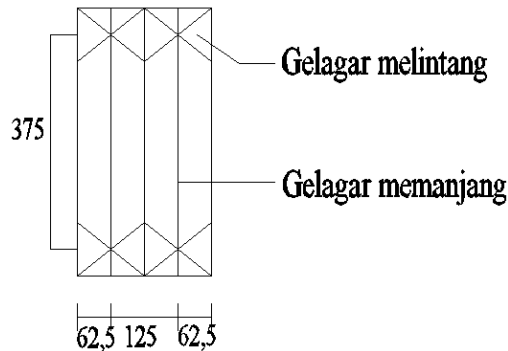
4.4.2 Perhitungan gelagar tengah



Gambar 4.15 Penampang Melintang Gelagar Tengah

1. Perhitungan momen gelagar tengah:

a. Beban Mati



Gambar 4.16 Beban mati (qDL) pada gelagar tengah memanjang

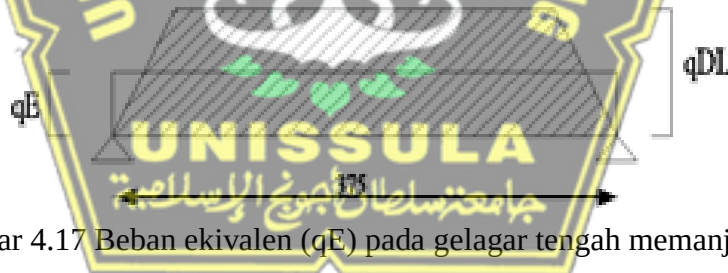
$$\text{Beban aspal} = 0,05 \times 0,625 \times 2400 = 75 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban plat lantai} = 0,2 \times 0,625 \times 2400 = 300 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban air hujan} = 0,05 \times 0,625 \times 1000 = 31,25 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban sandaran} = 0,9 \times 0,625 \times 2400 = 1350 \text{ kg/m}$$

$$qDL = 1756,25 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.17 Beban ekivalen (qE) pada gelagar tengah memanjang

Beban trapesium diubah menjadi beban ekivalen :

$$= \frac{qDL}{24} \times (3L^2 - 4a^2) = \frac{qE}{8} \times L^2$$

$$= \frac{1756,25}{24} \times (3 \times 3,75^2 - 4 \times 0,625^2) = \frac{qE}{8} \times 3,75^2$$

$$qE = 1691 \text{ kg/m}$$

Beban mati yang bekerja pada gelagar tengah = 2 x qE

$$= 2 \times 1691 = 3382 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri gelagar tengah = 49,6 kg/m

Diasumsikan menggunakan profil IWF 350.175.7.11

$$\begin{aligned}\text{Jadi beban mati total (qDL)} &= 3382 + 49,6 \\ &= 3431,6 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

- Gaya geser maksimum akibat beban mati (V_{DLmax}):

$$\begin{aligned}V_{DLmax} &= \frac{1}{2} \times qDL \times L \dots\dots\dots (3.13) \\ &= \frac{1}{2} \times 3431,6 \times 3,75 \\ &= 6434,25 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Momen geser maksimum akibat beban mati (M_{DLmax}):

$$\begin{aligned}M_{DLmax} &= \frac{1}{8} \times qDL \times L \dots\dots\dots (3.14) \\ &= \frac{1}{8} \times 3431,6 \times 3,75 \\ &= 1608,6 \text{ kgm}\end{aligned}$$

b. Beban Hidup

- Beban terbagi rata (q)

Bentang jembatan = 150 m, maka:

$$q = 1,1 \left(1 + \frac{30}{L}\right) \text{ untuk } L > 60 \text{ m}$$

$$= 1,1 \left(1 + \frac{30}{150}\right) = 1,32 \text{ t/m}$$

Untuk perhitungan momen dan gaya lintang:

$$\text{Beban terbagi rata (q')} = \frac{q}{2,75} \times \alpha \times s'$$

di mana:

α = faktor distribusi, $\alpha = 0,75$ apabila kekuatan gelagar memanjang diperhitungkan, $\alpha = 1,00$ apabila kekuatan gelagar memanjang tidak diperhitungkan.

s' = lebar pengaruh beban hidup pada gelagar tengah

$$s' = \frac{1,32 \times 1}{2} = 0,66$$

$$q' = \frac{q}{2,75} \times \alpha \times s'$$

$$= \frac{1,32}{2,75} \times 0,75 \times 0,66$$

$$= 0,238 \text{ t/m} = 238 \text{ kg/m}$$

➤ Ketentuan penggunaan beban “D”

Jika lebar satu jalur lantai jembatan lebih dari 5,5 m, maka beban “D” 100% dan jika lebar satu jalur lantai jembatan kurang dari 5,5 m, maka beban “D” 50%.

$$q' = 100\% \times 238 \text{ kg/m} = 238 \text{ kg/m}$$

➤ Beban garis “P”

$P = 12$ ton, untuk perhitungan momen dan gaya lintang:

$$\text{Beban garis } (P') = \frac{P}{2,75} \times \alpha \times s' \times K$$

$$K = 1 + \left(\frac{20}{(50+L)} \right)$$

$$= 1 + \left(\frac{20}{(50+150)} \right)$$

$$= 1,1$$

$$P' = \frac{P}{2,75} \times \alpha \times s' \times K$$

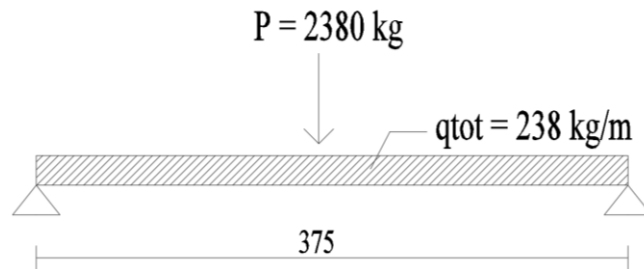
$$= \frac{12}{2,75} \times 0,75 \times 0,66 \times 1,1$$

$$= 2,38 \text{ t} = 2380 \text{ kg}$$

➤ Ketentuan penggunaan beban “D”

Jika lebar satu jalur lantai jembatan lebih dari 5,5 m, maka beban “D” 100% dan jika lebar satu jalur lantai jembatan kurang dari 5,5 m, maka beban “D” 50%.

$$P' = 100\% \times 2380 = 2380 \text{ kg}$$



Gambar 4.18 Beban garis (P) pada gelagar tengah memanjang

- Gaya geser maksimum akibat beban hidup ($V_{LL\text{max}}$) :

$$V_{LL\text{max}} = \frac{1}{2} p' + \frac{1}{2} q_{\text{tot}} L \dots\dots\dots (3.15)$$

$$= (\frac{1}{2} 2380) + (\frac{1}{2} 238 \times 3,75)$$

$$= 1636,25 \text{ kg}$$

- Momen maksimum akibat beban hidup ($M_{LL\text{max}}$) :

$$M_{LL\text{max}} = \frac{1}{8} \times q_{\text{tot}} \times L^2 + \frac{1}{4} \times p' \times L \dots\dots\dots (3.16)$$

$$= \frac{1}{8} \times 238 \times 3,75^2 + \frac{1}{4} \times 2380 \times 3,75$$

$$= 2649,6 \text{ kgm}$$

- Gaya geser total pada gelagar tengah :

$$V_{\text{tot}} = V_{DL\text{max}} + V_{LL\text{max}}$$

$$= 6434,25 + 1636,25$$

$$= 8070,5 \text{ kg}$$

- Momen total pada gelagar tengah :

$$M_{\text{tot}} = M_{DL\text{max}} + M_{LL\text{max}}$$

$$= 1608,6 + 2649,6$$

$$= 4258,2 \text{ kgm}$$

1. Pendimensian profil gelagar tengah

$$M_{tot} = 4258,2 \text{ kgm} = 425820 \text{ kgcm}$$

$$\bar{\sigma}_{Bj 55} = 2733,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_x = \frac{M_{tot}}{\bar{\sigma}} = \frac{425820}{2733,33} = 155,8 \text{ cm}^3$$

Digunakan profil baja IWF 350.175.7.11 gambar dan tabel ukuran profil sama dengan Gambar 4.14 dan Tabel 4.1

2. Kontrol terhadap bahan dan tegangan

- Kontrol terhadap lendutan (δ):

$$\begin{aligned} \delta_{\max} &= \frac{5 \times (qDL + q_{tot}) \times L^4}{384 E I_x} + \frac{P \times L^3}{48 E I_x} < \delta \text{ ijin} \dots\dots\dots (3.18) \\ &= \frac{5 \times (34,316 + 2,38) \times 375^4}{384 \times (2,1 \times 10^6) \times 13600} + \frac{2380 \times 375^3}{48 \times (2,1 \times 10^6) \times 13600} < \frac{L}{500} \\ &= 0,42 \text{ cm} < 0,75 \text{ cm} \rightarrow \text{memenuhi persyaratan} \end{aligned}$$

- Kontrol terhadap tegangan lentur yang bekerja pada gelagar (σ) :

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{terjadi}} &= \frac{M_{tot}}{\text{Momen lawan } x} < \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.19) \\ &= \frac{425820}{775} < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 549,45 < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan} \end{aligned}$$

- Kontrol terhadap tegangan geser yang bekerja pada gelagar (τ):

$$\begin{aligned} V_{\max} &= (\frac{1}{2} \times qDL + q_{tot}) + (\frac{1}{2} \times p) \\ &= (\frac{1}{2} \times (34,316 + 2,38)) + (\frac{1}{2} \times 2380) \\ &= 1230,84 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{web}} &= A_{\text{profil}} - A_{\text{flens}} \\ &= 63,14 - (2 \times (17,5 \times 1,1)) = 24,64 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\tau_{\text{terjadi}} = \frac{V_{\max}}{A_{\text{web}}} < \bar{\tau} \dots\dots\dots (3.20)$$

$$= \frac{1230,84}{24,64} < 0,58 \times 2733,33$$

$$= 49,96 \text{ kg/cm}^2 < 1585,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

4.5 Perhitungan Gelagar Melintang

Pembebanan pada gelagar melintang, yaitu :

- Beban mati:

Beban mati terdiri atas berat sendiri dan beban yang bekerja di atasnya.

- Beban hidup:

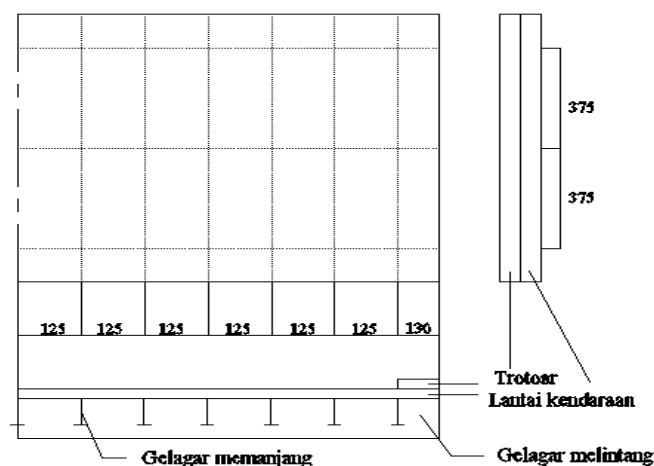
Beban hidup di gelagar memanjang adalah beban “D” yang terdiri atas beban terbagi rata “q” dan beban garis “P”.

Pada jembatan rangka, struktur batang komposit terbentuk dengan gelagar melintang dan plat beton. Struktur batang komposit adalah lekatan antara gelagar melintang dengan plat beton. Untuk menjaga lekatan tersebut harus ada penghubung geser (*shear connector*). *Shear connector* berfungsi untuk menahan gaya geser yang terjadi pada pertemuan gelagar melintang dan plat beton.

4.5.1 Perhitungan kondisi sebelum dibebani

Kondisi sebelum dibebani atau pre-komposit adalah kondisi plat beton belum mengeras dan beban hidup belum bekerja.

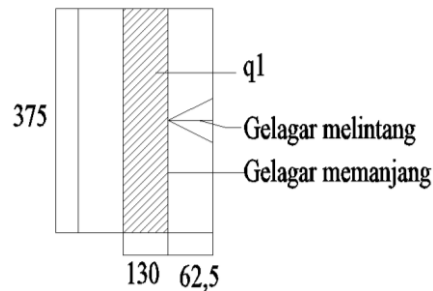
1. Perhitungan momen lentur gelagar melintang



Gambar 4.19 Beban Mati pada kondisi sebelum dibebani

- Beban Mati Pada Kondisi sebelum dibebani

Beban P1



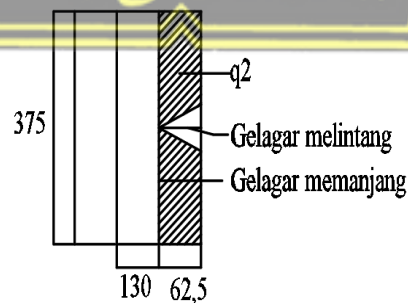
Gambar 4.20 Beban qD1 pada kondisi sebelum dibebani

$$\begin{aligned}
 \text{Beban air hujan} &= 0,05 \times 1,3 \times 1000 = 65 \text{ kg/m} \\
 \text{Beban trotoar} &= 0,25 \times 1,3 \times 2400 = 780 \text{ kg/m} \\
 \text{Beban pelat lantai} &= 0,2 \times 1,3 \times 2400 = 624 \text{ kg/m} \\
 \text{Beban sandaran} &= 0,9 \times 1,3 \times 2400 = 2808 \text{ kg/m} \\
 qD1 &= 4277 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban mati itu merupakan gaya terpusat (P1) yang bekerja pada titik tumpu gelagar melintang:

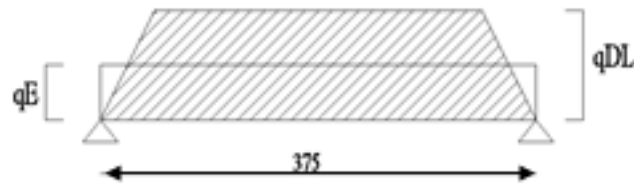
$$\begin{aligned}
 P1 &= q1 \times L \\
 &= 4277 \times 3,75 \\
 &= 16038,75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban P2



Gambar 4.21 Beban P2 pada kondisi sebelum dibebani

$$\begin{aligned}
 \text{Beban plat lantai jembatan} &= 0,20 \times 0,625 \times 2400 = 300 \text{ kg/m} \\
 \text{Beban air hujan} &= 0,05 \times 0,625 \times 1000 = 31,25 \text{ kg/m} \\
 qDL &= 331,25 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.22 Beban ekivalen pada kondisi sebelum dibebani

Beban trapesium diubah menjadi beban ekivalen:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{qDL}{24} \times (3L^2 - 4a^2) &= \frac{qE}{8} \times L^2 \\
 &= \frac{331,25}{24} \times (3 \times 3,75^2 - 4 \times 0,625^2) = \frac{qE}{8} \times 3,75^2 \\
 &qE = 319,13 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban mati tersebut adalah gaya terpusat (P2) yang bekerja pada titik tumpu gelagar melintang:

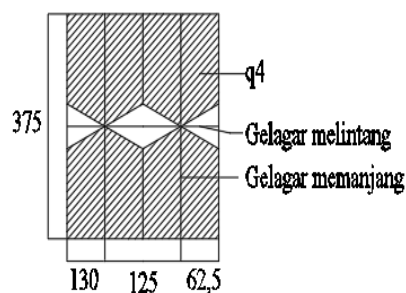
$$\begin{aligned}
 P2 &= qE \times L \\
 &= 319,13 \times 3,75 \\
 &= 1196,73 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban P3

Berat gelagar memanjang IWF $350,175 \times 7,11 = 49,6 \text{ kg/m}$

$$\begin{aligned}
 P3 &= 49,6 \times 3,75 \\
 &= 186 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban P4

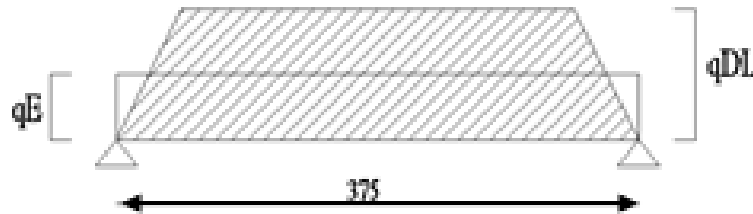


Gambar 4.23 Beban P4 pada kondisi sebelum dibebani

Berat plat lantai kendaraan = $0,20 \times 0,625 \times 2400 = 300 \text{ kg/m}$

Berat air hujan = $0,05 \times 0,625 \times 1000 = 31,25 \text{ kg/m}$

$q_{DL} = 331,25 \text{ kg/m}$



Gambar 4.24 Beban ekivalen pada kondisi sebelum dibebani

Beban trapesium diubah menjadi beban ekivalen:

$$= \frac{q_{DL}}{24} \times (3L^2 - 4a^2) = \frac{q_E}{8} \times L^2$$

$$= \frac{331,25}{24} \times (3 \times 3,75^2 - 4 \times 0,625^2) = \frac{q_E}{8} \times 3,75^2$$

$$q_E = 319,13 \text{ kg/m}$$

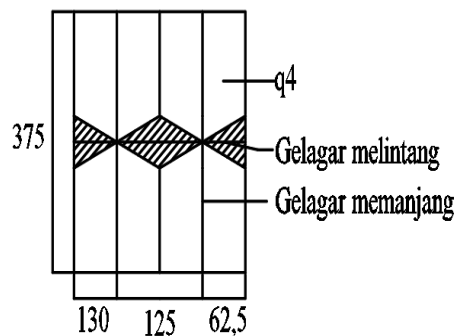
Beban mati tersebut adalah gaya terpusat (P2) yang bekerja pada titik tumpu gelagar melintang:

$$P_4 = (2 \times q_E \times L) + (\text{berat gelagar memanjang})$$

$$= (2 \times 319,13 \times 3,75) + (49,6)$$

$$= 2442 \text{ kg}$$

Beban q4

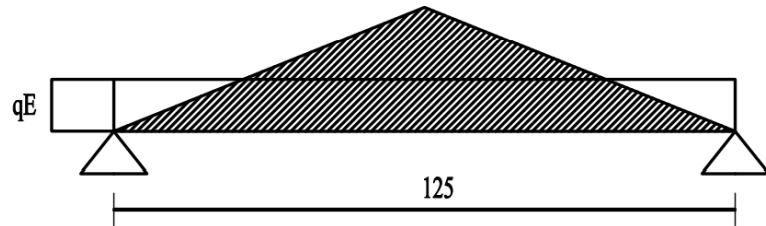


Gambar 4.25 Beban q4 pada kondisi sebelum dibebani

Beban plat lantai jembatan = $0,20 \times 0,625 \times 2400 = 300 \text{ kg/m}$

Beban air hujan = $0,05 \times 0,625 \times 1000 = 31,25 \text{ kg/m}$

$$q_{DL} = 331,25 \text{ kg/m}$$

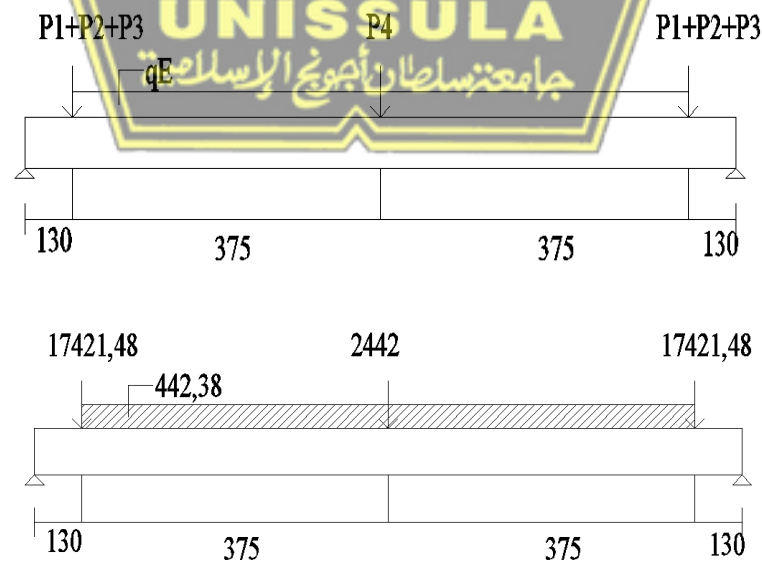


Gambar 4.26 Beban ekivalen pada kondisi sebelum dibebani

Beban trapesium diubah menjadi beban ekivalen:

$$\begin{aligned} &= \frac{q_{DL}}{12} \times L^2 = \frac{qE}{8} \times L^2 \\ &= \frac{331,25}{12} \times 1,25^2 = \frac{qE}{8} \times 1,25^2 \\ &qE = 221,19 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban merata ekivalen yang bekerja} &= 2 \times qE \\ &= 2 \times 221,19 \\ &= 442,38 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



Gambar 4.27 Reaksi perletakan pada kondisi sebelum dibebani

Reaksi perletakkan:

$$R_A = R_B = \frac{(P_4) + (2 \times (P_1 + P_2 + P_3)) + (qE \times L)}{2} \dots\dots\dots (3.21)$$

$$= \frac{(2442) + (2 \times (17421,48)) + (442,38 \times 3,75)}{2} = 18865,55 \text{ kg}$$

Momen maksimum akibat beban mati :

$$= (R_{AV} \times 8,8) - ((P_1 + P_2 + P_3)) \times 7,5 - (P_4 \times 3,75) - (qE \times 7,5 \times 3,75) \dots (3.22)$$

$$= (18865,55 \times 8,8) - (17421,48 \times 7,5) - (2442 \times 3,75) - (442,38 \times 7,5 \times 3,75)$$

$$= 13756,3 \text{ kgm}$$

Berat sendiri gelagar melintang = 185 kg/m

Asumsi gelagar melintang IWF 700.300.13.24

$$V_p = \frac{1}{2} \times q \times L \dots\dots\dots (3.23)$$

$$= \frac{1}{2} \times 185 \times 10,10$$

$$= 934,25 \text{ kg}$$

$$M_p = \frac{1}{8} \times q \times L^2 \dots\dots\dots (3.24)$$

$$= \frac{1}{8} \times 185 \times 10,10^2$$

$$= 2359 \text{ kg}$$

Perhitungan geser dan momen pada kondisi sebelum dibebani:

$$V_{PRA} = 18865,55 + 934,25 \dots\dots\dots (3.25)$$

$$= 19799,8 \text{ kg}$$

$$M_{PRA} = 13756,3 + 2359 \dots\dots\dots (3.26)$$

$$= 16115,3 \text{ kgm}$$

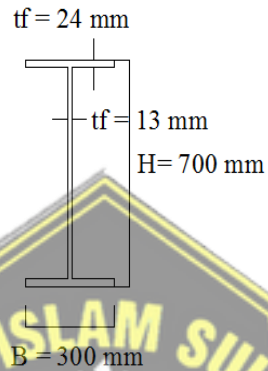
2. Pendimensian Gelagar Melintang

$$M_{PRA} = 16115,3 \text{ kgm} = 1611530 \text{ kgcm}$$

$$\bar{\sigma}_{BJ 55} = 2733,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 W_x &= \frac{M_{pra}}{\bar{\sigma}} \\
 &= \frac{1611530}{2733,33} \\
 &= 589,6 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Digunakan profil baja IWF 700.300.13.24



Gambar 4.28 Profil baja IWF 700.300.13.24

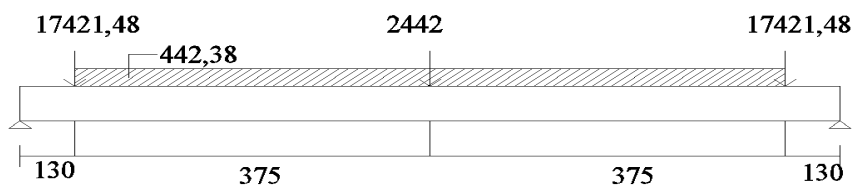
Tabel 4.2 Profil baja IWF 700.300.13.24

Profil IWF	Berat (kg/m)	Ukuran (mm)				
		H	B	t1	t2	r
700 x 300	185	700	300	13	24	28

Luas Tampang	Momen Inersia		Jari-Jari Inersia		Momen Lawan	
	Ix	Iy	ix	Iy	Wx	Wy
235,5	201000	10800	29,3	6,78	5760	722

3. Kontrol terhadap bahan dan tegangan

- Kontrol terhadap lendutan (δ)

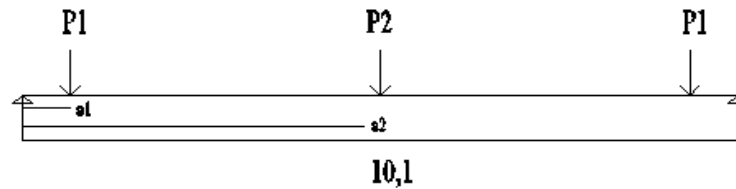


Gambar 4.29. Kontrol terhadap lendutan

$$q = \frac{(A \times L) + (2qE \times l)}{L} = \frac{(235,5 \times 10,10) + (2 \times 442,38 \times 7,5)}{10,10}$$

$$= 892,5 \text{ kg/m} = 8,925 \text{ kg/cm}$$

- Akibat beban terpusat di tepi



Gambar 4.30 Akibat beban terpusat di tepi

$$P1 = 17421,48 \text{ kg dan } P2 = 2442 \text{ kg}$$

$$\delta_1 = \frac{P1 \times a1}{24 Elx} \times (3 \times L^2 - 4 \times a1^2) + \frac{P2 \times a2}{24 Elx} \times (3 \times L^2 - 4 \times a2^2)$$

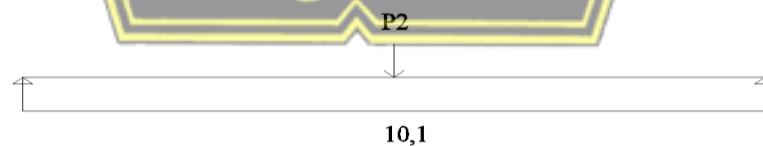
$$= \frac{17421,48 \times 130}{24 \times (2,1 \times 10^6) \times 201000} \times (3 \times 1010^2 - 4 \times 130^2) + \frac{2442 \times 505}{24 \times (2,1 \times 10^6) \times 201000} \times$$

$$(3 \times 1010^2 - 4 \times 505^2)$$

$$= 0,67 + 0,248$$

$$= 0,918 \text{ cm}$$

- Akibat beban terpusat di tengah



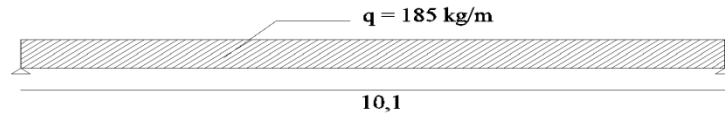
Gambar 4.31 Akibat beban terpusat di tengah

$$P2 = 2442 \text{ kg}$$

$$\delta_2 = \frac{P2 \times L^3}{48 Elx} = \frac{2442 \times 1010^3}{48 \times (2,1 \times 10^6) \times 201000}$$

$$= 0,124 \text{ cm}$$

- Akibat berat sendiri gelagar melintang



Gambar 4.32 Akibat berat sendiri gelagar melintang

Gelagar melintang IWF 700.300.13.24, beratnya = 185 kg/m

$$\begin{aligned}\delta_3 &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 E I_x} \\ &= \frac{5 \times 1,85 \times 1010^4}{384 \times (2,1 \times 10^6) \times 201000} \\ &= 0,06 \text{ cm}\end{aligned}$$

- Lendutan total pada kondisi sebelum dibebani:

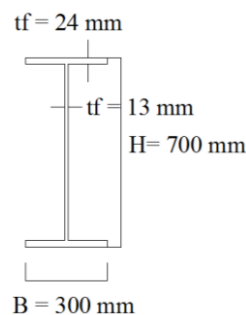
$$\begin{aligned}\delta_{\text{total}} &= \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 \\ &= 0,918 + 0,124 + 0,06 \\ &= 1,102 \text{ cm}\end{aligned}$$

- Lendutan ijin (δ_{ijin})

$$\begin{aligned}\delta_{\text{ijin}} &= \frac{L}{500} \dots \dots \dots (3.17) \\ &= \frac{1010}{500} = 2,02 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\delta_{\text{PRA-KOMP}} = 1,102 \text{ cm} < \delta_{\text{ijin}} = 2,02 \text{ cm} \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

- Kontrol terhadap tegangan geser yang terjadi (τ)



$$S_x = (30 \times 2,4 \times 33,7) + (1,3 \times 32,6 \times 16,3)$$

$$= 3117,2 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{\text{terjadi}} = \frac{VPRA \times S_x}{b \times I_x} < \bar{\tau} \dots\dots\dots (3.27)$$

$$= \frac{19799,8 \times 3117,2}{1,3 \times 201000} < 0,58 \times 2733,33$$

$$= 236,2 \text{ kg/cm}^2 < 1585,3 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Kontrol terhadap tegangan ijin di tengah bentang (τ_i)

$$P = P_2 + (q_E \times 7,5) + (q_D \times 10,10)$$

$$= 2442 + (442,38 \times 7,5) + (185 \times 10,10)$$

$$= 7628,125 \text{ kg}$$

$$\tau_{\text{terjadi}} = \frac{P \times S_x}{b \times I_x} = \frac{7628,125 \times 3117,2}{1,3 \times 201000}$$

$$= 91 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{terjadi}} = \frac{M_{PRA}}{W_x} = \frac{1611530}{5760}$$

$$= 297,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_i = \sqrt{\sigma^2 + (3 \times \tau^2)} < \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.28)$$

$$= \sqrt{297,8^2 + (3 \times 91^2)} < 2733,33 \text{ kg/cm}^2$$

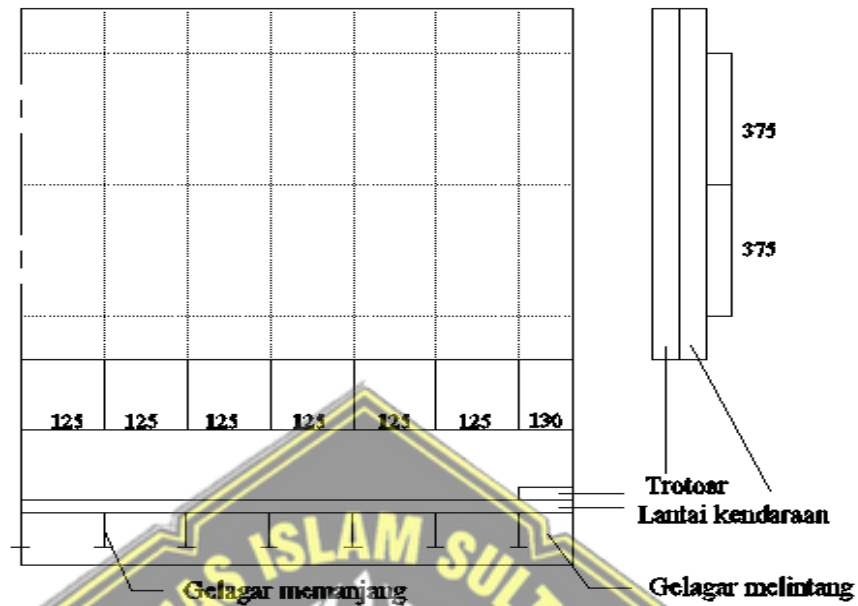
$$= 336,9 \text{ kg/cm}^2 < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

4.5.2 Perhitungan kondisi setelah dibebani

Kondisi setelah dibebani atau Post Komposit adalah kondisi plat beton telah mengeras dan beban hidup telah bekerja.

1. Perhitungan Momen Lentur Gelagar Melintang

a. Beban Mati



Gambar 4.33 Beban Mati pada kondisi setelah dibebani

Beban P1



Gambar 4.34 Beban P1 pada kondisi setelah dibebani

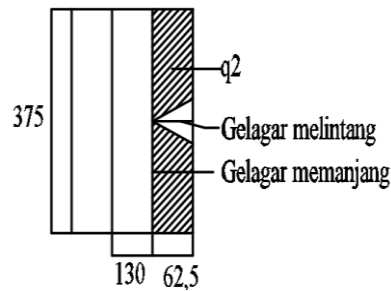
$$\text{Beban trotoar} = 0,25 \times 1,3 \times 2400 = 780 \text{ kg/m}$$

$$q1 = 780 \text{ kg/m}$$

Beban mati tersebut adalah gaya terpusat (P1) yang bekerja pada titik tumpu gelagar melintang:

$$\begin{aligned} P1 &= q1 \times L \\ &= 780 \times 3,75 \\ &= 2925 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban P2

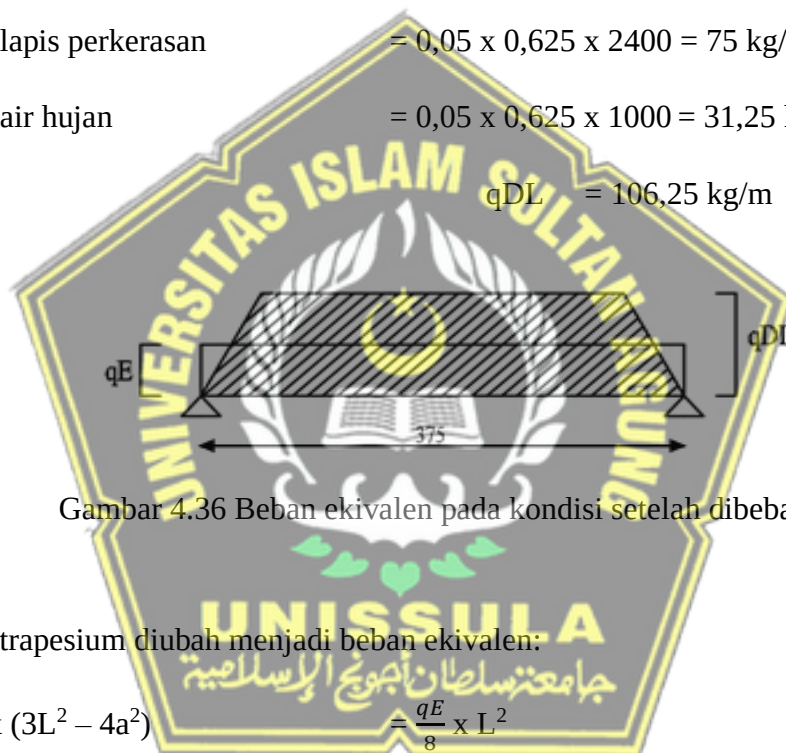


Gambar 4.35 Beban P2 pada kondisi setelah dibebani

Beban lapis perkerasan $= 0,05 \times 0,625 \times 2400 = 75 \text{ kg/m}$

Beban air hujan $= 0,05 \times 0,625 \times 1000 = 31,25 \text{ kg/m}$

$q_{DL} = 106,25 \text{ kg/m}$



Gambar 4.36 Beban ekivalen pada kondisi setelah dibebani

Beban trapesium diubah menjadi beban ekivalen:

$$= \frac{q_{DL}}{24} \times (3L^2 - 4a^2) = \frac{q_E}{8} \times L^2$$

$$= \frac{106,25}{24} \times (3 \times 3,75^2 - 4 \times 0,625^2) = \frac{q_E}{8} \times 3,75^2$$

$$q_E = 102,362 \text{ kg/m}$$

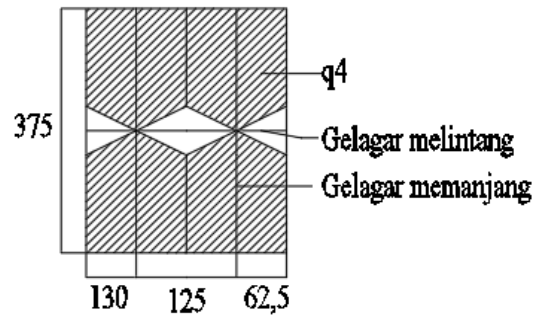
Beban mati tersebut adalah gaya terpusat (P2) yang bekerja pada titik tumpu gelagar melintang :

$$P2 = q_E \times L$$

$$= 102,361 \times 3,75$$

$$= 383,853 \text{ kg/m}$$

Beban P3



Gambar 4.37 Beban P3 pada kondisi setelah dibebani

$$\text{Beban lapis perkerasan} = 0,05 \times 0,625 \times 2400 = 75 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban air hujan} = 0,05 \times 0,625 \times 1000 = 31,25 \text{ kg/m}$$

$$q_{DL} = 106,25 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.38 Beban qE pada kondisi setelah dibebani

Beban trapesium diubah menjadi beban ekivalen:

$$= \frac{q_{DL}}{24} \times (3L^2 - 4a^2) = \frac{q_E}{8} \times L^2$$

$$= \frac{106,25}{24} \times (3 \times 3,75^2 - 4 \times 0,625^2) = \frac{q_E}{8} \times 3,75^2$$

$$q_E = 102,362 \text{ kg/m}$$

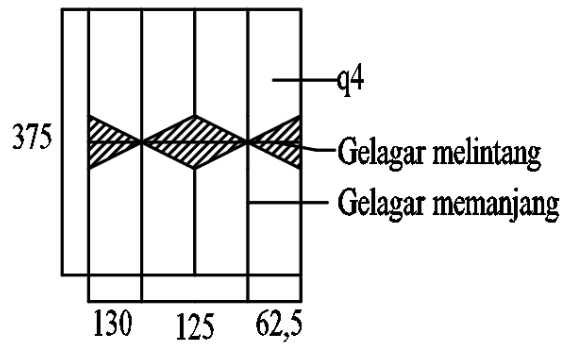
Beban mati tersebut adalah gaya terpusat (P3) yang bekerja pada titik tumpu gelagar melintang:

$$P3 = (2 q_E \times L)$$

$$= (2 \times 102,362 \times 3,75)$$

$$= 767,715 \text{ kg}$$

Beban q4



Gambar 4.39 Beban q4 pada kondisi setelah dibebani

Beban lapis perkerasan $= 0,05 \times 0,625 \times 2400 = 75 \text{ kg/m}$

Beban air hujan $= 0,05 \times 0,625 \times 1000 = 31,25 \text{ kg/m}$

$q_{DL} = 106,25 \text{ kg/m}$



Gambar 4.40 Beban ekuivalen pada kondisi setelah dibebani

Beban trapesium diubah menjadi beban ekuivalen:

$$= \frac{q_{DL}}{12} \times L^2 = \frac{qE}{8} \times L^2$$

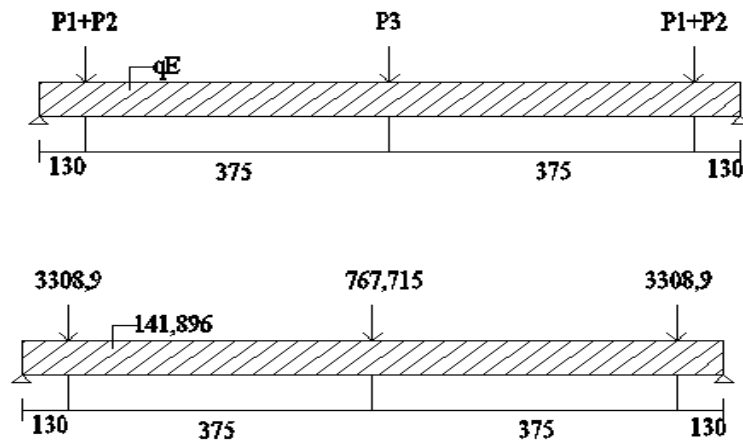
$$= \frac{106,25}{12} \times 1,25^2 = \frac{qE}{8} \times 1,25^2$$

$$qE = 70,948 \text{ kg/m}$$

Beban merata ekuivalen yang bekerja $= 2 \times qE$

$$= 2 \times 70,948$$

$$= 141,896 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.41 Reaksi perletakan pada kondisi setelah dibebani

Reaksi Perletakan

$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= \frac{(P_3) + (2 \times (P_1 + P_2)) + (qE \times L)}{2} \\
 &= \frac{(767,715) + (2 \times (3308,9)) + (141,896 \times 3,75)}{2} \\
 &= 3765,6 \text{ kg } (V_1)
 \end{aligned}$$

Momen maksimum akibat beban mati:

$$\begin{aligned}
 &= (R_{AV} \times 8,8) - ((P_1 + P_2) \times 7,5) - (P_3 \times 3,75) - (qE \times 7,5 \times 3,75) \\
 &= (3765,6 \times 8,8) - (3308,9 \times 7,5) - (767,715 \times 3,75) - (141,896 \times 7,5 \times 3,75) \\
 &= 1449,9 \text{ kgm } (M_1)
 \end{aligned}$$

a. Beban Hidup

- Beban terbagi rata ("q")

Bentang jembatan 150 m maka:

$$q = 1,1 \left(1 + \frac{30}{L}\right) \text{ t/m untuk } L > 60 \text{ m}$$

$$= 1,1 \left(1 + \frac{30}{150}\right)$$

$$= 1,32 \text{ t/m}$$

Beban terbagi rata sepanjang gelagar melintang untuk lebar 7,5 m

$$q_1 = \frac{q \times 7,5}{2,75}$$

$$= \frac{1,32 \times 7,5}{2,75} = 3,6 \text{ t/m} = 3600 \text{ kg/m}$$

Beban terbagi rata untuk lebar sisanya

$$q_2 = 50\% \times 3600 \text{ kg/m}$$

$$= 1800 \text{ kg/m}$$

Beban terbagi rata pada trotoar

$$q_3 = 60\% \times (500 \times 500)$$

$$= 1500 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.42 Beban terbagi merata pada kondisi setelah dibebani

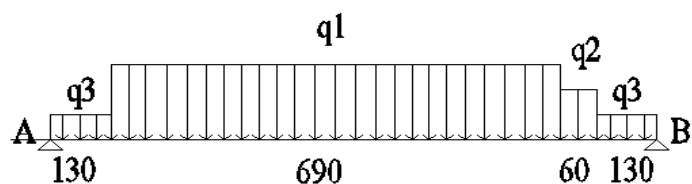
Reaksi perletakan:

$$\begin{aligned} R_A = R_B &= \frac{(q_1 \times 6,9) + (2 \times q_2 \times 0,3) + (2 \times q_3 \times 1)}{2} \\ &= \frac{(3600 \times 6,9) + (2 \times 1800 \times 0,3) + (2 \times 1500 \times 1)}{2} \\ &= 14460 \text{ kg} \end{aligned}$$

Momen maksimum yang terjadi akibat beban q:

$$\begin{aligned} &= (R_{AV} \times 4,75) - (q_3 \times 1,3 \times 4,4) - (q_2 \times 0,3 \times 3,6) - (q_1 \times 3,45 \times 1,725) \\ &= (14460 \times 4,75) - (1500 \times 1,3 \times 4,4) - (1800 \times 0,3 \times 3,6) - (3600 \times 3,45 \times 1,725) \\ &= 18368,25 \text{ kgm (M}_2\text{)} \end{aligned}$$

Menentukan Gaya Geser Maksimum ($V_{\max}$) akibat beban q



Gambar 4.43 GayaGeser maksimum pada kondisi setelah dibebani

Reaksi Perletakan:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$(R_B \times 10,1) - (q_3 \times 1,3 \times 9,45) - (q_2 \times 0,6 \times 8,5) - (q_1 \times 6,9 \times 4,75) - (q_3 \times 1,3 \times 0,65) = 0$$

$$(R_B \times 10,1) - (1,5 \times 1,3 \times 9,45) - (1,8 \times 0,6 \times 8,5) - (3,6 \times 6,9 \times 4,75) - (1,5 \times 1,3 \times 0,65) = 0$$

$$R_B = \frac{101,01}{10,1} = 10 \text{ t} = 10000 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$(R_A \times 10,1) - (q_3 \times 1,3 \times 9,45) - (q_1 \times 6,9 \times 5,35) - (q_2 \times 0,6 \times 1,6) - (q_3 \times 1,3 \times 0,65) = 0$$

$$(R_A \times 10,1) - (1,5 \times 1,3 \times 9,45) - (3,6 \times 6,9 \times 5,35) - (1,8 \times 0,6 \times 1,6) - (1,5 \times 1,3 \times 0,65) = 0$$

$$R_A = \frac{117,462}{10,1} = 11,630 \text{ t} = 11630 \text{ kg (V}_2\text{)}$$

➤ Beban “P”

$$P = 12 \text{ t}$$

$$\text{Koefisien kejut (K)} = 1 + \left(\frac{20}{(50+L)} \right)$$

$$K = 1 + \left(\frac{20}{(50+150)} \right) = 1,1$$

Beban P bekerja sepanjang gelagar melintang untuk lebar 6,9 m

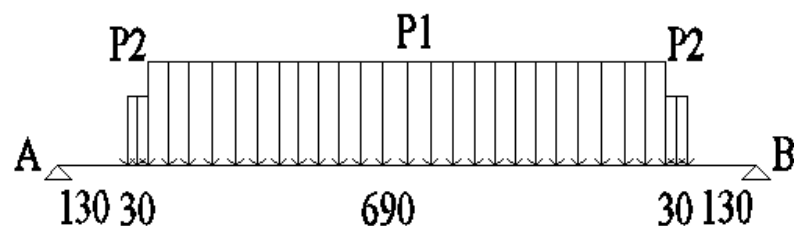
$$P_1 = \frac{P}{2,75} \times K = \frac{12}{2,75} \times 1,1$$

$$= 4,8 \text{ t/m} = 4800 \text{ kg/m}$$

Beban P untuk lebar sisa (50% dari P_1)

$$P_2 = 50\% \times 4500 \text{ kg/m}$$

$$= 2250 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.44 Beban P lebar sisa pada kondisi setelah dibebani

Reaksi Perletakan:

$$R_A = \frac{(P_2 \times 0,3) + (P_1 \times 6,9) + (P_2 \times 0,3)}{2}$$

$$= \frac{(2250 \times 0,3) + (4800 \times 6,9) + (2250 \times 0,3)}{2}$$

$$= 17235 \text{ kg}$$

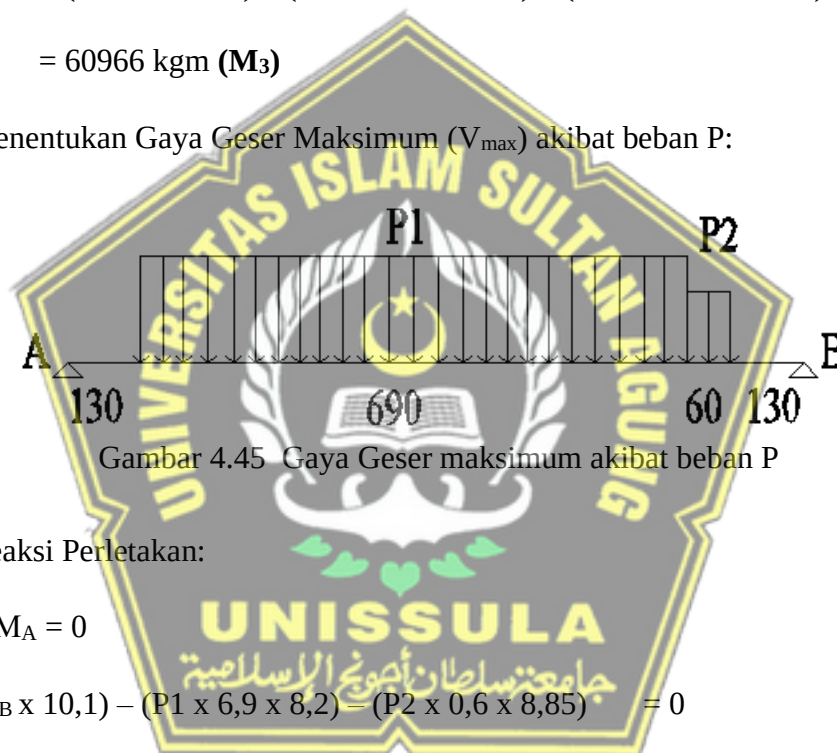
Momen maksimum yang terjadi akibat beban garis “P”

$$M_{\max} = (R_A \times 5,05) - (P_2 \times 0,3 \times 3,05) - (P_1 \times 3,45 \times 1,45)$$

$$= (17235 \times 5,05) - (2250 \times 0,3 \times 3,05) - (4800 \times 3,45 \times 1,45)$$

$$= 60966 \text{ kgm (M}_3\text{)}$$

Menentukan Gaya Geser Maksimum ($V_{\max}$) akibat beban P:



Gambar 4.45 Gaya Geser maksimum akibat beban P

Reaksi Perletakan:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$(R_B \times 10,1) - (P_1 \times 6,9 \times 8,2) - (P_2 \times 0,6 \times 8,85) = 0$$

$$(R_B \times 10,1) - (4800 \times 6,9 \times 8,2) - (2250 \times 0,6 \times 8,5) = 0$$

$$R_B = \frac{260109}{10,1} = 25753,4 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$(R_A \times 10,1) - (P_1 \times 6,9 \times 5,35) - (P_2 \times 0,6 \times 1,6) = 0$$

$$(R_A \times 10,1) - (4800 \times 6,9 \times 5,35) - (2250 \times 0,6 \times 1,6) = 0$$

$$R_A = \frac{175032}{10,1} = 17329,9 \text{ kg (V}_3\text{)}$$

➤ Perhitungan Momen dan Geser yang Bekerja

- Momen :

$$\begin{aligned}M_{\text{post}} &= M_{\text{pra}} + M_1 + M_2 + M_3 \\&= 16115,3 + 1449,9 + 18368,25 + 60966 \\&= 96899,45 \text{ kgm}\end{aligned}$$

- Geser :

$$\begin{aligned}V_{\text{post}} &= V_{\text{pra}} + V_1 + V_2 + V_3 \\&= 19799,8 + 3765,6 + 11630 + 17329,9 \\&= 52525,3 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. Perhitungan Gelagar Komposit

Perhitungan lebar efektif :

$$\text{Syarat : } b_{\text{eff}} \leq \frac{1}{4} \text{ bentang} = \frac{1}{4} \times 10,1 = 2,525 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} \leq \text{jarak antar gelagar} = 3,75 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} \leq 12 \times \text{tebal plat} = 12 \times 0,2 = 2,4 \text{ m}$$

Diambil nilai b_{eff} yang terkecil, $b_{\text{eff}} = 2,4 \text{ m}$



Angka Ekuivalen (n) :

$$E_s = 2,1 \times 10^5 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}E_c &= 4700 \sqrt{f'c} \\&= 4700 \sqrt{29,05} \\&= 25332 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2,1 \times 10^5}{25332} = 8,2 \sim 8$$

Luas baja ekuivalen ($A_{EKIVALEN}$) :

$$\begin{aligned} b' &= \frac{b_{eff}}{n} \\ &= \frac{2400}{9} \\ &= 266,67 \text{ mm} = 27 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{EKIVALEN} &= b' \times t \\ &= 27 \times 20 \\ &= 540 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{PROFIL} = 235,5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{KOMPOSIT} &= A_{EKIVALEN} + A_{PROFIL} \\ &= 540 + 235,5 \\ &= 775,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Titik berat penampang komposit (Y_{komp}) :

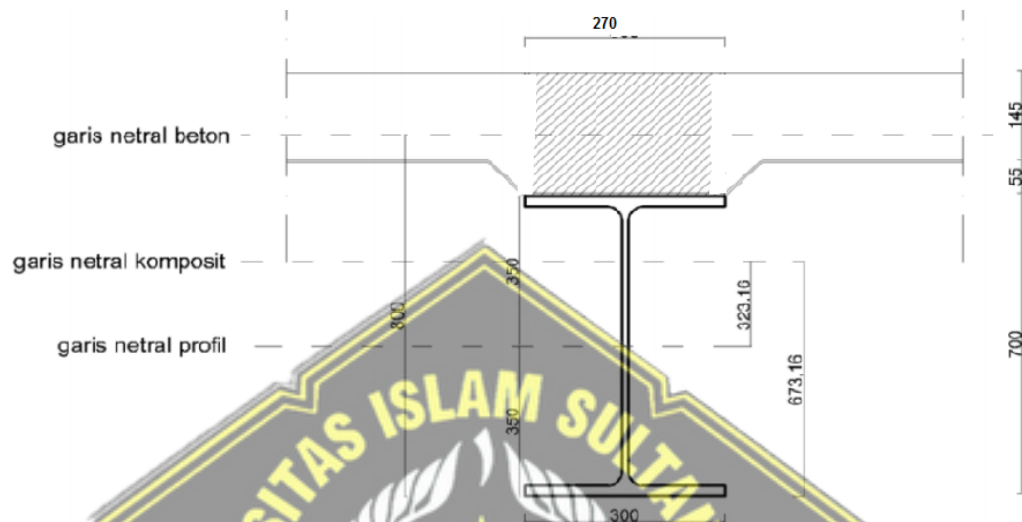
$$\begin{aligned} y &= \frac{(A_{profil} \times (\frac{h}{2})) + ((\frac{b_{eff}}{n}) \times t \times (h + \frac{t}{2}))}{(A_{profil} + ((\frac{b_{eff}}{n}) \times t))} \\ &= \frac{(235,5 \times (\frac{70}{2})) + ((\frac{240}{9}) \times 20 \times (70 + \frac{20}{2}))}{(235,5 + ((\frac{240}{9}) \times 20))} \\ &= 66,216 \text{ cm} \end{aligned}$$

Momen inersia penampang komposit (I_k) :

$$\begin{aligned} &= (I_x + (A_{profil} \times (y - \frac{h}{2})^2)) + ((\frac{1}{12} \times (\frac{b_{eff}}{n}) \times t^3) + ((\frac{b_{eff}}{n}) \times t \times (h + \frac{t}{2} - y)^2)) \\ &= (201000 + (235,5 \times (66,216 - \frac{70}{2})^2)) + ((\frac{1}{12} \times (\frac{240}{9}) \times 20^3) + ((\frac{240}{9}) \times 20 \times (70 + \frac{20}{2} - 66,216)^2)) \\ &= 549590,698 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$Y_{ts} = Y_{bs} = \frac{h}{2} = \frac{700}{2} = 350 \text{ mm} = 35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} Y_c &= h + \frac{1}{2} \times h_{\text{beton}} \\ &= 700 + \frac{1}{2} \times 200 \\ &= 800 \text{ mm} \\ &= 80 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4.46 Titik Berat Penampang Komposit

3. Perhitungan Terhadap Tegangan

➤ Kontrol terhadap tegangan lentur (σ)

- Pada bagian atas plat beton

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{M_{post} \times (h+t-y)}{n \times I_k} < \bar{\sigma}_c \dots \dots \dots (3.29) \\ &= \frac{96899,45 \times (70+20-66,216)}{9 \times 549590,698} < 0,45 \times 270 \\ &= 0,5 \text{ kg/cm}^2 < 121,5 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan} \end{aligned}$$

- Pada bagian bawah plat beton

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{M_{post} \times (h-y)}{n \times I_k} < \bar{\sigma}_c \dots \dots \dots (3.30) \\ &= \frac{96899,45 \times (70-66,216)}{9 \times 549590,698} < 0,45 \times 270 \\ &= 0,1 \text{ kg/cm}^2 < 121,5 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan} \end{aligned}$$

- Pada sayap atas profil baja

$$\begin{aligned}\sigma_{BS} &= \frac{M_{tot}x(\frac{h}{2})}{I_x} + \frac{M_2+M_3x(h-y)}{I_k} < \bar{\sigma}_c \dots\dots\dots (3.31) \\ &= \frac{411350 x(\frac{70}{2})}{201000} + \frac{18368,25 + 60966 x(70-66,216)}{549590,698} < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 148,8 \text{ kg/cm}^2 < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}\end{aligned}$$

- Pada sayap bawah profil baja

$$\begin{aligned}\sigma_{BS} &= \frac{M_{tot}x(\frac{h}{2})}{I_x} + \frac{M_2+M_3x y}{I_k} < \bar{\sigma}_c \dots\dots\dots (3.32) \\ &= \frac{411350 x(\frac{70}{2})}{201000} + \frac{18368,25 + 60966 x 66,216}{549590,698} < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1420 \text{ kg/cm}^2 < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}\end{aligned}$$

- Hasil tegangan sebelum dan sesudah komposit

- Tegangan sebelum komposit (pra komposit)

Pada sayap atas profil baja : 297,8 kg/cm²

Pada sayap bawah profil baja : 297,8 kg/cm²

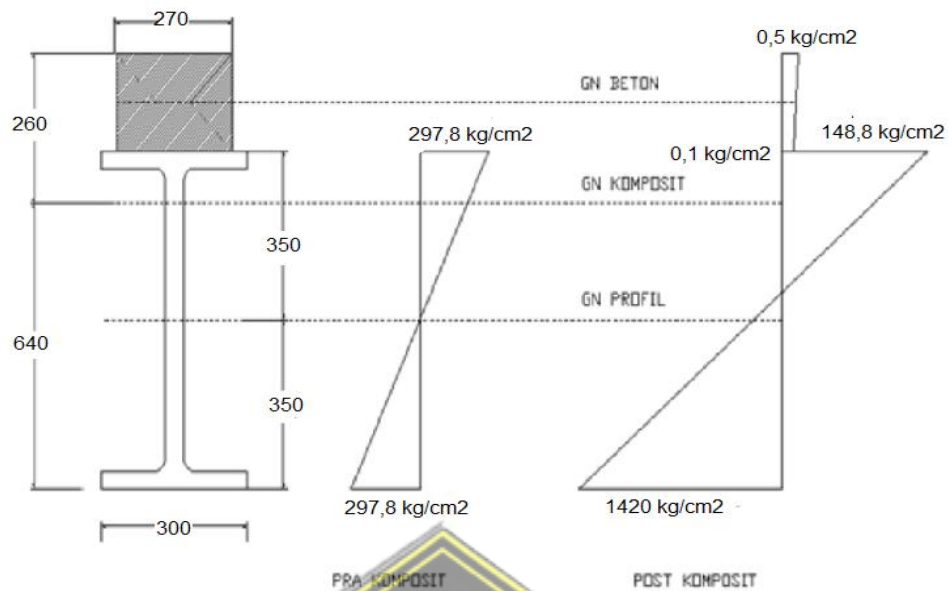
- Tegangan sesudah komposit (post komposit)

Pada bagian atas plat beton : 0,5 kg/cm²

Pada bagian bawah plat beton : 0,1 kg/cm²

Pada sayap atas profil baja : 148,8 kg/cm²

Pada sayap bawah profil baja : 1420 kg/cm²



Gambar 4.47. Tegangan Sebelum dan Sesudah Komposit

- Kontrol terhadap tegangan geser (τ)



Gambar 4.48 Kontrol tegangan geser

Statis momen terhadap garis netral komposit :

- Pada plat beton

$$\begin{aligned}
 S_{x1} &= b' \times t \times e_k \\
 &= 270 \times 200 \times 160 \\
 &= 8640000 \text{ mm}^3 \\
 &= 8640 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

- Pada profil baja

$$\begin{aligned}
 S_{x2} &= A_{\text{profil}} \times e_s \\
 &= 235,5 \times 290 \\
 &= 68295 \text{ mm}^3 \\
 &= 68,295 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

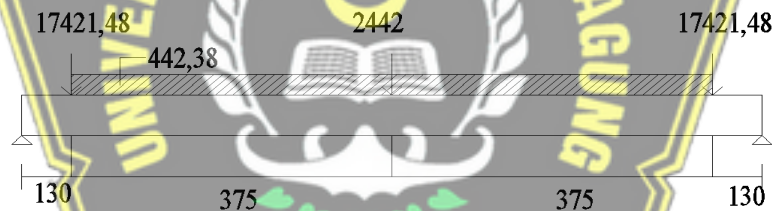
$$\tau_{\text{terjadi}} = \frac{V_{\text{post}} \times (S_{x1} + S_{x2})}{t \times I_x} < \bar{\tau} \dots\dots\dots (3.33)$$

$$\begin{aligned}
 \tau_{\text{terjadi}} &= \frac{52525,3 \times (8640 + 68,295)}{1,3 \times 201000} < 0,58 \times \bar{\sigma} \\
 &= 1750,5 < 0,58 \times 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 1750,5 \text{ kg/cm}^2 < 1585,331 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- Kontrol terhadap lendutan (δ)

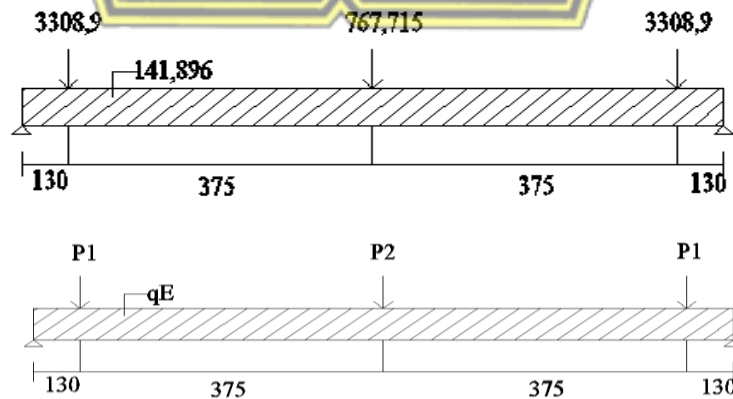
1. Akibat beban mati pada kondisi sebelum dibebani dan sesudah dibebani

- Kondisi sebelum dibebani



Gambar 4.49 Kondisi sebelum dibebani

- Kondisi setelah dibebani



Gambar 4.50 Kondisi setelah dibebani

$$P1 = P_{\text{PREKOMPOSIT}} + P_{\text{KOMPOSIT}}$$

$$= 17421,48 + 3308,9$$

$$= 20730,4 \text{ kg}$$

$$P2 = P_{\text{PREKOMPOSIT}} + P_{\text{KOMPOSIT}}$$

$$= 2442 + 767,715$$

$$= 3209,7 \text{ kg}$$

$$qE = qE_{\text{PREKOMPOSIT}} + qE_{\text{KOMPOSIT}}$$

$$= 442,38 + 141,896$$

$$= 584,3 \text{ kg}$$

$$qD = 185 \text{ kg/m}$$

$$q = \frac{(qE \times 7,5) + (qD \times 10,1)}{10,1}$$

$$= \frac{(584,3 \times 7,5) + (185 \times 10,1)}{10,1}$$

$$= 618,9 \text{ kg/m}$$

$$\delta_1 = \left(\frac{5 \times q \times L^4}{384 EI_x} \right) + \sum \left(\frac{P1 \times a}{24 EI_x} \times (3L^4 - 4a^2) \right) + \left(\frac{P2 \times L^3}{48 EI_x} \right) \dots \dots \dots (3.33)$$

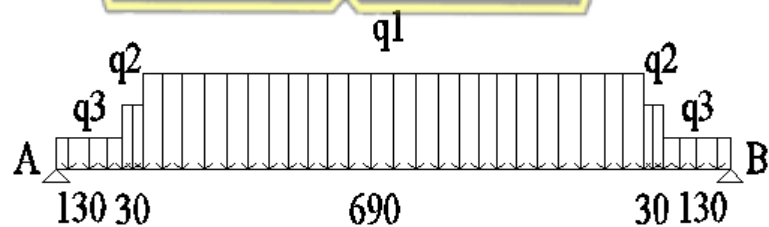
$$= \left(\frac{5 \times 618,9 \times 1010^4}{384 (2,1 \times 10^6) 201000} \right) + \sum \left(\frac{20730,4 \times 130}{24 (2,1 \times 10^6) 201000} \times (3 \times 1010^2 - 4 \times 130^2) \right) +$$

$$\left(\frac{37641 \times 3,175}{48 (2,1 \times 10^6) 201000} \right) \times (3 \times 1010^2 - 4 \times 130^2) + \left(\frac{37641 \times 1010^3}{48 (2,1 \times 10^6) 201000} \right)$$

$$= 1,14 \text{ cm}$$

2. Akibat beban hidup

a. Akibat beban hidup terbagi merata ("q")



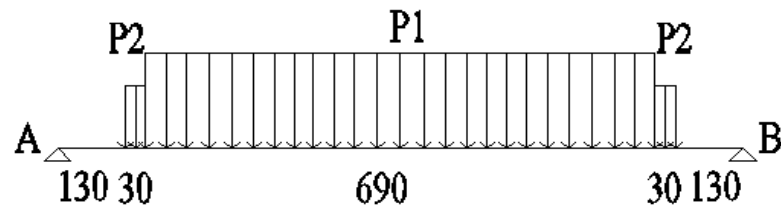
Gambar 4.51 Akibat beban hidup terbagi merata

$$q_1 = 3600 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = 1800 \text{ kg/m}$$

$$q_3 = 1500 \text{ kg/m}$$

b. Akibat beban garis (“P”)



Gambar 4.52 Akibat beban garis (P)

$$P_1 = 4800 \text{ kg/m}$$

$$P_2 = 2250 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= q_1 + P_1 \\ &= 3600 + 4800 \\ &= 8400 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= q_2 + P_2 \\ &= 1800 + 2250 \\ &= 4050 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_3 &= q_3 \\ &= 1500 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{ekivalen}} &= \frac{(Q_1 \times 7,5) + (2 \times Q_2 \times 0,3) + (2 \times Q_3 \times 1,3)}{10,1} \\ &= \frac{(8400 \times 7,5) + (2 \times 4050 \times 0,3) + (2 \times 1500 \times 1,3)}{10,1} \\ &= 6864,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_2 &= \frac{5 \times q_{\text{ekivalen}} \times L^4}{384 E I_k} \dots\dots\dots (3.35) \\ &= \frac{5 \times 6864,4 \times 1010^4}{384 (2,1 \times 10^6) 549590,698} \\ &= 0,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

➤ **Lendutan total** (δ_{total})

$$\begin{aligned} \delta_{\text{total}} &= \delta_1 + \delta_2 \\ &= 1,14 + 0,8 \\ &= 1,94 \text{ cm} \end{aligned}$$

➤ **Lendutan ijin (δ_{ijin})**

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{500} \dots\dots\dots (3.17)$$

$$= \frac{1010}{500} = 2,02 \text{ cm}$$

$$\delta_{total} = 1,94 \text{ cm} < \delta_{ijin} = 2,02 \text{ cm} \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

4.6 Perhitungan *Shear Connector*

Shear connector digunakan untuk menahan gaya geser memanjang yang terjadi pada pertemuan antara plat beton dengan baja.



Gambar 4.53 *Shear connector* untuk gelagar

Direncanakan menggunakan stud $\varnothing 20$ mm dengan tinggi stud (H) = 100 mm. dengan jumlah stud 3 buah.

$$P = 118902 \text{ kg}$$

Kekuatan satu stud:

$$Q = 0,0005 \times A_s \times \sqrt{f'_c \times E_c} \dots\dots\dots (3.36)$$

$$= 0,0005 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times \sqrt{29,05 \times (4700 \times \sqrt{29,05})}$$

$$= 0,0005 \times 67341$$

$$= 33,67 \text{ kN} = 3367 \text{ kg}$$

4.7 Perhitungan Sambungan pada Gelagar Melintang dan Memanjang

1. Sambungan las

Tebal plat (t) = 0,2 m

$$\text{Luas bidang} = a \leq \frac{1}{2} \times t \sqrt{2}$$

$$= a \leq \frac{1}{2} \times 20 \sqrt{2}$$

$$= a \leq 14,142 \text{ mm, maka diambil } a = 10 \text{ mm}$$

Panjang netto las (L_n)

$$\text{Syarat panjang las} = 10.a \leq L_n \leq 40.a$$

$$= 10.10 \leq L_n \leq 40.10$$

$$\text{Panjang las diambil } L_n = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Luas bidang las (F)} = 2 \times L_n \times a$$

$$= 2 \times 400 \times 10$$

$$= 8000 \text{ mm}^2 = 80 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kekuatan las (P)} = 0,58 \times \sigma \times F \dots\dots\dots (3.37)$$

$$= 0,58 \times 2733,33 \times 80$$

$$= 126827 \text{ kg}$$

Karena $P \geq P$, maka sambungan las antara plat penyambung dengan gelagar telah memenuhi persyaratan.

2. Sambungan Baut

➤ Sambungan baut untuk profil IWF 900.300.16.28

$$P = 24622,9 \text{ kg}$$

$$\text{Mutu baut} = A325 (\tau = 1225 \text{ kg/cm}^2)$$

Digunakan baut $\varnothing 22 \text{ mm}$

$$A = b_r \times t_r$$

$$= 300 \times 28$$

$$= 8400 \text{ mm}^2 = 84 \text{ cm}^2$$

$$d = h - \frac{1}{2} \times t_r$$

$$= 900 - \frac{1}{2} \times 28$$

$$= 886 \text{ mm} = 88,6 \text{ cm}$$

$$S_{\text{flens}} = \frac{M_{\text{flens}}}{H_{\text{web}}} = \frac{A \times d \times f_y}{H - (2 \times t_f)}$$

$$= \frac{84 \times 88,6 \times 2400}{90 - (2 \times 2,8)}$$

$$= 211632,23 \text{ kg}$$

$$A_{\text{plate penghubung}} = \text{lebar} \times \text{tebal}$$

$$= 30 \times 2,8 = 84 \text{ cm}^2$$

$$\text{Lubang baut} = \phi \text{ baut} + 1 \text{ mm}$$

$$= 22 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = 23 \text{ mm}$$

$$A_{\text{netto}} = A_{\text{plate}} - A_{\text{hole}}$$

$$= (84 \times 2) - (2,3 \times 2 \times 8,86)$$

$$= 127,3 \text{ cm}^2$$

- Jarak antar baut:

$$3d \leq \alpha \leq 6d$$

$$66 \leq \alpha \leq 132$$

a diambil 100 mm

- Jarak baut ke tepi sambungan:

$$c \geq 2d$$

$$c \geq 44$$

s1 diambil 50 mm

$$n = \frac{P}{\tau \left(\frac{1}{4} \pi d^2 \right)} \dots\dots\dots (3.38)$$

$$= \frac{24622,9}{1225 \left(\frac{1}{4} \pi 3,14 \times 2,2^2 \right)}$$

= 5,3 → dipakai 5 baut

➤ Sambungan baut untuk profil IWF 300.300.10.15

P = 11765 kg

Mutu baut = A325 ($\tau = 1225 \text{ kg/cm}^2$)

Digunakan baut $\varnothing 22 \text{ mm}$

A = br x tr

$$= 300 \times 15$$

$$= 4500 \text{ mm}^2 = 45 \text{ cm}^2$$

d = h - $\frac{1}{2}$ x tr

$$= 300 - \frac{1}{2} \times 15$$

$$= 292,5 \text{ mm} = 29,25 \text{ cm}$$

$$S_{flens} = \frac{M_{flens}}{H_{web}} = \frac{A \times d \times f_y}{H - (2 \times t_f)} = \frac{45 \times 29,25 \times 2400}{30 - (2 \times 1,5)} = 117000 \text{ kg}$$

$$A_{plate \text{ penghubung}} = \text{lebar} \times \text{tebal} = 30 \times 1,5 = 45 \text{ cm}^2$$

$$\text{Lubang baut} = \varnothing \text{ baut} + 1 \text{ mm} = 22 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = 23 \text{ mm}$$

$$A_{netto} = A - A_{hole}$$

$$= (45 \times 2) - (2,3 \times 2 \times 2,925)$$

$$= 13,5 \text{ cm}^2$$

- Jarak antar baut:

$$3d \leq \alpha \leq 6d$$

$$66 \leq \alpha \leq 132$$

a diambil 100 mm

- Jarak baut ke tepi sambungan:

$$c \geq 2d$$

$$c \geq 44$$

s1 diambil 50 mm

$$n = \frac{P}{\tau \left(\frac{1}{4} \pi d^2 \right)} \dots \dots \dots (3.38)$$

$$= \frac{11765}{1225 \left(\frac{1}{4} \pi 3,14 \times 2,2^2 \right)}$$

$$= 2,6 \rightarrow \text{dipakai 3 baut}$$

4.8. Perhitungan Rangka Pelengkung Baja

Data yang digunakan untuk perencanaan rangka pelengkung baja adalah:

- Tebal pelat lantai = 0,2 m
- Tebal perkerasan = 0,05 m
- Tebal trotoar = 0,25 m
- Lebar trotoar = 1,3 m
- Gelagar memanjang = IWF 350 x 175 x 7 x 11
- Gelagar melintang = IWF 700 x 300 x 13 x 24
- Berat jenis beton = 24 kN/m³

4.8.1. Pembebanan rangka pelengkung baja

1. Beban mati sendiri (MS)

- Beban sendiri pelat lantai:

$$\text{Lebar bentang pelat (r)} = 150 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{MS} \text{ pelat} &= \gamma_c \times r \times h \\
 &= 24 \times 150 \times 0,2 \\
 &= 720 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- Beban sendiri gelagar memanjang:

Berat baja IWF 350 x 175 x 7 x 11 = 49,6 kg/m (Tabel profil baja IWF)

$$Q_{MS} \text{ profil} = 0,496 \text{ kN/m}$$

- Beban sendiri gelagar melintang:

Berat baja IWF 700 x 300 x 13 x 24 = 185 kg/m (Tabel profil baja IWF)

$$Q_{MS} \text{ profil} = 1,85 \text{ kN/m}$$

2. Beban mati tambahan (MA)

- Berat sendiri aspal

$$\text{Lebar bentang aspal (l)} = 150 \text{ m}$$

$$\text{Tebal aspal + overlay} = 0,1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{MA} \text{ aspal} &= \gamma_c \times l \times h \\
 &= 24 \times 150 \times 0,1 = 360 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- Berat sendiri trotoar

$$\begin{aligned}
 Q_{MA} &= \gamma_c \times l \times h \\
 &= 24 \times 1,3 \times 0,25 \\
 &= 7,8 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- Berat sendiri air hujan

$$\text{Lebar yang ditinjau (l)} = 150 \text{ m}$$

$$\text{Berat air hujan} = 0,05 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{MA} &= \gamma_w \times l \times h \\
 &= 9,81 \times 1,3 \times 0,05 \\
 &= 0,638 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

3. Beban lajur “D”

- Beban terbagi merata (BTR)

$$\text{Panjang jembatan (L)} = 150 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar lajur (x)} &= 10,10 \text{ m} \\
 \text{Jumlah lajur} &= 1 \\
 q &= 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \\
 &= 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{150}\right) = 5,4 \text{ kN/m} \\
 \text{BTR} &= q \cdot x \cdot n \\
 &= 5,4 \times 10,10 \times 1 \\
 &= 54,54 \text{ kN/m} \\
 \text{BGT} &= 49 \text{ kN/m (SNI 1725:2016 Pasal 8.3.1)}
 \end{aligned}$$

4. Beban pejalan kaki

Menurut SNI 1725:2016 pasal 8.9, semua komponen trotoar yang lebih lebar dari 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan pada masing – masing lajur kendaraan.

$$\begin{aligned}
 Q_{TP} &= q \\
 &= 5 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

5. Beban Truk “T”

Untuk pembebanan truk diambil faktor beban dinamis sebesar 30% (SNI 1725:2016 Pasal 8.6).

$$y^{UTT} = 2,0 \text{ (SNI 2016:1725 Pasal 8.4)}$$

$$\begin{aligned}
 T(U) &= 112,5 \text{ kN} \times (1+30\%) \times y^{UTT} \\
 &= 112,5 \times 1,3 \times 2 \\
 &= 292,5 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

6. Gaya rem

- 25% dari berat gandar truk desain:

$$\text{Beban roda gandar truk (TT)} = 112,5 \text{ kN}$$

$$\text{Jumlah lajur} = 1$$

$$\begin{aligned}
 Q_{TB} &= 0,25 \times 112,5 \times 1 \\
 &= 28,125 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- 5% dari berat truk rencana dan ditambah beban lajur terbagi merata (BTR)

$$\text{Berat truk rencana} = 500 \text{ kN}$$

$$\text{Jumlah lajur} = 1$$

$$Q_{TB} = ((TT \times n) + BTR) \times 5\%$$

$$= ((500 \times 1) + 54,54) \times 5\%$$

$$= 27,727 \text{ kN}$$

Jadi gaya rem yang digunakan sebesar 27,727 kN

7. Beban angin

a. Beban angin pada struktur:

- Beban angin pada struktur atas:

$$V_0 = 13,2 \text{ km/jam (SNI 1725:2016 pasal 9.61)}$$

$$V_{10} = 90 \text{ km/jam (SNI 1725:2016 Pasal 9.61)}$$

$$V_B = 90 \text{ km/jam (SNI 1725:2016 Pasal 9.61)}$$

$$Z = 10.000 \text{ mm (SNI 1725:2016 Pasal 9.61)}$$

$$Z_0 = 70 \text{ mm (SNI 1725:2016 Pasal 9.61)}$$

$$P_B = 0,0024 \text{ MPa (SNI 1725:2016 Pasal 9.61)}$$

$$\begin{aligned} V_{DZ} &= 2,5 \times V_0 \times \left(\frac{V_{10}}{V_B}\right) \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \\ &= 2,5 \times 13,2 \times \left(\frac{90}{90}\right) \ln\left(\frac{10000}{70}\right) \\ &= 163,74 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_D &= P_B \times \left(\frac{V_{DZ}}{V_B}\right)^2 \\ &= 0,0024 \times \left(\frac{163,74}{90}\right)^2 \\ &= 0,008 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Beban angin pada struktur bawah:

$$P_B = 0,0019$$

$$\begin{aligned} P_D &= P_B \times \left(\frac{V_{DZ}}{V_B}\right)^2 \\ &= 0,0019 \times \left(\frac{163,74}{90}\right)^2 = 0,006 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Total beban angin yang bekerja pada struktur adalah:

$$\begin{aligned} EWS &= 0,008 + 0,006 \times B \\ &= 0,014 \times 10000 \\ &= 140 \text{ N/mm} \\ &= 0,14 \text{ kN/mm} \end{aligned}$$

Pada standar yang digunakan gaya total beban angin tidak boleh kurang dari 4,4 kN/mm, maka diambil gaya total beban angin pada struktur sebesar 4,4 kN/mm.

b. Beban angin pada kendaraan

Menurut SNI 1725:2016 pasal 9.6.1.2, beban angin harus diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm. maka beban angin pada kendaraan yg digunakan sebesar 1,46 N/mm.

8. Beban gempa

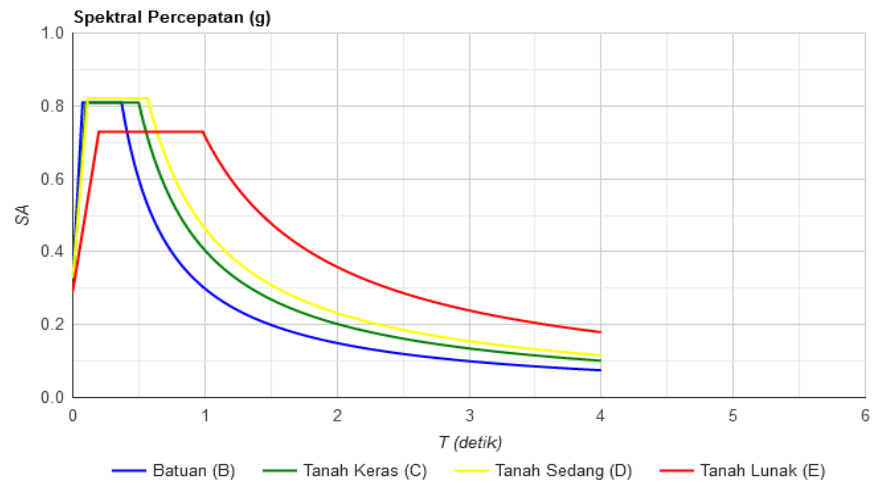
Beban gempa menggunakan data respon spektrum yang berlokasi di Mandalasari, Kecamatan Cikalong Wetan, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat.

Lintang = -6.775592

Bujur = 107.438457

Jenis batuan = Tanah sedang (D)

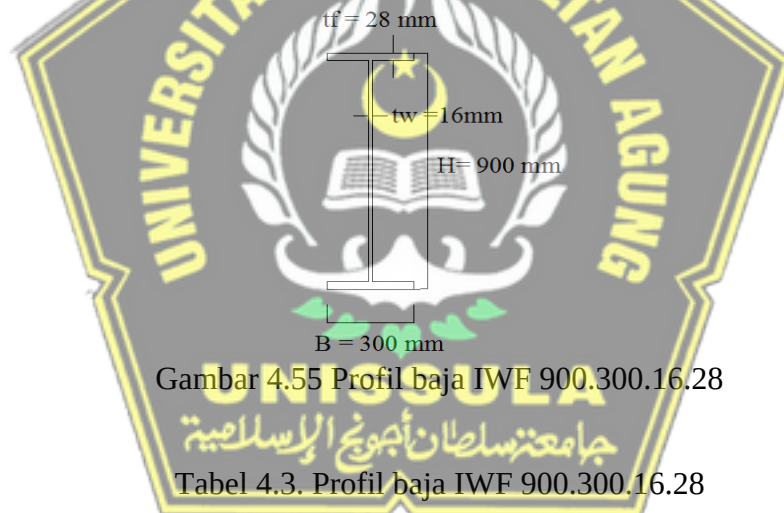
Jenis Batuan Tanah Sedang (D)		Jenis Batuan Tanah Sedang (D)	
Copy	Excel	Copy	Excel
Variabel	Nilai	T (detik)	SA (g)
PGA (g)	0.509	0	0.328
S _s (g)	1.214	T ₀	0.821
S ₁ (g)	0.448	T _s	0.821
C _{RS}	0.964	T _s +0	0.698
C _{R1}	0.919	T _s +0.1	0.606
F _{PGA}	1.000	T _s +0.2	0.536



Gambar 4.54 Data respon spektrum di Mandalasari

4.8.2. Pendimensian rangka pelengkung

A. Pendimensian rangka pelengkung IWF 900.300.16.28



Gambar 4.55 Profil baja IWF 900.300.16.28

Tabel 4.3. Profil baja IWF 900.300.16.28

Profil IWF	Berat (kg/m)	Ukuran (mm)				
		H	B	t1	t2	r
900 x 300	243	900	300	16	28	28

Luas Tampang	Momen Inersia		Jari-Jari Inersia		Momen Lawan	
	Ix	Iy	ix	Iy	Wx	Wy
309,8	411000	12600	36,40	6,39	9140	843

1. Batang tekan

Profil IWF 900.300.16.28

P = -122874 kg (batang 810)

Lk = 7,5 m

➤ Stabilitas batang tekan terhadap bahaya tekuk:

$$\lambda = \frac{Lk}{ix}$$

$$= \frac{750}{36,40}$$

$$= 20,6 \text{ cm}$$

$$\lambda_g = \pi \times \sqrt{\frac{E}{0,7 \times \sigma_1}}$$

$$= 3,14 \times \sqrt{\frac{2,1 \times 10^5}{0,7 \times 410}}$$

$$= 84,937$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g}$$

$$= \frac{20,6}{84,937} = 0,243$$

Untuk $0,183 < \lambda_s < 1 \rightarrow \omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$

$$\omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$$

$$= \frac{1,41}{1,593 - 0,243} = 1$$

Maka:

$$\frac{(P \times \omega)}{F} < \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.39)$$

$$= \frac{(122874 \times 1)}{309,8} = 396,6 \text{ kg/cm}^2 < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

➤ Cek tegangan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.40)$$

$$= \frac{122874}{309,8} \leq \sigma$$

$$= 396,62 \text{ kg/cm}^2 \leq 2733,33 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Periksa nilai rasio batang tekan:

$$n = \frac{\sigma}{\bar{\sigma}} < 1,00 \dots\dots\dots (3.41)$$

$$= \frac{396,62}{2733,33} < 1,00$$

$$= 0,15 < 1,00 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

➤ Periksa kelangsingan penampang :

- Sayap

$$\lambda = \frac{b}{2 \times t_2} \dots\dots\dots (3.42)$$

$$= \frac{300}{2 \times 28} = 5,35$$

$$\lambda_r = \frac{625}{\sqrt{F_Y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,87$$

$$\lambda < \lambda_r \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

- Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_1} \dots\dots\dots (3.43)$$

$$= \frac{H-t_2}{t_1} = \frac{900-28}{16} = 54,5$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{F_Y}}$$

$$= \frac{2550}{\sqrt{410}} = 125,93$$

$$\lambda < \lambda_r \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

Kondisi tumpuan jepit-jepit, faktor panjang tekuk $k = 0,65$

- Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\lambda_x = \frac{k \times L_x}{r_x}$$

$$= \frac{0,65 \times 750}{36,40} = 13,4$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$= \frac{13,4}{\pi} \sqrt{\frac{410}{200000}}$$

$$= 0,19$$

Untuk $\lambda_{cx} < 0,25 \rightarrow \omega_x = 1$

$$N_n = A_g \times f_{cr} = A_g \times \frac{f_y}{\omega_x} \dots \dots \dots (3.44)$$

$$= 309,8 \times \frac{410}{1}$$

$$= 1270,2 \text{ t}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} = \frac{60}{0,85 \times 1270,2} = 0,05 < 1$$

- Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\lambda_y = \frac{k \times L_y}{r_y}$$

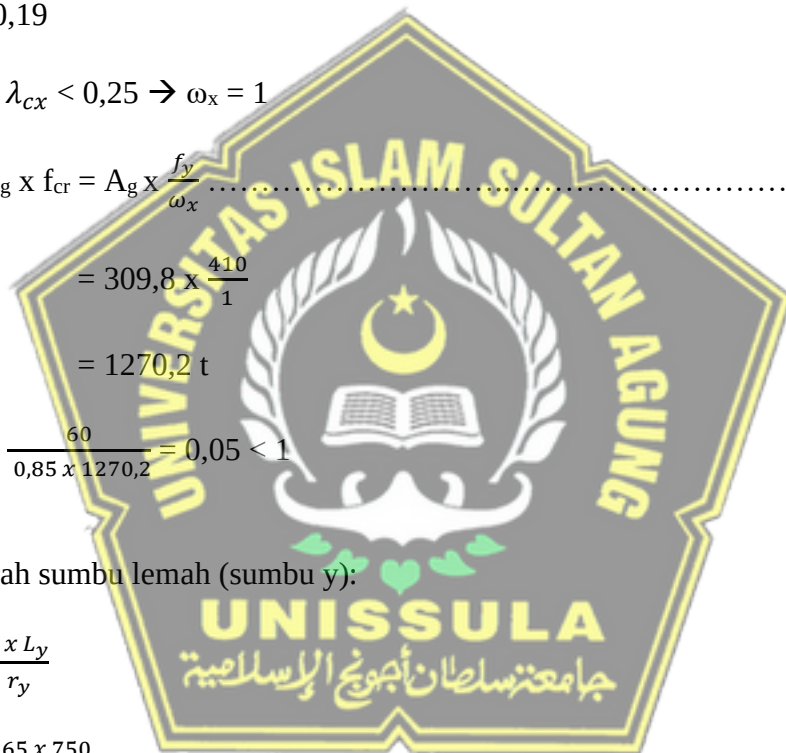
$$= \frac{0,65 \times 750}{6,39}$$

$$= 76,29$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$= \frac{76,29}{\pi} \sqrt{\frac{410}{200000}}$$

$$= 1,1$$



$$\text{Untuk } 0,25 < \lambda_{cy} < 1,2 \rightarrow \omega_y = \frac{1,43}{1,6-0,67\lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = \frac{1,43}{1,6-0,67\lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = \frac{1,43}{1,6-0,67 \times 1,1}$$

$$\omega_y = 1,66$$

$$N_n = A_g \times f_{cr} = A_g \times \frac{f_y}{\omega_y} \dots\dots\dots (3.44)$$

$$= 309,8 \times \frac{410}{1,66} = 765,168 \text{ t}$$

$$\frac{N_u}{\phi N_n} = \frac{60}{0,85 \times 765,168} = 0,09 < 1$$

2. Batang tarik

Profil IWF 900.300.16.28

$$P = 103886 \text{ kg (batang 849)}$$

$$F_{nt} = 0,85 \times A$$

$$= 0,85 \times 309,8$$

$$= 263,33 \text{ cm}^2$$

Cek tegangan:

$$\sigma = \frac{P}{F_{nt}} < \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.45)$$

$$= \frac{103886}{263,33} < \bar{\sigma}$$

$$= 394,5 \text{ kg/cm}^2 < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

B. Pendimensionian diagonal rangka pelengkung IWF 900.300.16.28

Gambar dan tabel profil IWF 900.300.16.28 sama dengan Gambar 4.55 dan Tabel 4.3.

1. Batang tekan

Profil IWF 900.300.16.28

P = -18008 kg (batang 1175)

Lk = 7,5 m

➤ Stabilitas batang tekan terhadap bahaya tekuk:

$$\lambda = \frac{Lk}{ix}$$

$$= \frac{750}{36,40}$$

$$= 20,6 \text{ cm}$$

$$\lambda_g = \pi \times \sqrt{\frac{E}{0,7 \times \sigma_1}}$$

$$= 3,14 \times \sqrt{\frac{2,1 \times 10^5}{0,7 \times 410}}$$

$$= 84,937$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g}$$

$$= \frac{20,6}{84,937}$$

$$= 0,243$$

$$\text{Untuk } 0,183 < \lambda_s < 1 \rightarrow \omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$$

$$\rightarrow \omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$$

$$= \frac{1,41}{1,593 - 0,243} = 1$$

Maka:

$$\frac{(P \times \omega)}{F} < \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.39)$$

$$\frac{(18008 \times 1)}{309,8} = 58,12 \text{ kg/cm}^2 < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

➤ Cek tegangan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \bar{\sigma} \dots \dots \dots (3.40)$$

$$= \frac{18008}{309,8} \leq \bar{\sigma}$$

$$= 58,13 \text{ kg/cm}^2 \leq 2733,33 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Periksa nilai rasio batang tekan:

$$n = \frac{\sigma}{\bar{\sigma}} < 1,00 \dots \dots \dots (3.41)$$

$$= \frac{58,13}{2733,33} < 1,00$$

$$= 0,02 < 1,00 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

➤ Periksa kelangsingan penampang :

- Sayap

$$\lambda = \frac{b}{2 \times t_2} \dots \dots \dots (3.42)$$

$$= \frac{300}{2 \times 28} = 5,35$$

$$\lambda_r = \frac{625}{\sqrt{F_Y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,87$$

$$\lambda < \lambda_r \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

- Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_1} \dots \dots \dots (3.43)$$

$$= \frac{H-t_2}{t_1} = \frac{900-28}{16} = 54,5$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{F_Y}}$$

$$= \frac{2550}{\sqrt{410}} = 125,93$$

$$\lambda < \lambda_r \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

Kondisi tumpuan jepit-jepit, faktor panjang tekuk $k = 0,65$

- Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\begin{aligned}\lambda_x &= \frac{k \times L_x}{r_x} \\ &= \frac{0,65 \times 750}{36,40} \\ &= 13,4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{cx} &= \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \\ &= \frac{13,4}{\pi} \sqrt{\frac{410}{200000}} \\ &= 0,19\end{aligned}$$

Untuk $\lambda_{cx} < 0,25 \rightarrow \omega_x = 1$

$$\begin{aligned}N_n &= A_g \times f_{cr} = A_g \times \frac{f_y}{\omega_x} \dots \dots \dots (3.44) \\ &= 309,8 \times \frac{410}{1} = 1270,2 \text{ t}\end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} = \frac{60}{0,85 \times 1270,2} = 0,05 < 1$$

- Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\begin{aligned}\lambda_y &= \frac{k \times L_y}{r_y} \\ &= \frac{0,65 \times 750}{6,39} \\ &= 76,29\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{cy} &= \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \\ &= \frac{76,29}{\pi} \sqrt{\frac{410}{200000}} \\ &= 1,1\end{aligned}$$

$$\text{Untuk } 0,25 < \lambda_{cy} < 1,2 \rightarrow \omega_y = \frac{1,43}{1,6-0,67\lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = \frac{1,43}{1,6-0,67\lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = \frac{1,43}{1,6-0,67 \times 1,1}$$

$$\omega_y = 1,66$$

$$N_n = A_g \times f_{cr} = A_g \times \frac{f_y}{\omega_y} \dots\dots\dots (3.44)$$

$$= 309,8 \times \frac{410}{1,66}$$

$$= 765,168 \text{ t}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} = \frac{120}{0,85 \times 765,168} = 0,09 < 1$$

2. Batang tarik

Profil IWF 300.300.10.15

$$P = 5709 \text{ kg (batang 1164)}$$

$$F_{nt} = 0,85 \times A$$

$$= 0,85 \times 309,8$$

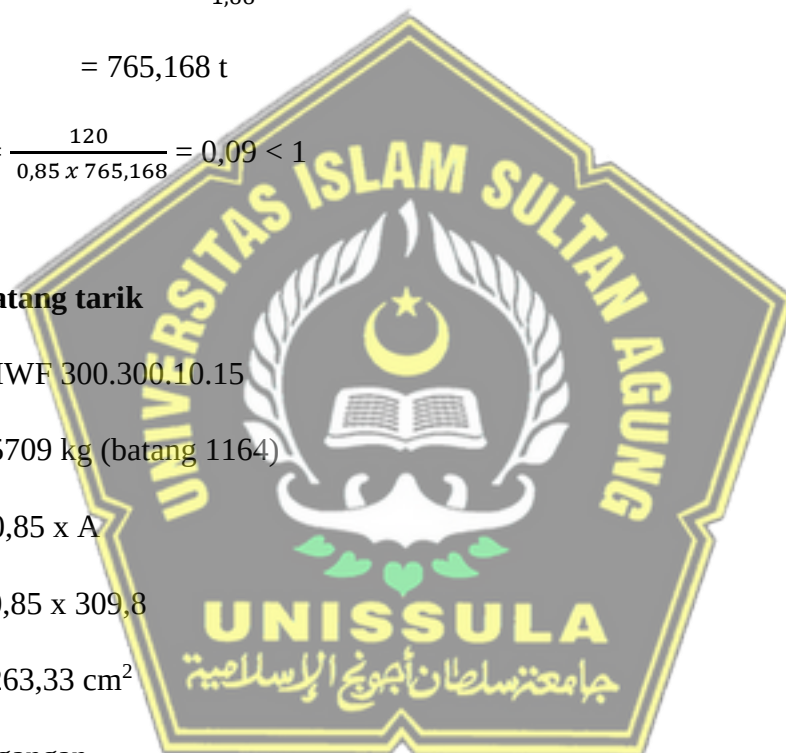
$$= 263,33 \text{ cm}^2$$

Cek tegangan

$$\sigma = \frac{P}{F_{nt}} < \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.45)$$

$$= \frac{5709}{263,33} < \bar{\sigma}$$

$$= 26,68 \text{ kg/cm}^2 < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$



4.8.3. Pendimensian tiang rangka baja

A. Pendimensian tiang rangka baja profil IWF 900.300.16.28 tinggi 30 meter

Gambar dan tabel profil IWF 900.300.16.28 sama dengan Gambar 4.55 dan Tabel 4.3.

1. Batang tekan

Profil IWF 900.300.16.28

P = -14959 kg (batang 765)

Lk = 30 m

➤ Stabilitas batang tekan terhadap bahaya tekuk:

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{Lk}{ix} \\ &= \frac{3000}{36,40} \\ &= 82,42 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_g &= \pi \times \sqrt{\frac{E}{0,7 \times \sigma_1}} \\ &= 3,14 \times \sqrt{\frac{2,1 \times 10^5}{0,7 \times 410}} \\ &= 84,937\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_s &= \frac{\lambda}{\lambda_g} \\ &= \frac{82,42}{84,937} = 0,97\end{aligned}$$

$$\text{Untuk } 0,183 < \lambda_s < 1 \rightarrow \omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$$

$$\omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$$

$$= \frac{1,41}{1,593 - 0,97}$$

$$= 2,26$$

Maka:

$$\frac{(P \times \omega)}{F} < \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.39)$$

$$= \frac{(14959 \times 2,26)}{309,8} = 109,12 \text{ kg/cm}^2 < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

➤ Cek tegangan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.40)$$

$$= \frac{14959}{309,8} \leq \bar{\sigma}$$

$$= 48,29 \text{ kg/cm}^2 \leq 2733,33 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Periksa nilai rasio batang tekan:

$$n = \frac{\sigma}{\bar{\sigma}} < 1,00 \dots\dots\dots (3.41)$$

$$= \frac{48,29}{2733,33} < 1,00$$

$$= 0,02 < 1,00 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

➤ Periksa kelangsingan penampang :

- Sayap:

$$\lambda = \frac{b}{2 \times t_2} \dots\dots\dots (3.42)$$

$$= \frac{300}{2 \times 28} = 5,35$$

$$\lambda_r = \frac{625}{\sqrt{F_Y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,87$$

$$\lambda < \lambda_r \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

- Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_1} \dots\dots\dots (3.43)$$

$$= \frac{H-t_2}{t_1} = 54,5$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{F_Y}} = \frac{2550}{\sqrt{410}} = 125,93$$

$\lambda < \lambda_r \rightarrow$ memenuhi persyaratan

Kondisi tumpuan jepit-jepit, faktor panjang tekuk $k = 0,65$

- Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\lambda_x = \frac{k x L_x}{r_x}$$

$$= \frac{0,65 x 3000}{36,40}$$

$$= 53,57$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$= \frac{53,57}{\pi} \sqrt{\frac{410}{200000}}$$

$$= 0,77$$

$$\text{Untuk } 0,25 < \lambda_{cx} < 1,2 \rightarrow \omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_{cx}}$$

$$\omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_{cx}}$$

$$\omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 x 0,77}$$

$$\omega_x = 1,32$$

$$N_n = A_g x f_{cr} = A_g x \frac{f_y}{\omega_x} \dots\dots\dots (3.44)$$

$$= 309,8 x \frac{410}{1,32}$$

$$= 962,26 \text{ t}$$

$$\frac{N_u}{\phi c N_n} = \frac{60}{0,85 x 962,26} = 0,07 < 1$$

- Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\lambda_y = \frac{k \times L_y}{r_y}$$

$$= \frac{0,65 \times 3000}{6,39}$$

$$= 305,16$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$= \frac{305,16}{\pi} \sqrt{\frac{410}{200000}}$$

$$= 4,4$$

Untuk $\lambda_{cy} > 1,2 \rightarrow \omega_y = 1,25 \times \lambda_{cy}^2$

$$\omega_y = 1,25 \times \lambda_{cy}^2$$

$$\omega_y = 1,25 \times 4,4^2$$

$$\omega_y = 24,2$$

$$N_n = A_g \times f_{cr} = A_g \times \frac{f_y}{\omega_y} \dots \dots \dots (3.44)$$

$$= 309,8 \times \frac{410}{24,2} = 524,86 \text{ t}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} = \frac{60}{0,85 \times 524,86} = 0,13 < 1$$

2. Batang tarik

Profil IWF 900.300.16.28

$$P = 11391 \text{ kg (batang 768)}$$

$$F_{nt} = 0,85 \times A$$

$$= 0,85 \times 309,8 = 263,33 \text{ cm}^2$$

Cek tegangan

$$\sigma = \frac{P}{F_{nt}} < \bar{\sigma} \dots \dots \dots (3.45)$$

$$= \frac{11391}{263,33} < \bar{\sigma}$$

$$= 43,26 \text{ kg/cm}^2 < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

B. Pendimensionian tiang rangka profil IWF 900.300.16.28 tinggi 2 meter

Gambar dan tabel profil IWF 900.300.16.28 sama dengan Gambar 4.55 dan Tabel 4.3.

1. Batang tekan

Profil IWF 900.300.16.28

$$P = -4668 \text{ kg (batang 765)}$$

$$L_k = 2 \text{ m}$$

➤ Stabilitas batang tekan terhadap bahaya tekuk:

$$\lambda = \frac{L_k}{i_x}$$

$$= \frac{200}{36,40}$$

$$= 5,49 \text{ cm}$$

$$\lambda_g = \pi \times \sqrt{\frac{E}{0,7 \times \sigma_1}}$$

$$= 3,14 \times \sqrt{\frac{2,1 \times 10^5}{0,7 \times 410}} = 84,937$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g}$$

$$= \frac{5,49}{84,937} = 0,06$$

Untuk $\lambda_s < 0,183 \rightarrow \omega = 1$



Maka:

$$\frac{(P \times \omega)}{F} < \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.39)$$

$$= \frac{(4668 \times 1)}{309,8} = 15,06 \text{ kg/cm}^2 < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

➤ Cek tegangan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.40)$$

$$= \frac{4668}{309,8} \leq \bar{\sigma}$$

$$= 15,07 \text{ kg/cm}^2 \leq 2733,33 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Periksa nilai rasio batang tekan

$$n = \frac{\sigma}{\bar{\sigma}} < 1,00 \dots\dots\dots (3.41)$$

$$= \frac{15,07}{2733,33} < 1,00$$

$$= 0,005 < 1,00 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

➤ Periksa kelangsingan penampang :

- Sayap:

$$\lambda = \frac{b}{2 \times t_2} \dots\dots\dots (3.42)$$

$$= \frac{300}{2 \times 28} = 5,35$$

$$\lambda_r = \frac{625}{\sqrt{F_Y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,87$$

$$\lambda < \lambda_r \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

- Badan:

$$\lambda = \frac{h}{t_1} \dots\dots\dots (3.43)$$

$$= \frac{H-t_2}{t_1} = \frac{900-28}{16} = 54,5$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{F_Y}}$$

$$= \frac{2550}{\sqrt{410}} = 125,93$$

Untuk $\lambda < \lambda_r \rightarrow$ memenuhi persyaratan

Kondisi tumpuan jepit-jepit, faktor panjang tekuk $k = 0,65$

- Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\begin{aligned}\lambda_x &= \frac{k \times L_x}{r_x} \\ &= \frac{0,65 \times 200}{36,40} \\ &= 3,57\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{cx} &= \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \\ &= \frac{3,57}{\pi} \sqrt{\frac{410}{200000}} \\ &= 0,05\end{aligned}$$

Untuk $\lambda_{cx} < 0,25 \omega_x = 1$

$$\begin{aligned}N_n &= A_g \times f_{cr} = A_g \times \frac{f_y}{\omega_x} \dots \dots \dots (3.44) \\ &= 309,8 \times \frac{410}{1} \\ &= 1270,2 \text{ t}\end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} = \frac{60}{0,85 \times 1270,2} = 0,05 < 1$$

- Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\begin{aligned}\lambda_y &= \frac{k \times L_y}{r_y} \\ &= \frac{0,65 \times 200}{6,39} \\ &= 20,34\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{cy} &= \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \\ &= \frac{20,34}{\pi} \sqrt{\frac{410}{200000}} \\ &= 0,29\end{aligned}$$

$$\text{Untuk } 0,25 < \lambda_{cy} < 1,2 \rightarrow \omega_y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,29}$$

$$\omega_y = 1,02$$

$$\begin{aligned}N_n &= A_g \times f_{cr} = A_g \times \frac{f_y}{\omega_y} \dots\dots\dots (3.44) \\ &= 309,8 \times \frac{410}{1,02} = 1245,27 \text{ t}\end{aligned}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} = \frac{60}{0,85 \times 1245,27} = 0,06 < 1$$

2. Batang tarik

Profil IWF 900.300.16.28

P = 4192 kg (batang 794)

$$F_{nt} = 0,85 \times A$$

$$= 0,85 \times 309,8 = 263,33 \text{ cm}^2$$

Cek tegangan:

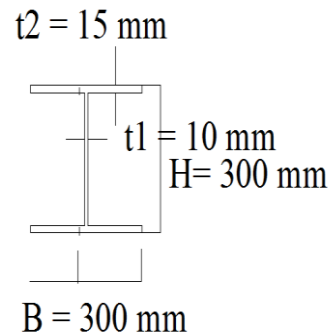
$$\sigma = \frac{P}{F_{nt}} < \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.45)$$

$$= \frac{4192}{263,33} < \bar{\sigma}$$

$$= 15,92 \text{ kg/cm}^2 < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

4.8.4. Pendimensian diagonal tiang rangka baja

A. Pendimensian diagonal tiang rangka baja IWF 300.300.10.15



Gambar 4.56 Profil baja IWF 300.300.10.15

Tabel 4.4 Profil baja IWF 300.300.10.15

Profil IWF	Berat (kg/m)	Ukuran (mm)				
		H	B	t1	t2	r
300 x 300	94	300	300	10	15	18

Luas Tampang	Momen Inersia		Jari-Jari Inersia		Momen Lawan	
	Ix	Iy	ix	Iy	Wx	Wy
119,8	20400	6750	13,10	7,51	1360	450

1. Batang tekan

Profil IWF 300.300.10.15

P = -670 kg (batang 1142)

Lk = 4,25 m

➤ Stabilitas batang tekan terhadap bahaya tekuk:

$$\lambda = \frac{Lk}{ix}$$

$$= \frac{425}{13,10}$$

$$= 32,44 \text{ cm}$$

$$\lambda_g = \pi \times \sqrt{\frac{E}{0,7 \times \sigma_1}}$$

$$= 3,14 \times \sqrt{\frac{2,1 \times 10^5}{0,7 \times 410}} = 84,937$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g}$$

$$= \frac{32,44}{84,937} = 0,382$$

$$\text{Untuk } 0,183 < \lambda_s < 1 \rightarrow \omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$$

$$\omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$$

$$= \frac{1,41}{1,593 - 0,382}$$

$$= 1,16$$

Maka:

$$\frac{(P \times \omega)}{F} < \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.39)$$

$$= \frac{(670 \times 1,16)}{119,8} = 6,49 \text{ kg/cm}^2 < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

➤ Cek tegangan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \bar{\sigma} \dots\dots\dots (3.40)$$

$$= \frac{670}{119,8} \leq \bar{\sigma}$$

$$= 5,59 \text{ kg/cm}^2 \leq 2733,33 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Periksa nilai rasio batang tekan:

$$n = \frac{\sigma}{\bar{\sigma}} < 1,00 \dots\dots\dots (3.41)$$

$$= \frac{5,59}{2733,33} < 1,00$$

$$= 0,002 < 1,00 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

➤ Periksa kelangsingan penampang :

- Sayap

$$\lambda = \frac{b}{2 \times t_2} \dots\dots\dots (3.42)$$

$$= \frac{300}{2 \times 15} = 10$$

$$\lambda_r = \frac{625}{\sqrt{F_Y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,87$$

$\lambda < \lambda_r \rightarrow$ memenuhi persyaratan

- Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_1} \dots\dots\dots (3.43)$$

$$= \frac{H-t_2}{t_1} = \frac{300-15}{10} = 28,5$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{F_Y}} = \frac{2550}{\sqrt{410}} = 125,93$$

$\lambda < \lambda_r \rightarrow$ memenuhi persyaratan

Kondisi tumpuan jepit-jepit, faktor panjang tekuk $k = 0,65$

- Arah sumbu kuat (sumbu x):

$$\lambda_x = \frac{k \times L_x}{r_x}$$

$$= \frac{0,65 \times 425}{13,10} = 21,09$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$= \frac{21,09}{\pi} \sqrt{\frac{410}{200000}}$$

$$= 0,3$$

$$\text{Untuk } 0,25 < \lambda_{cx} < 1,2 \rightarrow \omega_x = \frac{1,43}{1,6-0,67\lambda_{cx}}$$

$$\omega_x = \frac{1,43}{1,6-0,67\lambda_{cx}}$$

$$\omega_x = \frac{1,43}{1,6-0,67 \times 0,3} = 1,02$$

$$N_n = A_g \times f_{cr} = A_g \times \frac{f_y}{\omega_x} \dots\dots\dots (3.44)$$

$$= 119,8 \times \frac{410}{1,02}$$

$$= 481,55 \text{ t}$$

$$\frac{N_u}{\phi N_n} = \frac{30}{0,85 \times 481,55} = 0,07 < 1$$

- Arah sumbu lemah (sumbu y):

$$\lambda_y = \frac{k \times L_y}{r_y}$$

$$= \frac{0,65 \times 425}{7,51}$$

$$= 36,78$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$= \frac{36,78}{\pi} \sqrt{\frac{410}{200000}}$$

$$= 0,53$$

$$\text{Untuk } 0,25 < \lambda_{cy} < 1,2 \rightarrow \omega_y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_{cy}}$$

$$\omega_y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,53}$$

$$\omega_y = 1,15$$

$$N_n = A_g \times f_{cr} = A_g \times \frac{f_y}{\omega_y} \dots\dots\dots (3.44)$$

$$= 119,8 \times \frac{410}{1,15} = 427,11 \text{ t}$$

$$\frac{N_u}{\phi N_n} = \frac{30}{0,85 \times 427,11} = 0,08 < 1$$



2. Batang tarik

Profil IWF 300.300.10.15

P = 311 kg (batang 1137)

F_{nt} = 0,85 x A

= 0,85 x 119,8

= 101,83 cm²

Cek tegangan

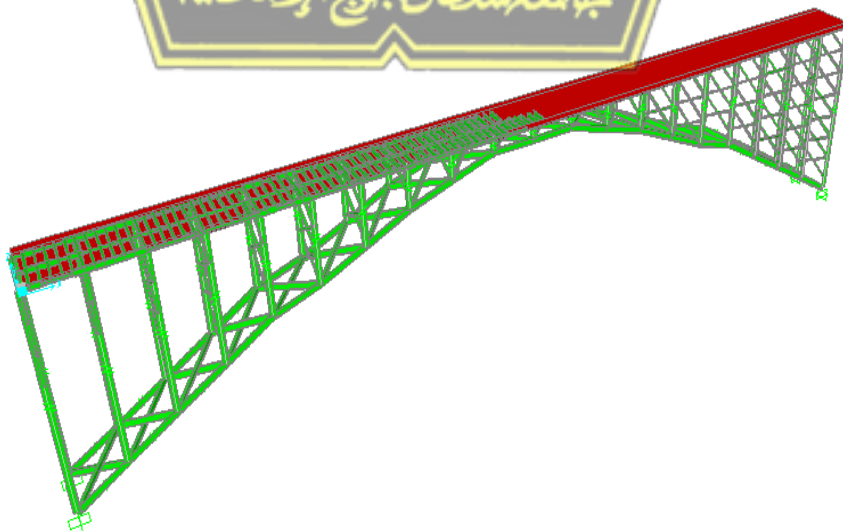
$$\sigma = \frac{P}{F_{nt}} < \bar{\sigma} \dots \dots \dots (3.45)$$

$$= \frac{311}{101,83} < \bar{\sigma}$$

$$= 3,05 \text{ kg/cm}^2 < 2733,33 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

4.9. Permodelan Jembatan Pelengkung Rangka Baja

Permodelan pada jembatan pelengkung rangka baja menggunakan aplikasi SAP2000 V.14. Model rangka batang baja dimodelkan dalam koordinat 3D, rangka batang baja dimodelkan dengan elemen frame, karena mempermudah proses analisis menggunakan program dengan hasil yang cukup baik.



Gambar 4.57 Permodelan program SAP2000

4.9.1. Input pembebanan

Daftar pembebanan pada jembatan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil perhitungan pembebanan

Pembebanan	
MS	0,48 ton/m ²
MA	2,33 ton/m ²
TD	65,9 ton/m ²
TP	0,5 ton/m ²
TB	0,354 ton
Ews tekan	2,8 ton
Ews hisap	1,428 ton
EQ Ss	1,214
EQ S1	0,448

1. Beban Sendiri (MS)

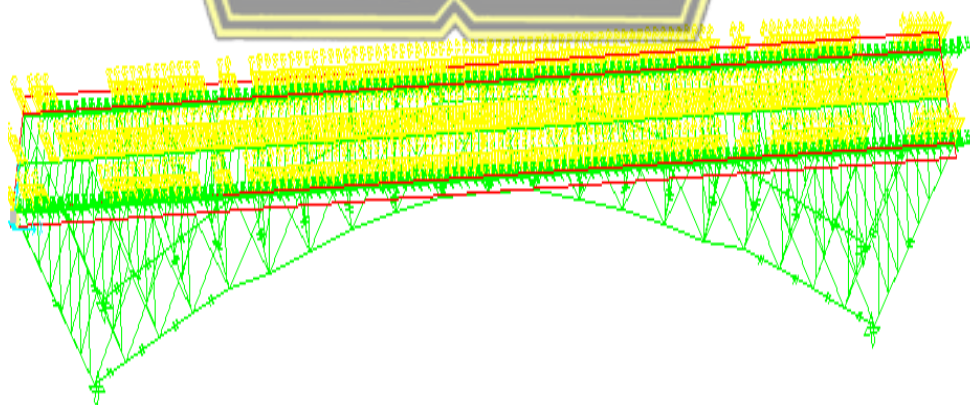
Perhitungan secara otomatis oleh program SAP2000.

2. Beban Mati Tambahan (MA)

Beban dimasukkan ke program SAP2000 pada area plat lantai jembatan.

3. Beban Lajur (TD)

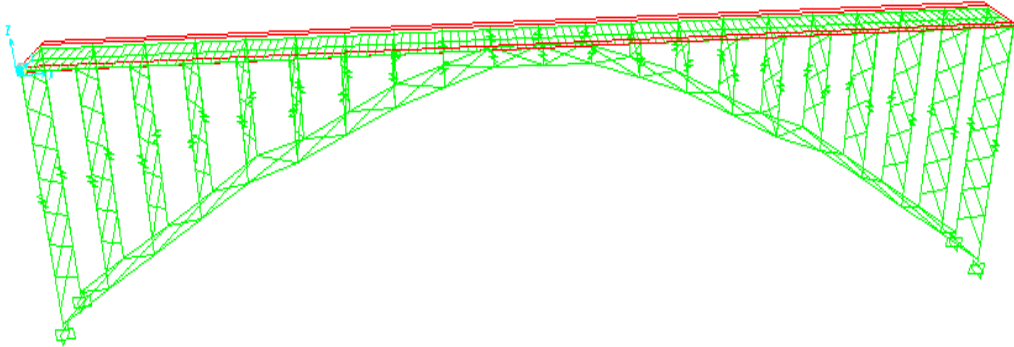
Beban lajur terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban truk “T”. Dimasukkan pada frame.



Gambar 4.58 Permodelan beban lajur

4. **Beban Pejalan Kaki (TP)**

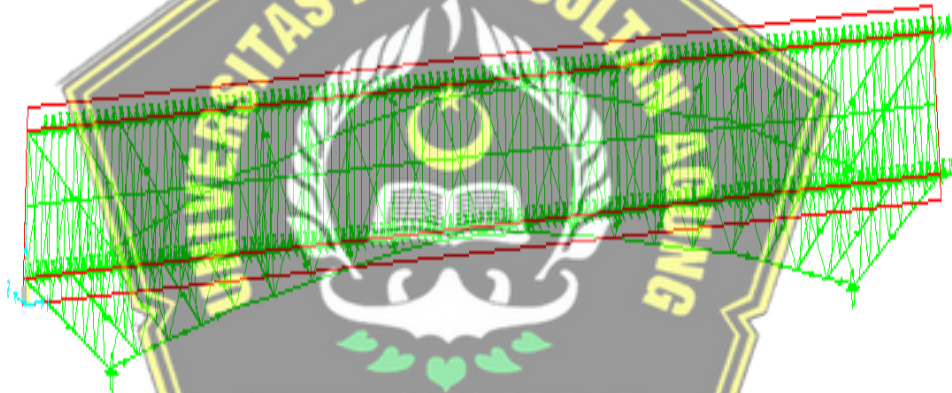
Beban dimasukkan di bagian trotoar.



Gambar 4.59 Permodelan beban pejalan kaki

5. **Beban Rem (TB)**

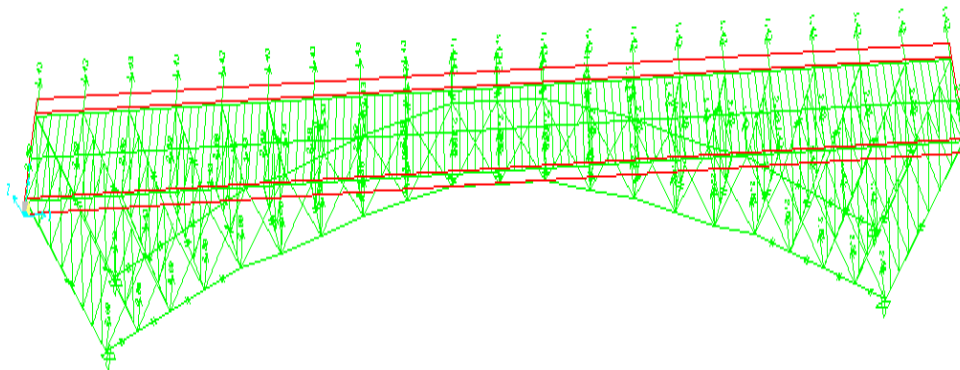
Beban rem yang dimasukkan disetiap joint pada program SAP2000.



Gambar 4.60 Permodelan beban rem

6. **Beban Angin Struktur**

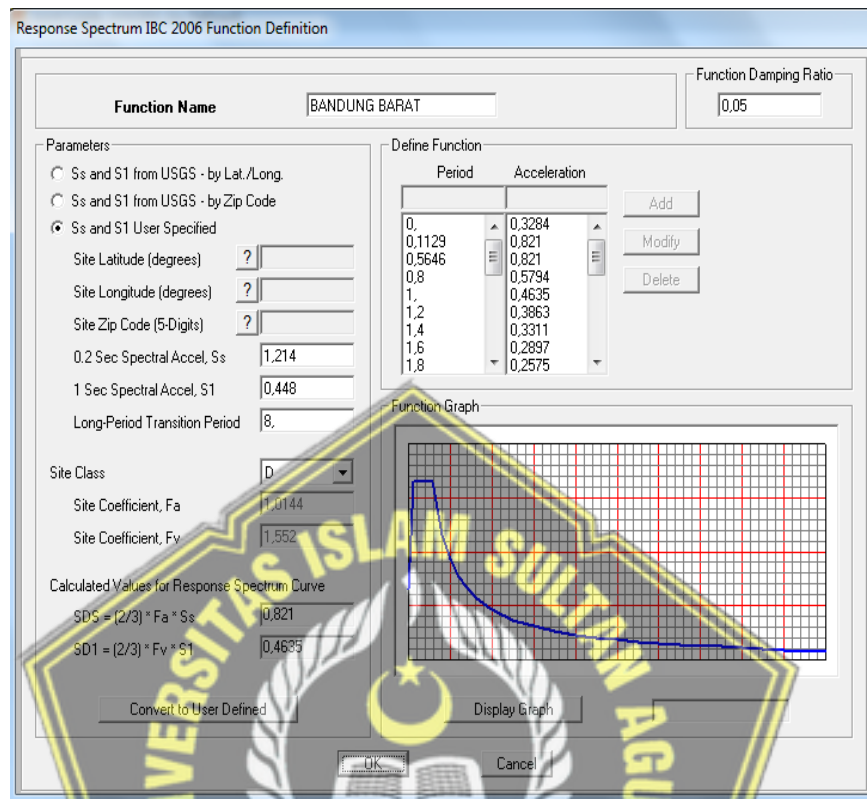
Beban angin struktur yang dimasukkan pada joint penyangga jembatan.



Gambar 4.61 Permodelan beban angin struktur

7. Beban Gempa (EQ)

Beban gempa menggunakan respon spectrum dan berada di wilayah bandung barat.

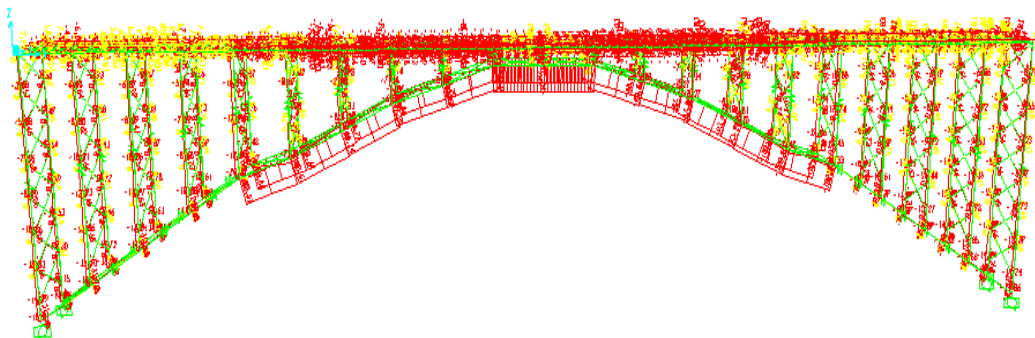


Gambar 4.62 Respon spectrum

4.9.2. Output Program

Gaya dalam program yang digunakan untuk perhitungan jembatan lengkung rangka baja adalah gaya aksial (P).

1. Gaya Aksial

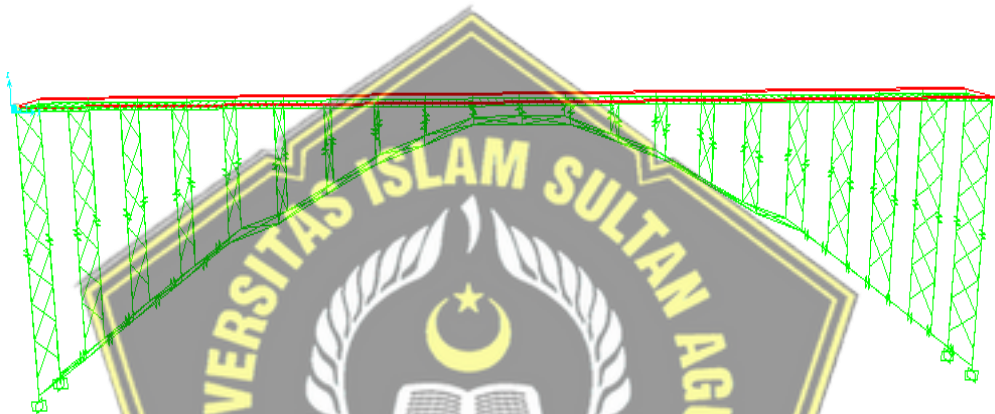


Gambar 4.63 Gaya aksial

2. Gaya Geser



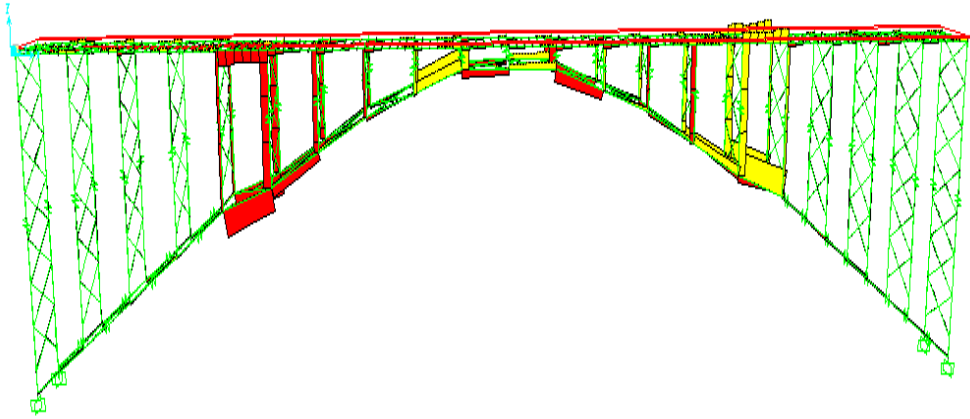
Gambar 4.64 Gaya geser dari beban mati



Gambar 4.65 Gaya geser dari beban hidup



Gambar 4.66 Gaya geser dari beban angin



Gambar 4.67 Gaya geser dari beban kombinasi



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan jembatan pelengkung rangka baja didapatkan kesimpulan seperti:

- a. Perencanaan Struktur Bangunan Atas Jembatan Pelengkung Rangka Baja menggunakan bentang total 150 m dengan lebar jembatan 10,10 m.
- b. Gelagar memanjang menggunakan profil baja IWF 350 x 175 x 7 x 11 dan gelagar melintang dengan menggunakan profil baja IWF 700 x 300 x 13 x 24.
- c. Pelat lantai jembatan menggunakan material beton dengan tebal 20 cm dan menggunakan tulangan Ø13-150.
- d. Rangka pelengkung baja dengan profil baja IWF 900 x 300 x 16 x 28 dan rangka diagonalnya dengan profil baja IWF 900 x 300 x 16 x 28.
- e. Rangka tiang menggunakan profil baja IWF 900 x 300 x 16 x 28 dan rangka diagonalnya dengan profil baja IWF 300 x 300 x 10 x 15.
- f. Sambungan menggunakan baut diameter 22 mm.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan perencanaan, dapat diberikan masukan atau sanggahan berupa saran sebagai berikut:

- a. Dari hasil penelitian perencanaan ini, sebaiknya untuk menggunakan literatur sebanyak mungkin untuk merencanakan dan menghitung struktur bangunan atas jembatan pelengkung rangka baja untuk mencapai hasil yang baik.
- b. Untuk perencanaan selanjutnya, sebaiknya merencanakan dan menghitung struktur pondasi atau struktur bawah untuk mendapatkan hasil yang lebih lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dion Falerio Lili. (2019). Alternatif Perencanaan Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Tipe Camel Back Truss Dengan Menggunakan Metode LRFD. Jurnal Perencanaan Jembatan Rangka Baja hal. 2. Penerbit: Institut Teknologi Malang.
2. Ria Dewi Sugiono. (2016). Analisa Perencanaan Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Tipe Camel Back Truss. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Vol. 03 hal. 88. Penerbit: Universitas Negeri Surabaya.
3. Victor, D. Johnson. (1980). Essential of Bridge Engineering. Penerbit: Oxford & IBH Publishing Company. England.
4. <http://eprints.unmm.ac.id/41469/3/BAB%20II.pdf> , Diakses tanggal 30 Maret 2021.
5. Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Nomor: 07/SE/M/2015 Tahun 2015. Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan. Penerbit: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
6. Peraturan Perencanaan Jembatan. Penerbit: Direktorat Jendral Bina Marga
7. https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/3221/8/UNIKOM_Muhammad%20Rizki%20Noeradji_BAB%20II.pdf. Diakses tanggal 9 Juni 2021.
8. https://simantu.pu.go.id/epel/edok/42b00_1_kriteria_dan_pembebanan_jembatan.pdf. Diakses tanggal 22 Mei 2021.
9. https://www.academia.edu/9791586/PEMBANGUNAN_INFRASTRUKTUR_JALAN_DAN_JEMBATAN_YANG_BERWAWASAN_LINGKUNGAN_ABSTRAK. Diakses tanggal 1 Juni 2021.

10. Standar Nasional Indonesia. Nomor: 1725:2016 Tahun 2016. Pembebanan Untuk Jembatan. Jakarta. Penerbit: Badan Standarisasi Nasional.
11. Razi Faisal, Bambang Soewarto, dan M. Yusuf (2014). Perhitungan Struktur Jembatan Lengkung Rangka Baja Dua Tumpuan Bentang 120 Meter. Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang Vol.2 No.2. Penerbit: Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura
12. Febry Suhendra, Faisal Ananda, dan Alamsyah (2018). Perencanaan Jembatan Rangka Baja Pelengkung Sungai Liong. Jurnal Gradasi Teknik Sipil Vol. 2 No. 2. Penerbit: Politeknik Negri Banjarmasin.
13. Daryl Julian Muhammad Akbar dan Endah Wahyuni (2018). Modifikasi Perencanaan Jembatan Sipait Pekalongan dengan Menggunakan Sistem Jembatan Busur Rangka Baja. Jurnal Teknik ITS Vol. 7, No. 2. Penerbit: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
14. <http://detaraisa.blogspot.com/2013/03/proses-desain-struktur-bangunan.html>. Diakses tanggal 23 April 2021.
15. <https://karemalang.wordpress.com/2019/04/25/bagian-bagian-jembatan/#:~:text=Struktur%20atas%20jembatan%20adalah%20bagian,saluran%20ke%20struktur%20bawah%20jembatan>. Diakses tanggal 11 April 2021
16. <https://www.situstekniksipil.com/2017/02/perencanaan-teknis-pelat-lantai-jembatan.html>. Diakses tanggal 23 April 2021.



LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Tabel Jumlah lajur lalu lintas rencana

Tipe Jembatan ⁽¹⁾	Lebar Bersih Jembatan (w) ⁽²⁾ (m)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (n)
Satu Jalur	$3,00 \leq w < 5,25$	1
Dua Arah, tanpa Median	$5,25 \leq w < 7,50$	2
	$7,50 \leq w < 10,0$	3
	$10,0 \leq w < 12,5$	4
	$12,500 \leq w < 15,0$	5
	$w \geq 15,25$	6
Dua Arah, dengan Median	$5,50 \leq w \leq 8,00$	2
	$8,25 \leq w \leq 10,75$	3
	$11,00 \leq w \leq 13,50$	4
	$13,75 \leq w \leq 16,25$	5
	$w \geq 16,50$	6
Catatan ⁽¹⁾ : Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.		
Catatan ⁽²⁾ : Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak kerb/rintangan/median dan median untuk banyak arah.		

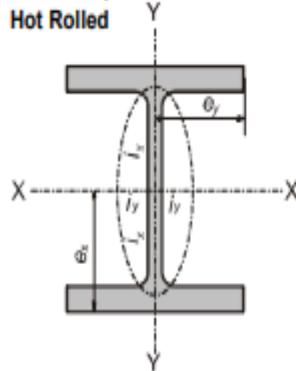
Sumber: [10]



Wide Flange Shape

Product Specifications

Hot Rolled



Geometrical moment of inertia

$$I = Ai^2$$

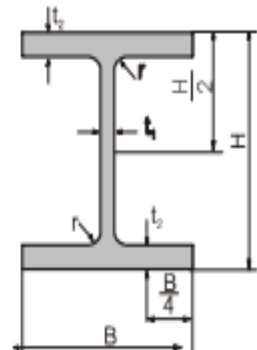
Radius of gyration of area

$$I = \sqrt{I/A}$$

Modulus of section

$$z = I/e$$

(A = sectional area)



According JIS G 3192

Metric Size

Standard Sectional Dimension					Section Area A cm ²	Unit Weight kg/m	Informative Reference					
Nominal Dimensional mm	H x B mm	t1 mm	t2 mm	r mm			Geometrical Moment Of Inertia I cm ⁴		Radius Of Gyration Of Area ix cm		Modulus Of Section Zx cm ³	
100 x 100	100 x 100	6	8	10	21.90	17.20	383	134	4.18	2.47	76.50	26.7
125 x 125	125 x 125	6.5	9	10	30.31	23.80	847	293	5.29	3.11	136.00	47.00
150 x 75	150 x 75	5	7	8	17.85	14.00	666	50	6.11	1.66	8.88	13.20
150 x 100	150 x 100	6	9	11	26.84	21.10	1,020	151	6.17	2.37	138.00	30.10
150 x 150	150 x 150	7	10	11	40.14	31.50	1,640	563	6.39	3.75	219.00	75.10
175 x 175	175 x 175	7.5	11	12	51.21	40.20	2,880	984	7.50	4.38	330.00	112.00
200 x 100	198 x 99	4.5	7	11	23.18	18.20	1,580	114	8.26	2.21	160.00	23.00
	200 x 100	5.5	8	11	27.16	21.30	1,840	134	8.24	2.22	184.00	26.80
200 x 150	194 x 150	6	9	12	38.80	30.60	2,675	507	8.30	3.60	275.80	67.60
200 x 200	200 x 200	8	12	13	63.53	49.90	4,720	1,600	8.62	5.02	472.00	160.00
250 x 125	248 x 124	5	8	12	32.68	25.70	3,540	255	10.40	2.79	285.00	41.10
	250 x 125	6	9	12	37.66	29.60	4,050	294	10.40	2.79	324.00	47.00
250 x 250	250 x 250	9	14	16	92.18	72.40	10,800	3,650	10.80	6.29	867.00	292.00
300 x 150	298 x 149	5.5	8	13	40.80	32.00	6,320	442	12.40	3.29	424.00	59.30
	300 x 150	6.5	9	13	46.78	36.70	7,210	508	12.40	3.29	481.00	67.70
300 x 300	300 x 300	10	15	18	119.80	94.00	20,400	6,750	13.10	7.51	1,360.00	450.00
350 x 175	346 x 174	6	9	14	52.68	41.40	11,100	792	14.50	3.88	641.00	91.00
	350 x 175	7	11	14	63.14	49.60	13,600	984	14.70	3.95	775.00	112.00
350 x 350	350 x 350	12	19	20	173.9	137.00	40,300	13,600	15.20	8.84	2,300.00	776.00
400 x 200	396 x 199	7	11	16	72.16	56.60	20,000	1,450	16.70	4.48	1,010.00	145.00
	400 x 200	8	13	16	84.1	66.00	23,700	1,740	16.80	4.54	1,190.00	174.00
400 x 400	400 x 400	13	21	22	218.7	172.00	66,600	22,400	17.50	10.10	3,330.00	1120.00
450 x 200	450 x 200	9	14	18	96.8	76.00	33,500	1,870	18.60	4.40	1,490.00	187.00
500 x 200	500 x 200	10	16	20	114.2	89.60	47,800	2,140	20.50	4.33	1,910.00	214.00
600 x 200	600 x 200	11	17	22	134.4	106.00	77,600	2,280	24.00	4.12	2,590.00	228.00
600 x 200	588 x 300	12	20	28	192.5	151.00	118,000	9,020	24.80	6.85	4,020.00	601.00
700 x 300	700 x 300	13	24	28	235.5	185.00	201,000	10,800	29.30	6.78	5,760.00	722.00
800 x 300	800 x 300	14	26	28	267.4	210.00	292,000	11,700	33.00	6.62	7,290.00	782.00
900 x 300	900 x 300	16	28	28	309.8	243.00	411,000	12,600	36.40	6.39	9,140.00	843.00

FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG	Denah Jembatan Skala 1:100	
	Detail Gambar Rencana	
	DESAIN JEMBATAN LENGKUNG RANGKA BAJA	
	Dosen Pembimbing I	
	Dr. Ir. H. Sumirin, MS	
	Dosen Pembimbing II	
	Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng.Sc., Ph.D	
	Menggambar	
	Rofiatul Fatmashihah 30201700162	
	Utari Hartanti 30201700176	
	Judul Gambar	
	Denah Jembatan	
Halaman		Jumlah Gambar
01		10

Potongan Memanjang
Skala 1:50

FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG	Detail Gambar Rencana	
	DESAIN JEMBATAN LENGKUNG RANGKA BAJA	
	Dosen Pembimbing I	
	Dr. Ir. H. Sumirin, MS	
	Dosen Pembimbing II	
	Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng.Sc., Ph.D	
	Menggambar	
	Rofiatul Fatmashihah 30201700162	
	Utari Hartanti 30201700176	
	Judul Gambar	
Rangka Penyangga		
Halaman	Jumlah Gambar	
04	10	



FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM
SULTAN AGUNG
SEMARANG

Detail Gambar Rencana

DESAIN JEMBATAN
LENGKUNG RANGKA
BAJA

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. H. Sumirin, MS

Dosen Pembimbing II

Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R. Eng.Sc., Ph.D

Menggambar

Rofi'atul Fatinnashihah
30201700162

Utari Hartanti
30201700176

Judul Gambar

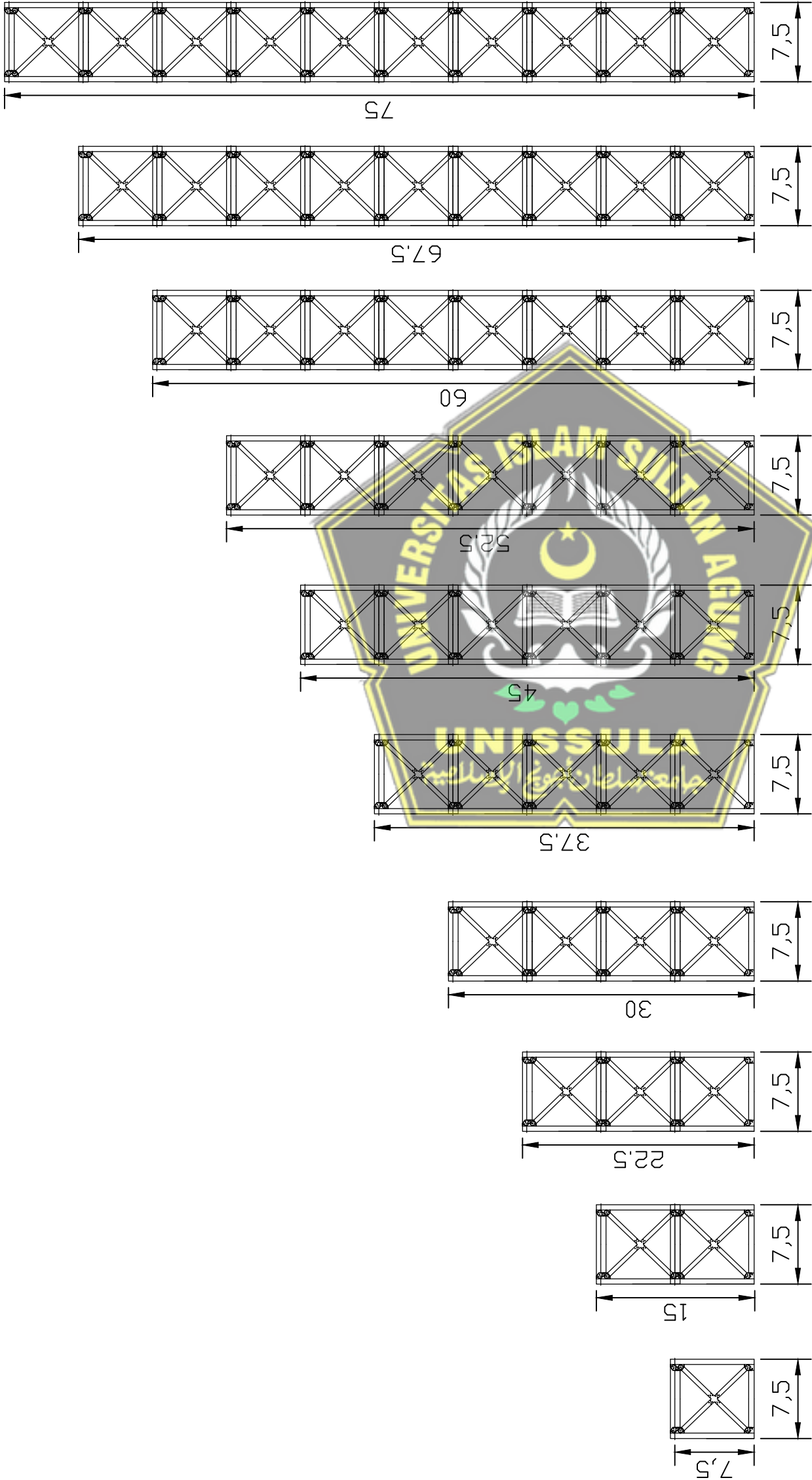
Rangka Pelengkung

Halaman

Jumlah Gambar

05

10



Rangka Pelengkung
Skala 1:100

FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG														
Detail Gambar Rencana		DESAIN JEMBATAN LENGKUNG RANGKA BAJA		Dosen Pembimbing I	Dr. Ir. H. Sumit'n, MS	Dosen Pembimbing II	Ir. Gatot Rusbintardjo,M.R.Eng.Sc.,Ph.D	Menggambar	Rofiatul Fatmashihah 30201700162	Utari Hartanti 30201700176	Judul Gambar	Detail Penghubung	Halaman	Jumlah Gambar
07		10												



FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM
SULTAN AGUNG
SEMARANG

Detail Gambar Rencana

DESAIN JEMBATAN
LENGKUNG RANGKA
BAJA

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. H. Sumirtn, MS

Dosen Pembimbing II

Ir. Gatot Rusbintardjo,M.R.Eng.Sc.,Ph.D

Menggambar

Roffatul Fatmahanifah
30201700162

Utari Hartanti
30201700176

Judul Gambar

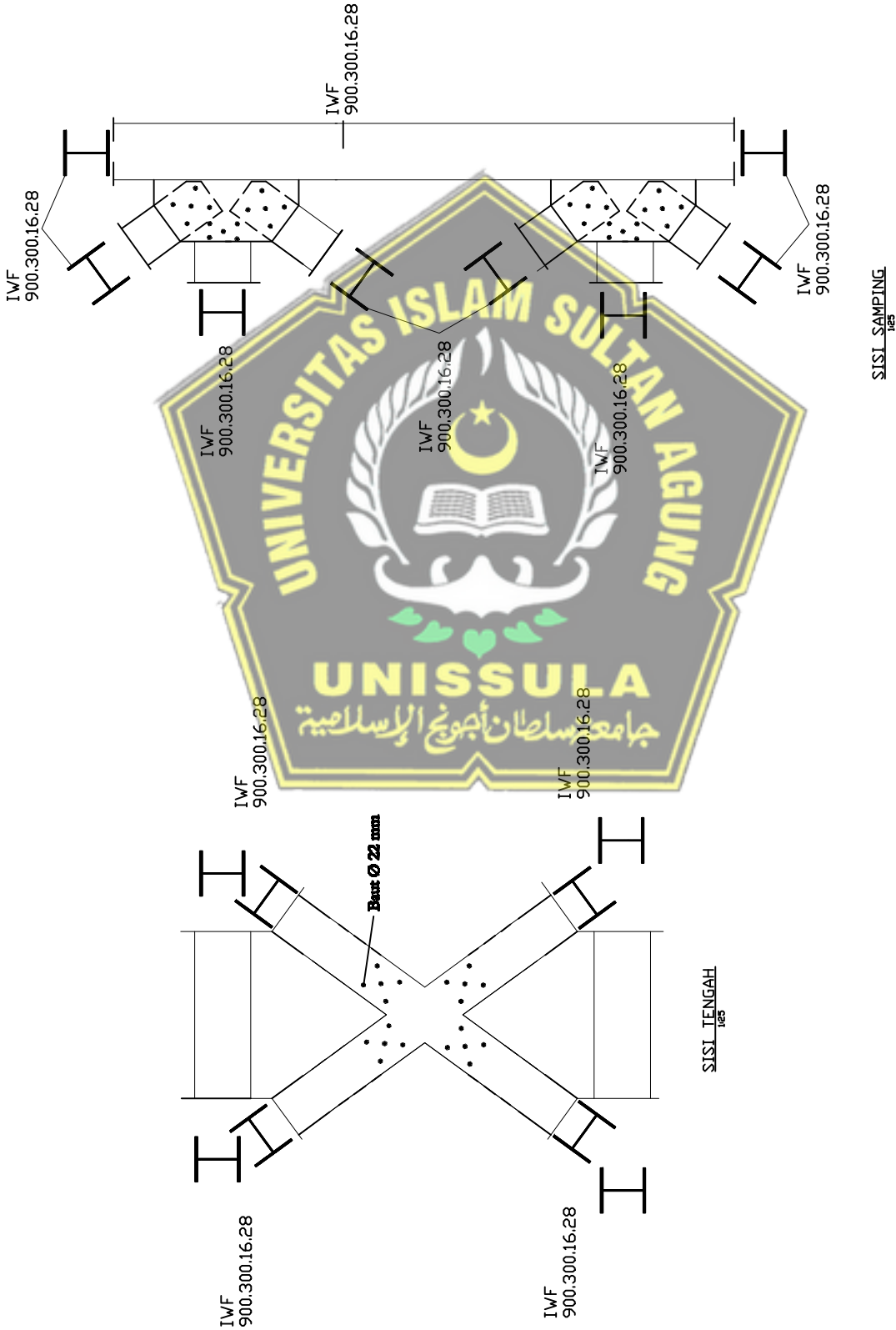
Detail Penghubung
Rangka Lengkung

Halaman

08

Jumlah Gambar

10



PENGHUBUNG DIAGONAL RANGKA LENGKUNG
1:25



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Rofi'atul Fatinnashihah (30201700162)
 Utari Hartanti (30201700176)
 Tugas : Laporan Tugas Akhir

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	Kamis, 25-03-2021	- Studi Pustaka - lihat gambar (desain & foto) yg sudah ada sbg benchmark	
2.	Selasa, 27 April 2021	- Deskripsi panel 2 dll, SWI yg dicari - Melinis tegap profil banyu tle, tali dst ditulis rumus dan foto - SWI	
3.	Jumat, 30 April 2021	- Tambahi perhitungan baut	
4.	Jumat, 4 Juni 2021	- Perbaiki gambar detail autocad	
5.	Senin, 14 Juni 2021		

LEMBAR ASISTENSI



Nama : Rofi'atul Fatinnashihah (30201700162)
 Utari Hartanti (30201700176)
 Tugas : Laporan Tugas Akhir
 Dosen Pembimbing 1 : Dr. Ir. H. Sumirin, MS
 Dosen Pembimbing 2 : Ir. Gatot Rusbintardjo, M.R.Eng.Sc.,Ph.D

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	Rabu 24 3 2021.	JUDUL / TOPIK T.A. "PERENCANAAN KEHIDUPAN LABAKAN RANGKA BAK - PERKULIAHAN KEHIDUPAN KEHIDUPAN, TAPAK KULIAH. → FASE → TUGAS Tahap 1 & 2 - Cari literatur - Perbaiki bab 1 susun konseptual - tulis bab 2 susun awal - cari & tulis pembaca 2.	 



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Rofi'atul Fatinnashihah (30201700162)

Utari Hartanti (30201700176)

Tugas : Laporan Tugas Akhir

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	Rabu 7/4/2021	- Das 1 di produksi kembali ke adaban pul kemudian tupai di pant kecil kelas Cumbatan - Cumbatan di produksi Das 2 Lihat kap dengan kisi jembatan daya 46 meter saja.	



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Rofi'atul Fatinnashihah (30201700162)
 Utari-Hartanti (30201700176)
 Tugas : Laporan Tugas Akhir

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
2.	Rabu 14/1/2021 4	- Perbaiki bab 1. Gambar Lembaran Cable Staged dan Gambar 1.4 di par 1. - Bab 2. Tidak perlu mencantumkan perhitungannya dsb. - Ketetapan Tabel di atas Tabel. - Untuk Tabel dan Gambar bar 1402, dicantumkan dalam text.	



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Rofi'atul Fatinnashihah (30201700162)
 Utari Hartanti (30201700176)
 Tugas : Laporan Tugas Akhir

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
4	Kamis 22 7 2021	- All Bab 1. - Bab 2 : - tidak perlu detail or unit di bab 3. - mulai tulis bab 3. - terjemahkan bab 3 dari T.A Zulf	
5	Sabtu 24 7 21	- Koreksi bab 2 - Bagan alio di buat kan. - di lanjutkan. - summary - Ber' pengeloa. - Coba mulai di tulis per- - caran lain.	



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Rofi'atul Fatinnashihah (30201700162)
 Utari Hartanti (30201700176)
 Tugas : Laporan Tugas Akhir

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
6	Kamis 29/4-2021	Bob 1 & 2 - Acc Bob 2 di probai bi teruai bobok tuotama sub bab 2-4. Perlu fungsi struktur jua data segera tesis dan di buat dari dim	<i>[Signature]</i> <i>[Signature]</i>
7	Kamis 6/5/21	Aspek = As As → = As' desain = rancangan komor pada media semua di buat data	<i>[Signature]</i>

Kamar

Bob 1 Acc
 Bob 2 Acc → untuk proba di edit
 Bob 2 → di probai bi teruai
 bobok

LEMBAR ASISTENSI



Nama : Rofi'atul Fatinnashihah (30201700162)

Utari Hartanti (30201700176)

Tugas : Laporan Tugas Akhir

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
8	Kamis 27 7 '21.	- Perbaiki bab 2 tentai koreksi - isopu alio d. bab 3 di- jelaskan kalamun.	
9	Kamis 2 6 '21.	- Bab 2 d. tambah di. format jurnal / buku tentang peren- canaan umma tan rakyat. - Bab 3. dituliskan isopu alio.	



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Rofi'atul Fatinnashihah (30201700162)

Utari Hartanti (30201700176)

Tugas : Laporan Tugas Akhir

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
10	121.		

- peti ke paku-
tungan ba 4

LEMBAR ASISTENSI



Nama : Rofi'atul Fatinnashihah (30201700162)

Utari Hartanti (30201700176)

Tugas : Laporan Tugas Akhir

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
11	Kamis 17/12/21	- Bab 2 dan - Bab 3: Koreksi. I_x & I_y & U_x I_x = momen Inersia Sud Hubung y. I_y = Sud momen x. Perbaikan dan opad!	



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Rofi'atul Fatinnashihah (30201700162)
 Utari-Hartanti (30201700176)
 Tugas : Laporan Tugas Akhir

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	Kamis 1/7 '21.	- Rob 3. ke - pinbua lagi - oas 4. f.d. Perula- cigan di pelaj ad' Rumus As & As dst	
	Jab fr 3/7	- Perulitrayan - plat lantai di auto lbau. - bambu p. mampay celan kag jemlatah - de buil bealoh + lantai	



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Rofi'atul Fatinnashihah (30201700162)

Utari Hartanti (30201700176)

Tugas : Laporan Tugas Akhir

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	Senin 5 '20. 7	Proba'ki pewi'nyar plat lau tai souri korek.	Y B
	Rabu 9 '20 7	Bobo mukul peo hukunganyar d. mung. Ciri du mung 4 bar.	Y B
	Kamis 8 '21 - 7	- Acc. - d. Curod 4x mukul sun. T.A.	Y B



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km-4 Semarang 50117 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 04 / A.2 / SA - T / III / 2021

Lampiran : - -

Perihal : Bimbingan Tugas Akhir

Kepada : Yth. :

1 Dr. Ir. H. Sumirin,MS (Dosen Pembimbing I Tugas Akhir)

2 Ir. Gatot Rusbintardjo,MSc,Ph.D (Dosen Pembimbing II Tugas Akhir)

Dosen Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil UNISSULA

Assalamu'alaikum Wr Wb.

Bersama Surat ini kami menghadapkan mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memenuhi syarat untuk mengerjakan Tugas Akhir (TA) :

No	Nama	NIM
1	Utari Hartanti	30201700176
2	Rofiatul Fatinnashihah	30201700162

Maka dengan ini kami mohon kepada Bapak / Ibu untuk memberikan Bimbingan Tugas Akhir (TA) kepada mahasiswa tersebut diatas.

Wassalamu'alaikum Wr Wb.

Semarang, 12 Januari 2021

Program Studi Teknik Sipil

M. Husni Anwar, ST, M. Eng

NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Rafiatul Fatimashihah (30201700162) / Uturi Hartanti (30201700196)
Hari / Tanggal : Kamis, 22 Juli 2021
Judul TA : Perencanaan Struktur Bangunan
Atap Jembatan Pelengkung Rangka Baja

NO	
1	Gambar Perencanaan di sertikan
2	Tulisan persamaan di bagian rumus di hapus
3	Semua rumus di beri keterangan satuan
4	
5	

DOSEN PENGUJI



Dr. Ir. H. Sumirin, MS



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax: (024) 6582455
email: informasi@unissula.ac.id web: www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Kor'atul Fatimah Shihah (30201900162) / Utari Hartanti (30201900176)
Hari / Tanggal : Kamis, 22 Juli 2021
Judul TA : Perencanaan Struktur Bangunan Atap Jembatan Pelengkung Rangka Baja

NO	
1	Tidak ada koreksi pada laporan
2	
3	
4	
5	

DOSEN PENGUJI





YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Rafiatul Fatinnashihah (30201700062)/Utari Hantanti (30201700076)
Hari / Tanggal : Kamis, 22 Juli 2021
Judul TA : Perencanaan Struktur Bangunan
Atas Jembatan Pelengkang Rangka Baja

NO	
1	Pada Abstrak bagian latar belakang, di peringkat
2	Bab 2 dan Bab 3, semua rumus diberi keterangan satuan
3	Bab 4, semua rumus diberi acuan nomor urut input material SAP yang digunakan
4	Tambahkan lampiran gambar autocad
5	

DOSEN PENGUJI

[Signature]



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

DOSEN PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR

Hari
Tanggal
Jam

Kamis
22 Juli 2021
09.30 WIB

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Bangunan Atas Jembatan Pelengkung Rangka Baja

1	Rofiatul Fatinnashihah	30201700162	1	
2	Utari Hartanti	30201700176	2	

Pembimbing Tugas Akhir

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Dr. Ir. H. Sumirin,MS	1
2	Ir. Gatot Rusbintardjo,MSc,Ph.D	2

Semarang, 22 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng
NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km 4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax: (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

**JUDUL TUGAS AKHIR
DALAM BAHASA INGGRIS**

Hari
Tanggal
Jam

Kamis
22 Juli 2021
09.30 WIB

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Bangunan Atas Jembatan Pelengkung Rangka Baja

0

0

JUDUL TUGAS AKHIR DALAM BAHASA INGGRIS

DESIGN UPPER STRUCTURE OF
ARCH-TRUSS STEEL BRIDGE.

1	Rofiatul Fatinnashihah	30201700162	1	
2	Utari Hartanti	30201700176	2	

Pembimbing Tugas Akhir

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Dr. Ir. H. Sumirin,MS	1
2	Ir. Gatot Rusbintardjo,MSc,Ph.D	2

Semarang, 22 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng
NIK. 210216089



Nomor : 08 / A.2 / SA - T / VII / 2021

Pada hari ini, Kamis Tanggal 22 Juli 2021 telah dilaksanakan

Seminar Tugas Akhir, dengan peserta sebagai berikut :

1 Nama	Rofiatul Fatinnashihah	30201700162
2 Nama	Utari Hartanti	30201700176

Judul TA Perencanaan Struktur Bangunan Atas Jembatan Pelengkung Rangka Baja

0

0

Dengan Hasil

di TERIMA DENGAN
KOPRASI UNTUK Di -
PERBAIKI

Demikian Berita Acara Seminar Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan digunakan seperlunya.

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. H. Sumirin, MS

Dosen Pembimbing II

Ir. Gatot Rusbintardjo, MSc, Ph.D

Dosen Pembimbing

Lisa Fitriyana, ST, M.Eng

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Akhyar, ST, M.Eng

UNISSULA
جامعة سلطان أبو نوح الإسلامية



SEMINAR TUGAS AKHIR
MAHASISWA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG

Hari : Kamis
Tanggal : 22 Juli 2021
Tempat :

NO	NAMA	NIM	TANDA TANGAN
1	Za'imah Qur'ata A'yun	30201700189	1 Zuh
2	Liti Rahmattun A	30201700167	2 Shuf
3	Shinta Putri Roswanda	30201700166	3 Shuka
4	Ahmad Addin T.S.P	30201700012	4 Ali
5	Rimanda Anggarani S	30201700157	5 Shuf
6	Alma Mera A	30201700016	6 Hana
7	Hesti Winarni	30201700081	7 Hesti
8	Yusla Nanda A	30201700188	8 Yun
9	Aldo Praba R	30201700014	9 ddy
10			10
11			11
12			12
13			13
14			14
15			15
16			16
17			17
18			18
19			19
20			20

MENGETAHUI

DOSEN PENGUJI

DOSEN PENGUJI

PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN PELENGKUNG RANGKA BAJA



ORIGINALITY REPORT

24%

SIMILARITY INDEX

23%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	id.123dok.com	Internet Source	9%
2	pt.slideshare.net	Internet Source	1%
3	journal.um-surabaya.ac.id	Internet Source	1%
4	knifelife5.blogspot.com	Internet Source	1%
5	Submitted to Universitas Islam Malang	Student Paper	<1%
6	123dok.com	Internet Source	<1%
7	journal.bakrie.ac.id	Internet Source	<1%
8	text-id.123dok.com	Internet Source	<1%
9	Submitted to Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Gadjah Mada		<1%

10	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %
11	www.situstekniksipil.com Internet Source	<1 %
12	ejurnal.its.ac.id Internet Source	<1 %
13	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
14	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	<1 %
15	idoc.pub Internet Source	<1 %
16	media.neliti.com Internet Source	<1 %
17	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
18	Submitted to iGroup Student Paper	<1 %
19	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
20	eprints.uns.ac.id Internet Source	<1 %
21	Submitted to Universitas Andalas	

<1 %

22

de.slideshare.net

Internet Source

<1 %

23

paulusmarchel.wordpress.com

Internet Source

<1 %

24

respatiej.blogspot.com

Internet Source

<1 %

25

riset.unisma.ac.id

Internet Source

<1 %

26

www.kabarguruku.com

Internet Source

<1 %

27

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Student Paper

<1 %

28

ayunirisnawatykdh.wordpress.com

Internet Source

<1 %

29

doku.pub

Internet Source

<1 %

30

repository.ubb.ac.id

Internet Source

<1 %

31

ejurnal.itenas.ac.id

Internet Source

<1 %

32

ilmutehniksipil.blogspot.com

Internet Source



<1 %

33

jurnal.una.ac.id

Internet Source

<1 %

34

repository.ub.ac.id

Internet Source

<1 %

35

repository.unissula.ac.id

Internet Source

<1 %

36

digilib.uinsby.ac.id

Internet Source

<1 %

37

karetmalang.wordpress.com

Internet Source

<1 %

38

repository.unhas.ac.id

Internet Source

<1 %

39

eprints.ums.ac.id

Internet Source

<1 %

40

Submitted to Udayana University

Student Paper

<1 %

41

repository.usu.ac.id

Internet Source

<1 %

42

www.coursehero.com

Internet Source

<1 %

43

digilib.unila.ac.id

Internet Source

<1 %



44	dwiiratna.blogspot.com Internet Source	<1 %
45	repository.usd.ac.id Internet Source	<1 %
46	www.scribd.com Internet Source	<1 %
47	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1 %
48	eprints.polbeng.ac.id Internet Source	<1 %
49	infotekniksipilofficial.blogspot.com Internet Source	<1 %
50	Repository.umy.ac.id Internet Source	<1 %
51	download.garuda.ristekdikti.go.id Internet Source	<1 %
52	ejournal.itn.ac.id Internet Source	<1 %
53	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
54	dms.winrip-ibrd.com Internet Source	<1 %
55	journal.eng.unila.ac.id Internet Source	<1 %

56	vdocuments.site Internet Source	<1 %
57	www.ejurnal.its.ac.id Internet Source	<1 %
58	K. Kurabayashi, M. Asheghi, M. Touzelbaev, K.E. Goodson. "Measurement of the thermal conductivity anisotropy in polyimide films", Journal of Microelectromechanical Systems, 1999 Publication	<1 %
59	lib.ui.ac.id Internet Source	<1 %
60	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	<1 %
61	lontar.ui.ac.id Internet Source	<1 %
62	plate-ss400.blogspot.com Internet Source	<1 %
63	jerichohutabarat.blogspot.com Internet Source	<1 %
64	www.neliti.com Internet Source	<1 %
65	Devie Arisandy Sumantri, Masdar Helmi, Mohd Isneini. "EVALUASI NILAI SISA KAPASITAS JEMBATAN VOIDED SLAB WAY	<1 %

BAKO I BERDASARKAN PERATURAN
PEMBEBANAN SNI 1725-2016 dan PPJR No.
12/1970", REKAYASA: Jurnal Ilmiah Fakultas
Teknik Universitas Lampung, 2021

Publication

66

G. A. Weiderpass, Gustavo M. Monteiro, A. O. Caldeira. "Exact solution for the heat conductance in harmonic chains", Physical Review B, 2020

Publication

<1 %

67

Ibrahim, R.A.. "Uncertainties and dynamic problems of bolted joints and other fasteners", Journal of Sound and Vibration, 20050121

Publication

<1 %

68

fathoni0809.wordpress.com

Internet Source

<1 %

69

id.scribd.com

Internet Source

<1 %

70

tkr4muhammadkhuluqiladhim32.blogspot.com

Internet Source

<1 %

71

www.docstoc.com

Internet Source

<1 %

72

zadoco.site

Internet Source

<1 %

73

benyamin-nduufi.blogspot.com

Internet Source

<1 %

74

jurnal.untan.ac.id

Internet Source

<1 %

75

khammal.blogspot.com

Internet Source

<1 %

76

noerilham01.blogspot.com

Internet Source

<1 %

Exclude quotes

Off

Exclude matches

Off

Exclude bibliography

Off

