

1.TA Abd Rahman Firdaus Ok (1).pdf

by M R

Submission date: 14-Aug-2025 01:18PM (UTC+0530)

Submission ID: 2723031817

File name: 1.TA_Abd_Rahman_Firdaus_Ok_1_.pdf (2.84M)

Word count: 25074

Character count: 136857

**“Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe Warren
Parit Pelam Desa Seberang Pembenaan Kecamatan
Keritang”**

OLEH :

ABD RAHMAN FIRDAUS

NIM . 401201010001

DISETUJUI :

Pembimbing I

Pembimbing 2

H. Endy Sudeska, S.T., M.T
NIDN. 1026128504

Syafrizal Thaheer DS, S.T., M.T
NIDN. 1014107401

MENGETAHUI :

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Islam Indragiri
Ketua,

H. Endy Sudeska, S.T., M.T
NIDN. 1026128504

TUGAS AKHIR

**“Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe Warren
Parit Pelam Desa Seberang Pembenaan Kecamatan
Keritang”**

Dipersiapkan dan disusun oleh :

ABD RAHMAN FIRDAUS
NIM . 401201010001

11 Telah dipertahankan didepan Sidang Dewan Penguji
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Program Studi Teknik
Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Islam Indragiri

Hari Kamis, 30 Januari 2025

Dewan Penguji :

NO	Nama / NIDN	Tanda Tangan	Keterangan
1.	H. Endy Sudeska, ST., MT NIDN. 1026128504		Ketua Sidang
2.	Syafrizal Thaher, ST., MT NIDN. 1014107401		Anggota
3.	Khairul Ihwan, ST., MT NIDN. 1005058603		Anggota
4.	Achmad Isya Alfassa, S.Stat, M.Sc NIDN. 1008099701		Anggota
5.	Arief Rachman .B, S.Pi, M.Si NIDN. 1020109004		Anggota

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya, yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Abd Rahman Firdaus
Nim : 401201010001
Universitas : Universitas Islam Indragiri
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Program Studi : Teknik Sipil

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul "Perancangan Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe Warren di Parit Pelam, Desa Seberang Pembenaan, Kecamatan Keritang" adalah hasil rancangan, tulisan, dan pemikiran saya sendiri. Karya ini bukan hasil plagiarisme atau penjiplakan karya ilmiah pihak lain, baik berupa artikel, tesis, disertasi, maupun disertasi.

Saya membuat pernyataan ini dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa tesis ini merupakan hasil plagiarisme, saya bersedia menerima segala sanksi yang dijatuhkan atas pelanggaran tersebut dan bertanggung jawab sepenuhnya secara pribadi, tanpa melibatkan pembimbing saya maupun institusi Universitas Islam Indragiri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Sipil.

Tembilahan, 2025

Abd Rahman Firdaus

Abstrak

Jembatan merupakan elemen pelengkap dalam sistem jaringan jalan yang berperan krusial dalam menunjang kelancaran arus transportasi. Penelitian ini dilakukan di wilayah antara Desa Kota Baru dan Desa Seberang Pembinaan, Kecamatan Keritang. Desain jembatan menggunakan rangka baja Warren Truss dengan metode Load and Resistance Factor Design (LRFD), sesuai dengan klasifikasi jembatan Kelas II (Kelas B). Dimensi jembatan dirancang dengan panjang bentang 40 meter, lebar lajur kendaraan 7,0 meter, trotoar di kedua sisi masing-masing selebar 0,5 meter, dan tinggi keseluruhan 5,0 meter.

Tujuan utama penelitian ini adalah merancang struktur atas jembatan rangka baja dan struktur bawah (abutmen) jembatan. Berdasarkan hasil analisis, struktur atas jembatan menggunakan profil-profil berikut: gelagar melintang tipe DIN 75 (750 x 300 x 18 x 34), gelagar memanjang tipe DIN 25 (250 x 250 x 12 x 20), balok utama tipe DIN 34 (340 x 300 x 13 x 22), dan balok pengikat angin atas tipe DIN 20 (200 x 200 x 10 x 16). Sementara itu, untuk struktur bawah jembatan diperoleh spesifikasi teknis sebagai berikut: diameter tiang pancang 40 cm, jarak sumbu tiang 120 cm, kedalaman tiang pancang 25 meter, mutu beton K-350, lebar abutmen 4,5 meter, panjang abutmen 9 meter, tinggi abutmen 3,55 meter, dan tulangan abutmen menggunakan besi D24 dengan jarak 150 mm.

Kata Kunci : Jembatan, Rangka, Baja, Warren Truss

Abstrak

Bridges are a complementary element in the road network system, playing a crucial role in supporting the smooth flow of transportation. This research was conducted in the area between Kota Baru Village and Seberang Pembinaan Village, Keritang District. The bridge design used a Warren Truss steel frame using the Load and Resistance Factor Design (LRFD) method, in accordance with the Class II (Class B) bridge classification. The bridge dimensions were designed with a span length of 40 meters, a 7.0-meter vehicle lane width, sidewalks on both sides each 0.5 meters wide, and an overall height of 5.0 meters.

The primary objective of this research was to design the superstructure of the steel truss bridge and the substructure (abutments) for the bridge. Based on the analysis results, the bridge superstructure uses the following profiles: DIN 75 type transverse girder (750 x 300 x 18 x 34), DIN 25 type longitudinal girder (250 x 250 x 12 x 20), DIN 34 type main beam (340 x 300 x 13 x 22), and DIN 20 type upper wind ties (200 x 200 x 10 x 16). Meanwhile, the following technical specifications were obtained for the bridge substructure: pile diameter of 40 cm, pile axis distance of 120 cm, pile depth of 25 meters, concrete quality K-350, abutment width of 4.5 meters, abutment length of 9 meters, abutment height of 3.55 meters, and abutment reinforcement using D24 iron with a distance of 150 mm.

Keywords: Bridge, Fream, Steel, Warren Truss

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur senantiasa dipanjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing umat manusia menuju peradaban yang diterangi ilmu pengetahuan.

Proposal Tugas Akhir ini, yang berjudul "Perancangan Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe Warren (Studi Kasus: Parit Pelam, Desa Seberang Pembinaan, Kecamatan Keritang)," dimaksudkan sebagai salah satu persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Teknik di Universitas Islam Indragiri.

Penulis menyadari bahwa proposal tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa dukungan dari berbagai pihak, baik moral maupun material. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. H. Najamuddin, Lc, MA selaku Rektor Universitas Islam Indragiri (UNISI) Tembilahan.
2. Ibu Dr. Siti Wardah, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Islam Indragiri (UNISI) Tembilahan.
3. Bapak H. Endy Sudeska, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indragiri yang banyak memberikan kemudahan dukungan serta arahan.
4. Bapak H. Endy Sudeska, ST., MT selaku Pembimbing Akademik Segaligus pembimbing I yang banyak memberikan kemudahan dan dukungan serta arahan.
5. Bapak Syafrizal Thaher, ST., MT selaku pembimbing II yang banyak memberi kemudahan dan dukungan serta arahan.
6. Bapak Khairul Ikhwan, ST., MT. Achmad Isya Alfassa, S.Stat, M.Sc. Arief Rahman B, S.Pi, M.Si, Akbar Alfa, ST., MT. dan Bapak Roberta Zuhfi Surya, ST., MT Selaku Dosen Penguji.
7. Dosen Dosen Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Islam Indragiri (UNISI) Tembilahan yang banyak mengajari penulis.
8. Kedua orang tua saya Bapak Ghopar dan ibu Nelly, dua orang yang sangat berjasa dalam hidup saya, dua orang yang selalu mengusahakan anak pertamanya menempuh Pendidikan setinggi-tingginya meskipun mereka berdua sendiri hanya bisa

menempuh pendidikan sampai tahap SMA. Kepada bapak saya, terimakasih atas cucuran keringat dan kerja keras yang engkau tukarkan menjadi sebuah nafkah demi anakmu bisa sampai kepada tahap ini, demi anakmu dapat mengenyam pendidikan sampai ke tingkat ini, dan terima kasih telah menjadi contoh untuk menjadi laki-laki yang bertanggung jawab penuh terhadap keluarga. Untuk ibu saya, terima kasih atas segala motivasi, pesan, doa, dan harapan yang selalu mendampingi setiap Langkah dan ikhtiar anakmu untuk menjadi seseorang yang berpendidikan. Terima kasih sayang tanpa batas yang tak pernah lekang oleh waktu, atas kesabaran dan pengorbanan yang selalu mengiringi perjalanan hidup saya, terimakasih telah menjadi sumber kekuatan dan inspirasi, serta pelita yang tak pernah padam dalam setiap langkah yang saya tempuh. Terakhir, terimakasih atas segala hal yang kalian berikan yang tak terhitung jumlahnya.

9. Alm. Achmad Murad, seseorang yang darahnya juga ikut mengalir dalam tubuh saya, terimakasih yang tak terhingga untuk almarhum kakek saya. Sosok yang selalu menjadi sumber inspirasi dan semangat. Meski tak lagi di sini, kenangan, doa dan nasehatmu tetap hidup dalam hati. Masa kelam itu, kini berhasil saya lewati. Terimakasih atas pelajaran yang mampu mendewasakan saya, mampu menuntun saya untuk belajar ikhlas dan menerima kata kehilangan sebagai bentuk proses penetapan menghadapi dinamika hidup. Semoga Allah SWT melapangkan jalanmu dan menerangi tempat peristirahatanmu.
10. Kepada sang nenek tersayang Neneng, terimakasih telah membesarkan penulis dengan penuh cinta dan kasih. Begitu banyak pengorbanan yang telah belai berikan hingga akhirnya penulis dapat tumbuh besar dengan baik dan dapat berada di tahap ini.
11. Kepada adik-adik tersayang Deva Liana dan Muhammad Meksi Jati Wijaya yang banyak memberi suport dan menghibur kepada penulis.
12. Rekan – rekan seperjuangan, kakak tingkat dan adik-adik yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
13. *Last but not least*, Abd Rahman Firdaus ya, diri saya sendiri, apresiasi sebesar-besarnya karena telah berhasil bertahan dan menyelesaikan tanggung jawab yang telah diambil, memang tidak mudah melewati berbagai tantangan yang tak terduga. Terimakasih memutuskan untuk tidak menyerah dan bertahan sejauh ini.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak
khususnya dalam bidang teknik sipil,

Tembilahan, 2025

Abd Rahman Firdaus

DAFTAR ISI

Surat pernyataan Plagiat	i
Abstrak	iii
Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Notasi.....	xiv
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematis Penulisan	3
BAB 2	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengertian Jembatan.....	4
2.2 Kreteria Desain Jembatan	5
2.2.1 Prinsip-Prinsip Perencanaan.....	5
2.2.2 Parameter Perencanaan	6
2.3 Pembebanan	9
2.3.1 Beban Primer.....	11
2.3.2 Beban Sekunder	15
2.4 Struktur Atas	18
2.4.1 Perencanaan Plat Lantai dan Trotoar	18
2.4.2 Perencanaan Gelagar Memanjang dan Melintang	19
2.4.3 Perencanaan Gelagar Induk.....	24
2.4.4 Perencanaan Ikatan Angin.....	24
2.4.5 Perencanaan Sambungan	24
2.4.6 Desain Struktur dengan Metode LRFD	30
2.5 Perencanaan Struktur Bawah	37
2.5.1 Parameter tanah	37
2.5.2 Analisis Daya Dukung tanah.....	37

2.5.3 Pemilihan Tipe Pondasi.....	38
2.5.4 Perencanaan Pile cap pada Abutmen	40
2.6 Penelitian Terhadulu	41
BAB 3	44
METODOLOGI PENELITIAN	44
3.1 Lokasi Penelitian	44
3.2 Tahap Pekerjaan	44
3.3 Diagram Alir Perencanaan	45
3.3.1 Pengumpulan Data	45
3.3.2 Preliminary Design.....	46
3.3.3 Analisa Pembebanan	47
3.3.4 Analisa Struktur	48
3.3.5 Langkah Langkah Dalam Program SAP 2000	48
3.3.6 Perencanaan Struktur Atas	52
3.3.7 Kontrol Elemen	53
3.3.8 Perencanaan Sambungan	53
3.3.9 Perencanaan Struktur Bawah	53
3.3.10 Hasil	54
BAB 4	55
PEMBAHASAN	55
4.1 Perencanaan Struktur Atas	55
4.2 DATA JEMBATAN	55
4.3 ANALISA PEMBEBANAN.....	55
4.3.1 BEBAN MATI TAMBAHAN (<i>MA</i>)	55
4.3.2 Beban Lajur D (<i>TD</i>)	56
4.3.3 Gaya Rem (<i>TB</i>)	56
4.3.4 Pejalan Kaki (<i>TP</i>)	56
4.3.5 Gaya Angin (<i>EW_s</i>).....	56
4.3.6 Gaya Angin Kendaraan (<i>EW_L</i>)	56
4.3.7 Beban gempa (<i>EQ</i>)	57
4.4 Perencanaan Plat lantai	57
4.4.1 Data Plat Lantai	57
4.4.2 Pembenan Palat Lantai	58
4.4.3 Perhitungan Statika	58

4.4.4	Penulangan Plat Lantai jembatan dan Trotoar	59
4.5	Perencanaan Gelagar Memanjang	63
4.6	Perencanaan Gelagar Melintang	66
4.7	Perencanaan Balok Induk	70
4.7.1	Perencanaan Dimensi Profil Batang Atas	70
4.7.2	Perencanaan Dimensi Profil Batang Bawah	72
4.7.3	Perencanaan Dimensi Profil Diagonal Tekan	73
4.7.4	Perencanaan Dimensi Profil Diaognal Tarik	75
4.8	Perencanaan Ikatan Angin	77
4.8.1	Perencanaan Dimensi DIN 20	77
4.8.2	Perencanaan Ikatan Angin Diagonal Tekan	78
4.9	Perencanaan Sambungan	80
4.9.1	Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang	80
4.9.2	Sambungan Gelagar dan Balok Induk	82
4.9.3	Sambungan Ikatan Angin Din 20	83
4.9.4	Sambungan Ikatan Angin Atas Diagonal	85
4.9.5	Sambungan Balok Induk	86
4.10	Perencanaan Struktur Bawah	89
4.10.1	Data Struktur Bawah	89
4.11	Analisa Pembebanan	90
4.11.1	Berat Sendiri	90
4.11.2	Beban Mati Tambahan (<i>MA</i>)	91
4.11.3	Tekanan Tanah	92
4.11.4	Beban Lajur “D” (<i>TD</i>)	92
4.11.5	Beban Pejalan Kaki (<i>TP</i>)	93
4.11.6	Gaya Rem (<i>TB</i>)	93
4.11.7	Pengaruh Temperatur (<i>EU</i>)	94
4.11.8	Beban Angin (<i>EW</i>)	94
4.11.9	Beban Gempa (<i>EQ</i>)	95
4.12	Kombinasi Beban Kerja	98
4.13	Kontrol Stabilitas Guling	101
4.13.1	Stabilitas Guling Arah X	101
4.13.2	Stabilitas Guling Arah Y	102
4.14	Kontrol Stabilitas Geser	102

4.14.1 Stabilitas Geser arah x	102
4.14.2 Stabilitas Geser arah Y	103
4.15 Perhitungan Daya Dukung Pondasi	103
4.16 Perencanaan Poer (PILE CAP)	105
4.16.1 Penulangan Pile Cap	105
4.16.2 Analisa Penulangan	106
BAB 5	108
PENUTUP	108
5.1 Kesimpulan	108
a. Sambungan gelagar melintang	108
b. Sambungan gelagar memanjang	108
c. Sambungan Ikatan Angin Atas DIN 20	108
d. Sambungan Ikatan Angin Atas Diagonal	109
5.2 Saran	109
DAFTAR PUSTAKA	110

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hubungan antara periode ulang dengan umur rencana	6
Tabel 2. 2 Penentuan Lebar Jembatan.....	6
Tabel 2. 3 ringkasan aksi-aksi rencana	9
Tabel 2. 4 Faktor Beban Sendiri	11
Tabel 2. 5 Berat isi untuk beban mati	11
Tabel 2. 6 Faktor Beban lajur "TD"	12
Tabel 2. 7 Faktor Beban lajur "T"	13
Tabel 2. 8 Faktor Beban Pejalan Kaki	14
Tabel 2. 9 Faktor Beban akibat gaya rem	14
Tabel 2. 10 Faktor beban angin	16
Tabel 2. 11 Koefisien seret C_w	16
Tabel 2. 12 Kombinasi Beban Umum dan Ultimit	17
Tabel 4. 1 Rekap Sambungan Balok Induk.....	88
Tabel 4. 2 Rekap Beban	98
Tabel 4. 3 Rekap Beban	99
Tabel 4. 4 Kuat 2	99
Tabel 4. 5 Kuat 3	99
Tabel 4. 6 Kuat 4	100
Tabel 4. 7 Kuat 5	100
Tabel 4. 8 Ekstream I	100
Tabel 4. 9 Ekstream II	101
Tabel 4. 10 Rekap Kombinasi Beban Untuk Perencanaan Tegangan Kerja.....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jembatan Tipe Warren Truss	4
Gambar 2. 2 Clearance pada Jembatan	8
Gambar 2. 3 Porongan melintang Jembatan	8
Gambar 2. 4 Bentang Jembatan Untuk Sungai Limpasan Banjir.....	9
Gambar 2. 5 Beban lajur “D”	13
Gambar 2. 6 Pembebanan Truk “TT” (500 kN).....	13
Gambar 2. 7 Beban Pejalan Kaki	14
Gambar 2. 8 Tulangan Rangkap pada plat lantai	19
Gambar 2. 9 Distribusi tegangan plastis pada kekuatan momen nominal	21
Gambar 2. 10 Perencanaan Shear conector	23
Gambar 2. 11 Kegagalan Geser buat	26
Gambar 2. 12 Jarak Baut dari pusat penyambung sampai ke pinggir luas berdekatan ...	27
Gambar 2. 13 Jarak baut dari pusat sampai ke pusat	27
Gambar 2. 14 Jarak dari pusat penyambung sampai Kepinggir Luas berdekatan	28
Gambar 2. 15 Sambungan Melintang dan Memanjang	29
Gambar 2. 16 Sambungan Plat simpul gelagar induk	30
Gambar 2. 17 Kurva Hubungan Tegangan (f) vs Regangan (ϵ).....	31
Gambar 2. 18 Kurva Tegangan – Regangan	31
Gambar 2. 19 Penampang Batang-batang Tarik	33
Gambar 2. 20 Faktor Panjang efektif	36
Gambar 2. 21 Penampang batang lentur	36
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian	44
Gambar 3. 2 Flow Chat	45
Gambar 3. 3 Tampak Jembatan Tipe Warren	47
Gambar 3. 4 Denah Rencana Jembatan.....	47
Gambar 3. 5 Flow Chat SAP 2000 V24	48
Gambar 3. 6 New Model dan Unit Satuan	49
Gambar 3. 7 Grid Only	49
Gambar 3. 8 Define Materials	49
Gambar 3. 9 Add Frame Section Property	50
Gambar 3. 10 Menggambar Elemen Struktur	50

Gambar 3. 11 Draw Poly Area	50
Gambar 3. 12 Menambahkan Tumpuan	51
Gambar 3. 13 Load Patterns	51
Gambar 3. 14 Load Combinations	51
Gambar 3. 15 Input Pembebanan	52
Gambar 3. 16 Run Analysis	52
Gambar 3. 17 Meninjau Hasil Analisis	52
Gambar 3. 19 Flow Chat Perencanaan Struktur Bawah	
Gambar 4. 1 Statika Kondisi I	59
Gambar 4. 2 Statika Kondisi II	59
Gambar 4. 3 Statika Kondisi III	59
Gambar 4. 4 Statika Kondisi IV	59
Gambar 4. 5 Stud Gelagar Memanjang	66
Gambar 4. 6 Stud Gelagar Melintang	70
Gambar 4. 7 Sambungan Gelagar Memanjang	80
Gambar 4. 8 Sambungan Gelagar Melintang	82
Gambar 4. 9 Notasi Gaya Batang Jembatan	88
Gambar 4. 10 Denah Rencanana Abutmen	90
Gambar 4. 11 Tampak Samping Abutment	90
Gambar 4. 12 Posisi tiang Pancang	104
Gambar 4. 13 beban q dan p	105

DAFTAR NOTASI

Vw	= Kecepatan angin rencana, dinyatakan dalam meter per detik (m/s).
Cw	= Koefisien hambatan.
Ab	= Luas permukaan sisi jembatan yang terpapar angin, dalam meter persegi (m ²).
bE	= Lebar efektif elemen beton (cm).
L	= Panjang gelagar atau bentang elemen struktur (m).
Bo	= Jarak antar gelagar (m).
Bf	= Lebar penampang baja (mm).
Ts	= Tebal pelat lantai (cm).
B	= Tebal profil baja (mm).
H	= Tinggi profil baja (mm).
Tw	= Tebal badan pada profil baja (mm).
Tf	= Tebal sayap profil baja (mm).
Fy	= Kuat luluh material baja, dinyatakan dalam megapascal (MPa).
Øb	= Faktor reduksi kekuatan untuk perhitungan lentur, dengan nilai 0,9.
Mn	= Momen lentur nominal (kg m).
Mu	= Momen ultimit atau momen maksimum yang dapat ditahan (kg m).
T	= Tegangan tarik yang bekerja pada serat baja (MPa).
Cc	= Tegangan tekan yang bekerja pada serat beton (MPa).
f	= Besar lendutan yang terjadi (cm atau mm, tergantung konteksnya).
Ix	= Momen inersia penampang terhadap sumbu x (cm ⁴).
E	= Modulus elastisitas material baja (MPa).
Vn	= Kuat geser nominal badan baja (kg).
fy	= Tegangan leleh material baja (MPa).
d	= Tinggi profil baja (cm).
tw	= Tebal penampang badan baja (cm).
fc'	= Kuat tekan beton (MPa).
Ts	= Tebal pelat beton (cm).
As	= Luas penampang elemen baja (cm ²).
Qn	= Kapasitas geser nominal stud geser (kg).
Asc	= Luas penampang satu stud geser (cm ²)

E_c	= Modulus elastisitas beton, dinyatakan dalam megapascal (MPa).
n	= Jumlah baut geser yang digunakan pada sambungan komposit.
$TEW1$	= Gaya akibat tekanan angin yang bekerja pada beban hidup.
$TEW2$	= Gaya akibat tekanan angin yang bekerja pada sisi rangka jembatan.
R_n	= Kapasitas nominal elemen penghubung tunggal (misalnya, baut atau baut).
P_u	= Beban terfaktor yang bekerja pada elemen penghubung tunggal (kg).
ϕ	= Faktor reduksi kekuatan untuk baut relatif terhadap sisi lubang, dengan nilai 0,75.
d	= Diameter nominal baut (tidak termasuk ulir).
n	= Jumlah baut yang digunakan pada sambungan.
P_u	= Beban terfaktor yang bekerja pada setiap baut (kg).
R	= Kapasitas desain baut, termasuk kekuatan geser dan daya dukung.
Nilai desain diambil dari hasil analisis dengan nilai yang lebih kecil (kg).	
P	= Total beban terfaktor yang bekerja (cm).
Φ	= Faktor reduksi kekuatan (resistansi), dengan nilai 0,75.
F_u	= Kekuatan tarik maksimum material pelat (kg/cm ²).
L	= Jarak minimum dari tepi pelat ke pusat baut (cm).
t	= Ketebalan sambungan atau pelat nodal (cm).
ϕ	= Faktor reduksi kekuatan umum.
f_uw	= Kekuatan nominal las fillet per satuan panjang (MPa).
t_t	= Lebar efektif leher las yang direncanakan (mm).
k_r	= Faktor koreksi untuk memperhitungkan panjang efektif sambungan las (Lw); untuk semua jenis sambungan lainnya, $k_r = 1,0$.
ϕ_t	= Faktor reduksi kekuatan untuk batang tarik.
T_n	= Kekuatan nominal elemen batang tarik.
T_u	= Beban terfaktor yang bekerja pada batang tarik.
A_g	= Luas penampang bruto elemen struktur (cm ²).
A_e	= Luas penampang bersih setelah memperhitungkan lubang atau reduksi lainnya (cm ²).
F_y	= Tegangan luluh material (MPa).
F_u	= Tegangan tarik maksimum (putus) material (MPa).
ϕ_c	= Faktor reduksi kekuatan untuk komponen tekan, dengan nilai 0,85.

P_n	= Kekuatan nominal komponen tekan.
P_u	= Beban terfaktor yang bekerja pada komponen tekan (kg).
A_g	= luas penampang bruto batang tekan
F_{cr}	= tegangan kritis
$\frac{KL}{r}$	= rasio kerampingan efektif
K	= Faktor panjang efektif, digunakan untuk menentukan panjang efektif elemen tekan.
L	= Panjang aktual elemen batang (m).
R	= Jari-jari girasi penampang melintang (radius girasi).
R_y/R_x	= Jari-jari girasi penampang melintang terhadap sumbu y dan x (cm).
I	= Momen inersia penampang melintang terhadap sumbu tertentu (cm^4).
E	= Modulus elastisitas baja, dengan nilai 210.000 MPa.
P_{tiang}	= Daya dukung aksial maksimum yang diizinkan tiang.
Σb	= Tegangan tekan tiang akibat beban impak.
A_{tiang}	= Luas penampang tiang (cm^2).
Q_c	= Tahanan kerucut (cone resistance) yang diperoleh dari data uji tanah.
A	= Luas penampang tiang (cm^2).
f_{k1}	= Faktor keamanan terhadap daya dukung ujung, dengan nilai 3.
f_c	= Tahanan geser total (tahanan gesek) yang dihasilkan di sepanjang permukaan tiang.
O	= Keliling penampang tiang (cm).
f_{k2}	= Faktor keamanan terhadap geser, dengan nilai 5.
Q_{tiang}	= Daya dukung total tiang (hasil gabungan tahanan ujung dan geseran).
Q_{tiang1}	= Daya dukung tahanan ujung
Q_{tiang2}	= Daya dukung yang berasal dari tahanan batang atau gesekan sepanjang sisi tiang
SF	= Faktor Keamanan, ditetapkan sebesar 3,0.
R_u	= Daya dukung ultimit tanah pondasi, dinyatakan dalam ton.
R_p	= Daya dukung aksial maksimum tiang tunggal (ton).

R_f	= Gaya geser yang bekerja pada dinding tiang (ton).
q_d	= Daya dukung sentral tiang tunggal terhadap beban vertikal (ton).
A	= Luas penampang tiang (cm^2).
O	= Keliling penampang tiang (cm).
Li	= Ketebalan lapisan tanah yang berkontribusi terhadap geser dinding tiang.
F_i	= Gaya geser maksimum yang dihasilkan oleh lapisan tanah terhadap dinding tiang (ton/m^2).
m	= Jumlah baris tiang dalam satu kelompok pondasi.
n	= Jumlah total tiang.
φ	= Sudut antara garis sambungan tiang dan horizontal, dinyatakan sebagai $\arctan (d/s)$ dalam derajat.
D	= Diameter tiang (cm).
s	= Jarak antar tiang dalam satu kelompok pondasi (cm).

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan hal yang vital dalam mendukung perekonomian suatu daerah. Transportasi digunakan untuk memudahkan manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Tersedianya suatu jaringan dan sistem transportasi yang baik akan meningkatkan interaksi antara pelakunya yang pada kelanjutannya akan dapat meningkatkan perekonomian masyarakat. Selain itu, sesuai dengan perkembangan kebudayaan dan teknologi, pengguna sistem transportasi menurut peningkatan suatu sistem transportasi baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Tuntutan tersebut bisa dijawab dengan menyediakan suatu sarana dan prasarana seperti jembatan yang memadai.

Sarana transportasi berperan krusial dalam mendukung kelancaran mobilitas lalu lintas. Salah satu elemen utama infrastruktur transportasi adalah jembatan, yang berfungsi sebagai penghubung antarrute atau jalur transportasi yang dipisahkan oleh berbagai sekat geografis seperti sungai, rawa, danau, selat, kanal, jalan raya, rel kereta api, dan perlintasan lainnya. Sebagai bagian dari infrastruktur pelengkap jaringan jalan, jembatan berperan strategis dalam memperlancar arus transportasi.

Keberadaan jembatan dapat mengurangi biaya transportasi secara signifikan, terutama dalam hal efisiensi waktu tempuh, dan berkontribusi positif terhadap percepatan pertumbuhan ekonomi. Seiring kemajuan peradaban, jembatan tetap menjadi komponen vital dalam pembangunan infrastruktur.

Menanggapi urgensi ini, Pemerintah Kabupaten Indragiri Hilir diharapkan dapat merealisasikan pembangunan jembatan baru di sektor transportasi sebagai sarana konektivitas antara Desa Kota Baru dan Desa Seberang Pembenaan, Kecamatan Keritang. Lokasi ini merupakan bagian dari jaringan Jalan Provinsi di Kabupaten Indragiri Hilir.

Jembatan ini dirancang menggunakan sistem struktur rangka baja Warren Truss, yang dirancang khusus untuk Jembatan Seberang Pembenaan, dan diklasifikasikan sebagai jembatan Kelas II (Kelas B). Dimensi utama jembatan meliputi bentang 40 meter, lebar lajur kendaraan 7,0 meter, lebar trotoar 0,5 meter di setiap sisi, dan tinggi struktur 5 meter.

Berdasarkan dari tinjauan di atas maka penulisan Laporan Tugas Akhir akan menganalisis “Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe Warren (Studi kasus : Parit Pelam Desa Seberang Pembenaan Kec. Keritang).”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas pada latar belakang maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menghitung struktur atas jembatan ?
2. Bagaimana menghitung struktur bawah jembatan ?

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang didefinisikan dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Tidak membahas metode konstruksi dan manajemen konstruksi.
2. Data daya dukung tanah yang digunakan data yang ada di sekitar lokasi.
3. Menghitung struktur atas jembatan (plat lantai jembatan, gelagar melintang, gelagar memanjang, rangka utama, ikatan angin dan sambungan)
4. Menghitung struktur bawah jembatan (analisa abutmen, dan pile cap)

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk menyajikan gambaran umum desain jembatan menggunakan struktur ¹ rangka baja dengan konfigurasi Warren Truss, sekaligus memberikan gambaran yang lebih rinci dan sistematis mengenai perencanaan konstruksi jembatan sebagai berikut :

1. Merencanakan struktur atas jembatan rangka baja.
2. Merencanakan struktur bawah (Abutment) jembatan rangka baja.

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini, antara lain:

1. Bagi Peneliti: Penelitian ini menjadi aplikasi ilmu dari perkuliahan yang telah dilakukan, terutama ilmu struktur jembatan pada jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indragiri (UNISI) yang memenuhi persyaratan keamanan struktur dan perencanaan ini bisa diketahui hal-hal yang harus diperhatikan pada perencanaan sehingga kegagalan struktur bisa diminimalisasi.

2. Bagi Pemerintah : Penelitian ini bisa menjadi bahan pertimbangan atau masukan dalam bidang konstruksi skala besar.
3. Bagi pihak yang berkepentingan : Hasil penelitian ini sebagai bahan informasi dan referensi bagi penelitian selanjutnya yang dapat berguna untuk merencanakan jembatan dan bangunan konstruksi lainnya.

1.6 Sistematis Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematis penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori dasar yang mendukung penyelesaian dalam penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang pendekatan dan jenis penelitian yang digunakan, metode pengumpulan data yang diperlukan baik data primer dan data sekunder serta metode pemecahan permasalahan dengan menyusun langkah-langkah guna memecahkan permasalahan teori yang ada.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang data-data yang telah diperoleh kemudian diolah dan dianalisa serta hasil yang diperoleh dalam penyelesaian permasalahan penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran yang diperoleh selama melakukan penelitian.

BAB 2

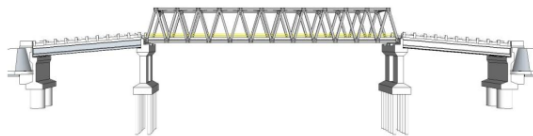
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jembatan

Jembatan rangka baja adalah jenis jembatan yang dibangun menggunakan baja, di mana elemen-elemen strukturnya saling terhubung membentuk sistem rangka yang berfungsi mendistribusikan beban yang bekerja di seluruh struktur jembatan. Seiring dengan kemajuan teknologi dan kebutuhan konstruksi, jembatan rangka baja telah dirancang dalam berbagai bentuk dan konfigurasi.

Menurut Supriyadi dan Muntohar (2007:16), jembatan adalah struktur yang memungkinkan jalan melintasi rintangan fisik seperti sungai, jalur air, lembah, atau jalan lain dengan perbedaan elevasi. Secara umum, fungsi utama jembatan adalah untuk memastikan kelancaran arus lalu lintas. Oleh karena itu, proses perencanaan dan perancangan memerlukan pertimbangan berbagai aspek, termasuk kebutuhan transportasi, persyaratan teknis, serta nilai estetika dan arsitektur. Ketiga aspek tersebut meliputi: aspek lalu lintas, aspek teknis, dan aspek estetika.

Pada mulanya jembatan hanya dipakai untuk menghubungkan dua tempat terpisah dengan jarak yang relatif pendek. Seiring dengan perkembangannya, jembatan dapat dipakai untuk menghubungkan tempat terpisah pada jarak yang berjauhan bahkan sampai menyeberangi laut. Dengan demikian meningkatnya teknologi dan fasilitas pendukung seperti komputer, bentangan bukan merupakan kendala lagi. Jembatan merupakan suatu infrastruktur yang dapat menyatukan daerah/tempat yang terpisah. Jembatan tipe Warren murni merupakan tipe jembatan rangka baja yang umum digunakan, dimana jembatan ini memiliki tiga komponen yang saling membentuk segitiga sama sisi (DR. Ir. Bambang Supriyadi dan Agus Setyo Muntohar, ST., 2007 : 18).



Gambar 2. 1 Jembatan Tipe Warren Truss
(Sumber : Kreteria Perencanaan Jembatan dan Pembebanan hal 3)

2.2 Kreteria Desain Jembatan

Kriteria desain menjelaskan secara singkat mengenai peraturan-peraturan, standar-standar yang digunakan, asumsi pembebanan, jenis dan mutu bahan/material struktur, sistem struktur atas dan struktur bawah/pondasi, analisa/modelisasi struktur, anggapan-anggapan yang digunakan.

2.2.1 Prinsip-Prinsip Perencanaan

Suatu jembatan yang baik adalah jembatan yang memiliki atau telah memenuhi kriteria kriteria desain yang menjadi dasar dari pembuatan sebuah jembatan. Jembatan direncanakan untuk mudah dilaksanakan serta memberikan manfaat bagi pengguna lalu lintas sesuai dengan pokok-pokok perencanaan :

- a. **Kekuatan dan Stabilitas Struktur** : Unsur-unsur tersendiri harus mempunyai kekuatan memadai untuk menahan beban ULS (Ultimate Limit State) - keadaan batas ultimate, dan struktur sebagai kesatuan keseluruhan harus berada stabil pada pembebanan tersebut. Beban ULS didefinisikan sebagai beban beban yang mempunyai 5% kemungkinan terlampaui selama umur struktur rencana.
- b. **Kenyaman dan Keamanan** : Bangunan bawah dan pondasi jembatan harus berada tetap dalam keadaan layak pada beban SLS (Serviceability Limit State) - keadaan batas kelayakan. Hal ini berarti bahwa struktur tidak boleh mengalami retakan, lendutan atau getaran sedemikian sehingga masyarakat menjadi khawatir atau jembatan menjadi tidak layak untuk penggunaan atau mempunyai pengurangan berarti dalam umur kelayakan. Pengaruh-pengaruh tersebut tidak diperiksa untuk beban ULS (Ultimate Limit State), tetapi untuk beban SLS (Serviceability Limit State) yang lebih kecil dan lebih sering terjadi dan didefinisikan sebagai beban-beban yang mempunyai 5% kemungkinan terlampaui dalam satu tahun.
- c. **Kemudahan (pelaksanaan dan pemeliharaan)** : Pemilihan rencana harus mudah dilaksanakan. Rencana yang sulit dilaksanakan dapat menyebabkan pengunduran tak terduga dalam proyek dan peningkatan biaya, sehingga harus dihindari sedapat mungkin.
- d. **Ekonomis** :Rencana termurah sesuai pendanaan dan pokok-pokok rencana lainnya adalah umumnya terpilih. Penekanan harus diberikan pada biaya umur total struktur yang mencakup biaya pemeliharaan, dan tidak hanya pada biaya permulaan konstruksi.

- e. Keawetan dan kelayakan jangka panjang : Bahan struktural yang dipilih harus sesuai dengan lingkungan, misalnya jembatan rangka baja yang digalvanisasi tidak merupakan bahan terbaik untuk penggunaan dalam lingkungan laut agresif garam yang dekat pantai.

2.2.2 Parameter Perencanaan

Dalam merencanakan jembatan dibutuhkan parameter untuk dapat menentukan tipe bangunan atas, bangunan bawah dan pondasi, lokasi/letak jembatan, material.

2.2.2.1 Umur Rencana Jembatan

Umur rencana jembatan standar adalah 50 tahun dan jembatan khusus adalah 100 tahun. Umur rencana untuk jembatan permanen minimal 50 tahun. Umur rencana dipengaruhi oleh material/bahan jembatan dan aksi lingkungan yang mempengaruhi jembatan. Jembatan dengan umur rencana lebih panjang harus direncanakan untuk aksi yang mempunyai periode ulang lebih panjang.

Tabel 2.1 Hubungan antara periode ulang dengan umur rencana

No	Umur Rencana	Pereode Ulang (Tahun)	
		Keadaan Batas Layan	Keadaan Batas Ultimate
1	50	20	1000
2	100	20	2000

(Sumber : Kriteria Perencanaan Jembatan dan Pembebanan Hal.3)

2.2.2.2 Geometrik

Lebar jembatan ditentukan berdasarkan kebutuhan kendaraan yang lewat setiap jam, makin ramai kendaraan yang lewat maka diperlukan lebar jembatan lebih besar.

Tabel 2.2 Penentuan Lebar Jembatan

LHR	Lebar Jembatan (m)	Jumlah Jalur
LHR <2000	3,5-4,5	1
2000 < LHR < 3000	4,5-6,0	2
3000 < LHR < 8000	6,0-7,0	2
8000 < LHR < 20000	7,0-14,0	4
LHR > 20000	>14,0	>4

(Sumber : Kriteria Perencanaan Jembatan dan Pembebanan Hal.3)

Untuk memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jembatan, maka lebar lantai jembatan ditentukan sebagai berikut:

- a. Lebar jembatan minimum jalan nasional kelas A adalah $l+7+1$ meter
- b. Kelas B = $0,5 + 6,0 + 0,5$ meter
- c. Tidak boleh lebih kecil dari lebar jalan.
- d. Memenuhi standar lebar lajur lalu lintas sebesar $n(2,75 - 3,50)$ m, dimana n = jumlah lajur lalu lintas.

2.2.2.3 Kemiringan Oprit Jembatan

Kemiringan melintang lantai jembatan adalah 2%. Kemiringan memanjang jembatan adalah tanjakan atau turunan pada saat melalui jembatan. Perbandingan kemiringan dari tanjakan serta turunan tersebut disyaratkan sebagai berikut:

- a. Perbandingan 1 : 30 untuk kecepatan kendaraan > 90 km/jam
- b. Perbandingan 1 : 20 untuk kecepatan kendaraan 60 s/d 90 km/jam
- c. Perbandingan 1 : 10 untuk kecepatan kendaraan < 60 km/jam

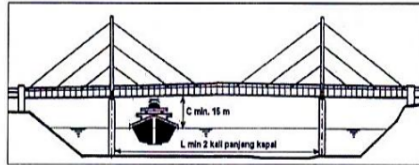
Jembatan pada ruas jalan nasional dengan kemiringan memanjang jembatan maksimum adalah 1 : 20 atau 5%. Ketentuan tersebut di atas menyatakan bahwa semakin besar kecepatan kendaraan, maka semakin landai pula tanjakan atau turunan yang diberikan pada jembatan. Hal ini memang diberikan dengan tujuan agar pada saat kendaraan akan masuk ke badan Jembatan kendaraan tersebut tidak "jumping", yang secara otomatis akan memberikan beban kejutan tumbukan vertikal pada struktur jembatan. Struktur Jembatan tidak diperhitungkan terhadap beban tumbukan akibat jumping kendaraan.

2.2.2.4 Ruang Bebas Vertikal dan Horizontal

Ruang bebas adalah jarak jagaan yang diberikan untuk menghindari rusaknya struktur atas jembatan karena adanya tumbukan dari benda-benda hanyutan atau benda yang lewat di bawah jembatan. Clearance (ruang bebas) vertikal diukur dari permukaan air banjir sampai batas paling bawah struktur atas jembatan. Besarnya clearance bervariasi, tergantung dari jenis sungai dan benda yang ada di bawah jembatan. Nilai ruang bebas di bawah jembatan ditentukan sebagai berikut: $C = 0,5$ m ; untuk jembatan di atas sungai pengairan $C = 1,0$ m ; untuk sungai alam yang tidak membawa hanyutan. $C = 1,5$ m ; untuk sungai alam yang membawa hanyutan ketika banjir $C = 2,5$ m ; untuk sungai alam yang tidak diketahui kondisinya. $C = 5,1$ m ; untuk jembatan jalan layang. $C \geq 15$ m; untuk jembatan di atas laut dan di atas sungai yang digunakan untuk alur

pelayaran. jenis sungainya, jalan : 5 m, laut 15 m). Horizontal clearance ditentukan berdasarkan kemudahan navigasi kapal ditentukan US Guide Specification, horizontal clearance minimum adalah :

- 3 kali panjang kapal rencana, atau
- kali lebih besar dari lebar channel

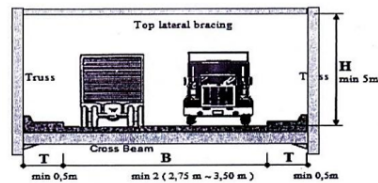


Gambar 2. 2 Clearance pada Jembatan

(Sumber : Kriteria Perencanaan Jembatan dan Pembebanan Hal.5)

2.2.2.5 Tinggi Jembatan

Pemberian syarat bidang datar dari permukaan jalan yang menghubungkan antara jalan dengan jembatan dilakukan untuk meredam energi akibat tumbukan dari kendaraan yang akan melewati jembatan. Bila hal ini tidak diberikan, dikhawatirkan akan berakibat pada rusaknya struktur secara perlahan-lahan akibat dari tumbukan kendaraan-kendaraan terutama kendaraan berat seperti truk atau kendaraan berat lainnya. Energi kejut yang diberikan pada struktur akan meruntuhkan struktur atas, seperti gelagar dan juga lantai kendaraan. Tentu saja untuk mengurangnya maka diberikan jarak berupa jalan yang datar mulai dari kepala jembatan sejauh minimum 5 meter ke arah jalan yang diberi struktur pelat injak untuk pembebanan peralihan dari jalan ke jembatan.

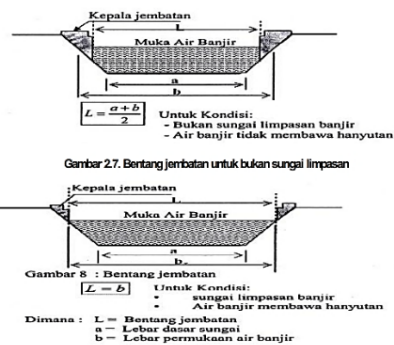


Gambar 2. 3 Porongan melintang Jembatan

(Sumber : Kriteria Perencanaan Jembatan dan Pembebanan Hal.6)

2.2.2.6 Penentuan Bentang

Ada 2 (dua) cara dalam menentukan bentang dalam pembangunan jembatan, yaitu untuk sungai yang merupakan limpasan banjir dan sungai yang bukan limpasan banjir. Hal tersebut dilakukan karena berdasar pada apakah alur sungai itu akan membawa hanyutan-hanyutan berupa material dari banjir dari suatu kawasan, atau sungai tersebut hanyalah digunakan sebagai aliran sungai biasa yang tentunya tidak membawa hanyutan-hanyutan besar dari banjir. Material-material yang dibawa pada saat banjir sangat beraneka ragam tentunya, baik jenis maupun ukurannya sangatlah bervariasi. Oleh sebab itu, pada sungai yang dijadikan limpasan banjir penentuan bentang akan sedikit lebih panjang dibandingkan dengan sungai yang bukan limpasan banjir.



Gambar 2. 4 Bentang Jembatan Untuk Sungai Limpasan Banjir

(Sumber : Kriteria Perencanaan Jembatan dan Pembebanan Hal.3)

2.3 Pembebanan

Dalam perancangan jembatan ini, semua beban dan gaya yang bekerja pada struktur dianalisis dan dihitung sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1725:2016 tentang Pembebanan Jembatan. Jenis beban yang digunakan dalam perhitungan meliputi:

Tabel 2.3 ringkasan aksi-aksi rencana

Pasal No	Aksi		Lamanya Waktu	Faktor Beban Pada Keadaan Bebas		
	Nama	Simbol		Daya Layan	Ultimit	
					Normal	Terkurangi
5.2	Beban Sendiri	Pms	Tetap	1,0	*(3)	*(3)

5.3	Beban Mati Tambahan	Pma	Tetap	1,0/1,3	2,0/1,4	0,7/0,8
5.4	Penyusutan & Rangkak	Psr	Tetap	1	1	N/A
5.5	Prategang	Prp	Tetap	1	1	N/A
5.6	Tekanan Tanah	Pta	Tetap	1	*(3)	*(3)
5.7	Beban Pelaksanaan Tetap	Ppl	Tetap	1	1,25	0,8
6.3	Beban Lalu Lintas "D"	Ttd	Tran	1	1,8	N/A
6.4	Beban Truk "T"	Ttt	Tran	1	1,8	N/A
6.7	Gaya Rem	Ttb	Tran	1	1,8	N/A
6.8	Gaya Sentrifugal	Ttr	Tran	1	1,8	N/A
6.9	Beban trotoar	Ttp	Tran	1	1,8	N/A
6.10	Beban Tumbukan	Ttc	Tran	*(3)	*(3)	N/A
7.2	Penurunan	Pes	Tetap	1	N/A	N/A
7.3	Temperatur	Tet	Tran	1	1,2	0,8
7.4	Aliran / Benda Hanyut	Ter	Tran	1	*(3)	N/A
7.5	Hidro / Daya Apung	Teu	Tran	1	1	1
7.6	Angin	Tew	Tran	1	1,2	N/A
7.7	Gempa	Teq	Tran	N/A	1	N/A

8.1	Gesekan	Tiv	Tran	1	1,3	0,8
8.2	Getaran	Tvi	Tran	1	N/A	N/A
8.3	Pelaksanaan	Tcl	Tran	*(3)	*(3)	*(3)

(Sumber : SNI 1725 -2016; hal : 14)

2.3.1 Beban Primer

Beban primer adalah beban utama yang digunakan sebagai dasar perhitungan tegangan dalam desain struktur jembatan. Beban-belan ini terdiri dari:

2.3.1.1 Beban Berat Sendiri

Adapun beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau.

Tabel 2. 4 Faktor Beban Sendiri

Jangka Waktu	Faktor Beban		
	Bahan	$K U; MS;$	
		Biasa	Terkurang
Tetap	Baja Aluminium	1,1	0,9
	Beton Pracetak	1,2	0,85
	Beton di cor ditempat	1,3	0,75
	Kayu	1,4	0,7

(Sumber : SNI 1725 -2016; hal : 14)

2.3.1.2 Beban Mati

Beban mati tambahan mengacu pada berat total elemen non-struktural yang berkontribusi terhadap beban pada jembatan. Beban ini tidak permanen dan dapat berubah selama masa pakai jembatan..

Tabel 2. 5 Berat isi untuk beban mati

No	Bahan	Berat/Satuan Isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1	Campuran aluminium	26,7	2720
2	Lapisan permukaan beraspal	22,0	2240
3	Besi Tuang	71,0	2700
4	Timbunan tanah dipadatkan	17,2	760
5	Kerikil dipadatkan	18,2-22,7	1920-2320
6	Aspal Beton	22,0	2244

7	Beton Ringan	12,25-19,6	1250-2000
8	Beton	22,0-25,6	2240-2560
9	Beton Prategang	25,0-26,0	2560-2640
10	Beton Betulang	23,5-25,5	2400-2600
11	Timbal	111	11400
12	Lempung Lepas	12,5	1280
13	Batu Pasang	23,5	2400
14	Neoprin	11,3	1150
15	Pasir Kering	16,7-17,2	1600-1760
16	Pasir Basah	18,0-18,8	18,0-18,8
17	Lumpur Lunak	17,2	1760
18	Baja	77,0	7850
19	Kayu Ringan	7,8	800
20	Kayu Keras	11	1120
21	Air murni	9,8	1000
22	Air Garam	10,0	1025
23	Besi tempa	75,5	7680

(Sumber : RSNIT-02-2005, hal : 11)

2.3.1.3 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas adalah beban yang dihasilkan oleh kendaraan yang disalurkan ke perkerasan jalan melalui interaksi antara permukaan ban dan permukaan jalan. Beban ini bersifat dinamis dan terjadi berulang kali sepanjang umur jalan..

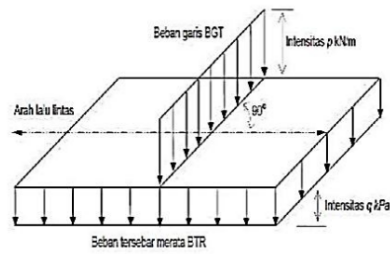
a. Beban Lajur “TD”

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 1725:2016, beban lajur jenis “TD” merupakan gabungan antara beban merata (BTR) dan beban terpusat (BGT).

Tabel 2. 6 Faktor Beban lajur “TD”

Jangka Waktu	Faktor Beban	
	Ys::TD	Yu::TD
Transien	1,0	1,8

(Sumber : SNI 1725-2016;hal : 39)



Gambar 2. 5 Beban lajur "D"
(Sumber : SNI 1725-2016; hal : 39)

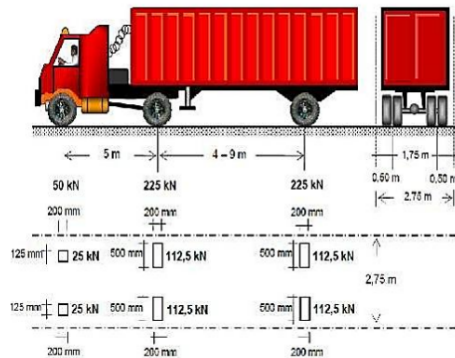
b. Beban Lajur "TT"

Merujuk pada SNI 1725:2016, pemuatan truk tipe "TT" dilakukan dengan mendistribusikan beban dari masing-masing as roda menjadi dua beban yang terdistribusi merata dan besarnya sama. Jarak antar ketiga as roda dapat divariasikan antara 4,0 meter dan 9,0 meter, untuk mendapatkan dampak maksimum pada struktur jembatan dalam arah memanjang.

Tabel 2.7 Faktor Beban lajur "T"

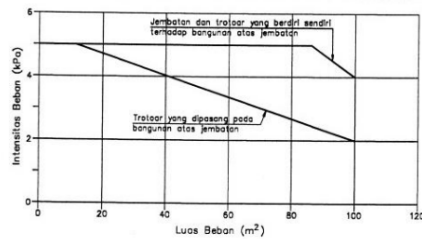
Jangka Waktu	Faktor Beban	
	Ks,TT	Ku,TT
Transien	1,0	1,8

(Sumber : SNI 1725-2016, hal: 41)



Gambar 2. 6 Pembebanan Truk "TT" (500 kN)
(Sumber : SNI 1725-2016, hal:41)

c. Beban Pejalan Kaki (TP)



Gambar 2. 7 Beban Pejalan Kaki
(Sumber : SNI 1725-2016, hal:46)

6 Semua komponen trotoar yang lebih lebar dari 500 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. Jika trotoar dapat dinaiki maka beban pejalan kaki tidak perlu dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan. Jika ada kemungkinan trotoar berubah fungsi di masa depan menjadi lajur kendaraan, maka beban hidup kendaraan harus diterapkan pada jarak 250 mm dari tepi dalam parapet untuk perencanaan komponen jembatan lainnya. Dalam hal ini, faktor beban dinamis tidak perlu dipertimbangkan.

Tabel 2. 8 Faktor Beban Pejalan Kaki

Jangka Waktu	Faktor Beban	
	Ks;:TP;	K u;:TP
Transien	1,0	1,8

(Sumber : SNI 1725-2016, hal:46)

d. Gaya Rem

Pengaruh gaya longitudinal di sepanjang jembatan akibat gaya pengereman perlu dipertimbangkan secara cermat. Gaya ini dihitung sebesar 5% dari beban mati (beban "D") tanpa memperhitungkan koefisien kejut, yang berlaku untuk semua lajur lalu lintas dalam satu arah, dan 25% dari berat truk rencana. Gaya pengereman diasumsikan bekerja secara horizontal sepanjang sumbu jembatan dengan titik penerapan pada ketinggian 1,80 meter di atas permukaan lantai kendaraan. Beban lajur tipe D tidak berkurang jika bentang jembatan melebihi 30 meter, dengan menggunakan rumus: $q = 9\text{kPa}$

Tabel 2. 9 Faktor Beban akibat gaya rem

Jangka Waktu	Faktor Beban	
	Ks::TB	Ku::TB
Transien	1,0	1,8

(Sumber : SNI 1725-2016, hal:46)

4

2.3.2 Beban Sekunder

Beban sekunder adalah beban sementara yang secara konsisten diperhitungkan dalam analisis tegangan untuk setiap desain struktur jembatan. Beberapa jenis beban yang termasuk dalam kategori beban sekunder meliputi:

2.3.2.1 Beban Gempa

Desain jembatan harus meminimalkan kemungkinan keruntuhan akibat gempa bumi, meskipun kerusakan signifikan dan gangguan pada fungsi layanan masih mungkin terjadi. Dalam beberapa keadaan, penggantian sebagian atau seluruh elemen struktur mungkin diperlukan. Tingkat kinerja yang lebih tinggi, seperti kinerja operasional pascagempa bumi, dapat ditentukan oleh otoritas yang berwenang.

Gaya seismik dihitung sebagai gaya horizontal yang diperoleh dari perkalian koefisien respons elastis (Csm) dan berat struktur ekuivalen, yang kemudian dimodifikasi oleh faktor modifikasi respons (Rd), sebagai berikut:

$$E_Q = \frac{C_{SM}}{R_D} \times W_t$$

Dimana:

EQ adalah gaya gempa horizontal statis (kg)

Csm adalah koefisien respons gempa elastis

Rd adalah faktor modifikasi respons

Wt adalah berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kg)

Koefisien respons elastis (Csm) diperoleh melalui analisis peta percepatan batuan dasar dan spektrum percepatan yang relevan dengan wilayah gempa dan periode perulangan gempa yang direncanakan. Koefisien percepatan yang dihasilkan dari peta gempa kemudian dikalikan dengan faktor amplifikasi yang memperhitungkan kondisi tanah hingga kedalaman 30 meter di bawah struktur jembatan.

2.3.2.2 Beban Angin

Gaya nominal maksimum yang timbul akibat beban layanan jembatan akibat pengaruh angin bergantung pada kecepatan angin desain, yang dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 2. 10 Faktor beban angin

Jangka Waktu	Faktor Beban	
	Ks::EW	Ku::EW
Transien	1,0	1,2

(Sumber : SNI 1725-2016, hal:56)

- a. ¹ Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana yang dijelaskan sebagai berikut:

$$TEW = 0,0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan pengertian :

V_w adalah Kecepatan angin rencana (m/s)

C_w adalah koefisien seret

A_b adalah luas koefisien bagian samping jembatan (m^2)

- b. Untuk jembatan rangka luas ekivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian terluar Tabel 2.11 Faktor Beban akibat gaya rem
- c. Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan beban garis merata tambahan arah horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus:

$$TEW = 0,0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan pengertian = 1,2

Tabel 2. 11 Koefisien seret C_w

Tipe Jembatan	C_w
Bangunan Atas Masif	
$b/d = 1,0$	2.1
$b/d = 2$	1.5
$b/d \geq 6$	1.25
Bangunan Atas Rangka	1.2

Catatan :

b= Lebar Keseluruhan Jembatan di hitung dari sisi luar sandaran

d= Tinggi Bangunan atas,termasuk tinggi bagian sandaran yang masif

(Sumber : SNI 1725-2016, hal:56)

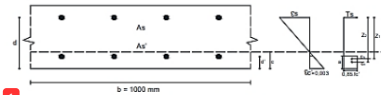
2.3.2.3 Kombinasi Beban

Kombinasi beban pada kondisi batas ultimit terdiri dari jumlah efek aksi permanen dan satu jenis aksi sementara. Ringkasan kombinasi beban yang umum digunakan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. 12 Kombinasi Beban Umum dan Ultimit

Aksi	Kelayanan						Ultimit					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Aksi Permanan :												
-Berat Sendiri												
-Beban Mati												
Tambahan												
-Susut rangkai												
- Pratekan	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
- Pengaruh beban tetap pelaksanaan												
- Tekanan tanah												
- Penurunan												
Aksi Transien :												
Beban "D"	x	o	o	o	o		x	o	o	o	o	
Beban "T"												
Gaya Rem	x	o	o	o	o			x				
Beban Pejalan Kaki		x							x			
Gesekan Perletakan	o	o	x	o	o	o	o	o	o	o		o
Pengaruh Suhu	o	o	x	o	o	o	o	o	o	o		o
Aliran / Hanyutan	o		o	x	o	o			x	o		o
Beban Angin			o	o	x	o			o	x		o
Aksi Khusus :												

- b. Beban pada trotoar meliputi beban mati, yang terdiri dari berat lapisan trotoar, berat struktur trotoar itu sendiri, dan berat air hujan. Sementara itu, beban hidup meliputi beban yang timbul dari aktivitas pejalan kaki. **Penulangan plat lantai kendaraan dan Trotoar.**



Gambar 2. 8 Tulangan Rangkap pada plat lantai

(Sumber : Akh.Taufik, Perencanaan struktur atas Jembatan Baja hal, 23)

Dimana :

d = tebal plat lantai – selimut beton – $\frac{1}{2}$ D tulangan

$A_s = \frac{(1/4 \times \pi \times D^2 \times b)}{\text{jarak yang direncanakan}}$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad (2.3)$$

Rumus tegangan tekan pada seret beton :

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \quad (2.4)$$

Rumus tegangan tekan pada seret baja :

$$C_s = A_s' (f_s' - 0,85 \cdot f_c) \quad (2.5)$$

Rumus kekuatan momen yang terjadi:

$$M_n = C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 \quad (2.6)$$

Rumus kekuatan momen rencana:

$$M_r = \phi \cdot M_n, \text{ dimana } \phi = 0,8 \quad (2.7)$$

Kekuatan momen rencana (ϕM_n) harus lebih besar atau sama dengan momen luar pada rencana (M_u)

$$M_r = \phi M_n > M_u \quad (2.8)$$

M_u diperoleh dengan pendekatan aplikasi sap 2000

2.4.2 Perencanaan Gelagar memanjang dan Melintang

Dalam desain struktur jembatan, terdapat balok memanjang dan balok melintang.

Balok memanjang berfungsi untuk menopang beban yang disalurkan dari pelat lantai kendaraan, sedangkan balok melintang berperan dalam mendistribusikan beban dari balok memanjang ke struktur utama jembatan. Dalam desain ini, balok dirancang sebagai girder komposit menggunakan profil baja tipe WF, dan diasumsikan berfungsi sebagai balok dengan dua tumpuan. Perhitungan momen dilakukan berdasarkan kondisi setelah sistem komposit terbentuk.

1 Penulangan gelagar

Lebar efektif pada pelat beton (bE) untuk gelagar interior (plat menumpu pada kedua sisi) :

$$bE \leq \frac{L}{4} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$bE \leq b_o \dots\dots\dots (2.10)$$

$$bE \leq bf + 16. ts \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

bE = Lebar efektif pada beton

L = Panjang gelagar

b_o = Jarak antara gelagar

Bf = Lebar profil Baja

Ts = tebal plat lantai

Elastisitas :

$$E_{\text{beton}} = 4700 \sqrt{f'c}$$

$$E_{\text{Baja}} = 2100000 \text{ kg/cm}^2 = 210000 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \dots\dots\dots (2.12)$$

(Sumber : CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid III, 1992 : 582)

Kontrol kelangsingan profil :

Untuk tekuk flens

$$\lambda_f = \frac{B}{2.t_f} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Syarat : $\lambda_f \leq \lambda_p$ (berdasarkan SNI – 03 – 2005, HAL 31)

Untuk tekuk local badan balok

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{H-2(r+t_f)}{t_w} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots (2.16)$$

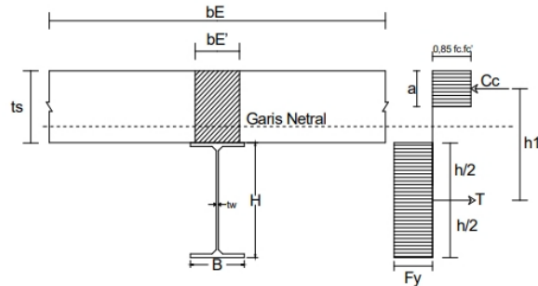
Syarat : $\lambda_f \leq \lambda_p$

Dimana :

B = tebal profil baja (mm)

H = tinggi profil baja (mm)
 T_w = tebal web (mm)
 T_f = tebal flens (mm)
 F_y = mutu baja (mpa)
 F_c = mutu beton (mpa)

(Setiawan, Agus. 2008 .Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD. Penerbit Erlangga hal.85)



Gambar 2.9 Distribusi tegangan plastis pada kekuatan momen nominal
(Sumber : Akh.Taufik, Perencanaan struktur atas Jembatan Baja hal, 26)

Kontrol kekuatan penampang

$$Y_a = \frac{\sum A_i Y_i}{\sum A_i} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$Y_b = t + h - Y_a \dots\dots\dots (2.18)$$

Misalkan $Y_a <$ tebal plat beton maka garis netral terletak pada plat beton.

Berdasarkan persamaan keseimbangan Gaya $C = T$, maka diperoleh :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c' \cdot bE} \dots\dots\dots (2.19)$$

Tebal plat beton 250 mm $>$ $a = 92,744$ mm, maka plat beton mampu mengimbangi gaya tarik $A_s \cdot f_s$ yang timbul pada baja.

Tegangan tekan pada serat beton:

$$C_c = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot bE \dots\dots\dots (2.20)$$

Tegangan Tarik seret baja

$$T = A_s \cdot f_y \dots\dots\dots (2.21)$$

Maka kuat lentur nominal dari komponen struktur komposit adalah

$$M_n = C_c \cdot h_1 \dots\dots\dots (2.22)$$

kontrol kekuatan penampang :

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

ϕ_b = factor resistensi untuk lentur (0,9)

M_n = Momen nominal (kgm)

M_u = Momen ultimit (kgm)

T = Tegangan tarik pada serat baja

C_c = Tegangan tekan pada serat beton

Besarnya lendutan maksimum akibat beban mati dan beban hidup adalah :

$$f = 1360 f = \frac{1}{360} \cdot L \dots\dots\dots (2.24)$$

(sumber : C.G. Salmon,,"struktur baja II", hal : 393)

Lendutan

Kontrol lendutan menggunakan Momen area a/ Luasan momen

$$\delta = \frac{M}{EI} \dots\dots\dots (2.25)$$

(sumber : Ir. V Sunggono kh, buku Teknik Sipi, halaman ; 83)

Dimana :

f = besar lendutan yang terjadi

I_x = momen inersia (cm⁴)

E = modulus elastisitas bahan baja (MPa)

Kontrol kekuatan geser

$$V_n = 0,55 \cdot d \cdot t_w \cdot f_y \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana :

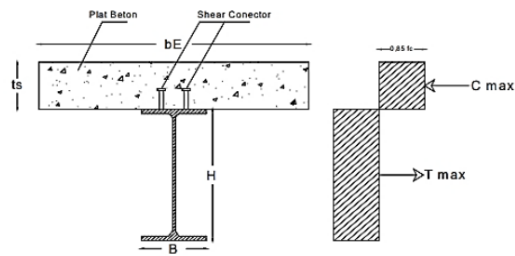
V_n = kuat geser nominal plat badan (kg)

f_y = tegangan leleh (Mpa)

d = tinggi profil baja (cm)

t_w = tebal web baja (cm)

Shear Konektor



Gambar 2. 10 Perencanaan Shear conector

(Sumber : Akh.Taufik, Perencanaan struktur atas Jembatan Baja hal, 28)

1 Untuk perhitungan gaya geser horizontal (V_h) menggunakan rumus:

$$C_{max} = 0,85 \times f'_c \times b_E \times t_s \quad (2.27)$$

$$T_{max} = A_s \times f_y \quad (2.28)$$

Dimana :

C_{max} = gaya geser pada beton

T_{max} = gaya geser yang ditimbulkan oleh profil baja

f'_c = kuat tekan beton (Mpa)

f_y = tegangan leleh profil baja (Mpa)

b_E = lebar slab efektif (cm)

t_s = tebal slab (cm)

A_s = luas penampang lintang baja (cm)

Dari dua rumus diatas diambil nilai gaya geser yang lebih kecil, perhitungan kekuatan stud dan jumlah stud

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot E_c \cdot \sqrt{f'_c \cdot E_c} \quad (2.29)$$

Dimana :

Q_n = kekuatan geser stud (kg)

A_{sc} = luas satu stud (cm²)

E_c = modulus elastisitas beton (Mpa)

Jumlah stad

$$n = V_h / Q_n \quad (2.30)$$

Dimana :

n = Jumlah stud

(Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD*. Penerbit Erlangga hal.299)

2.4.3 Perencanaan Gelagar Induk

Gelagar utama adalah elemen struktural utama yang terpasang di kedua sisi jembatan dan memanjang sepanjang jembatan. Komponen ini berfungsi untuk mendistribusikan semua beban yang bekerja pada jembatan, yang kemudian disalurkan melalui gelagar melintang. Dalam menganalisis desain gelagar utama, berbagai jenis beban harus dipertimbangkan dengan cermat, termasuk :

a. **Beban Mati**

Terdiri dari berat sendiri gelagar induk, gelagar memanjang, gelagar melintang, plat lantai kendaraan, trotoar, ikatan angin dan sandaran

b. **Beban Hidup Pejalan kaki (trotoar)**

c. **Beban “D”**

Beban hidup yang ditinjau yaitu beban terbagi merata dan beban garis.

d. **Gaya rem**

e. **Beban Gempa**

f. **Beban Akibat angin**

Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas. Beban yang bekerja ada dua macam :

T_{EW1} = Gaya Akibat Tekanan Angin Pada Beban Hidup

T_{EW2} = Gaya Akibat Tekanan Angin Pada Sisi rangka Jembatan.

g. **Kombinasi Pembebanan**

2.4.4 Perencanaan Ikatan Angin

Pengikat angin merupakan salah satu komponen struktural jembatan, yang utamanya bertanggung jawab untuk memberikan stabilitas dan kekakuan terhadap gaya horizontal. Komponen-komponen ini dapat ditempatkan di bagian atas, tengah, atau bawah struktur. Pengikat yang terletak di bagian atas disebut pengikat atas, yang di tengah disebut pengikat tengah, dan yang di bagian bawah disebut pengikat bawah.

2.4.5 Perencanaan Sambungan

Sambungan dalam suatu sistem struktur merupakan unsur yang tidak dapat diabaikan, sebab kegagalan pada bagian ini berpotensi menyebabkan kegagalan total pada keseluruhan struktur. Syarat-syarat sambungan :

a. **Harus kuat, aman tetapi cukup hemat.**

- b. Ditempat yang mudah terlihat, seharusnya dibuat seindah mungkin.
- c. Mudah dalam pelaksanaan pemasangan di lapangan.
- d. Pada satu titik sambungan sebaiknya dihindari penggunaan alat penyambung yang berbeda-beda.

Klasifikasi Sambungan :

- a. Sambungan momen kaku pada struktur rangka kaku diasumsikan memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut antar elemen struktur yang terhubung. Deformasi pada pelat penghubung harus dirancang agar tidak memengaruhi distribusi gaya internal atau deformasi keseluruhan struktur.
- b. Sambungan tidak kaku (sambungan semi-kaku) dalam struktur sederhana umumnya dianggap sebagai sambungan bebas momen pada kedua ujung elemen struktur. Jenis sambungan ini dirancang untuk memungkinkan titik putus guna menghasilkan rotasi yang diperlukan pada titik sambungan. Namun, sambungan ini tidak boleh menghasilkan momen lentur yang signifikan pada elemen struktur yang terhubung.

2.4.5.1 Perencanaan Sambungan Baut

Jenis sambungan yang diterapkan pada struktur jembatan ini adalah sambungan semi-kaku (sambungan pasak). Dalam desain jembatan tipe K-Truss, sambungan dirancang menggunakan baut mutu tinggi tipe A490. Persyaratan keselamatan yang ditentukan dalam metode LRFD untuk sambungan ini dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$\phi R_n \geq P_u \dots\dots\dots (2.31)$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 131)

Dimana :

ϕ = factor resistansi (untuk konektor harga itu berkaitan dengan tipe kejadian, seperti 0,75 untuk retakan dalam tarik, 0,65 untuk geser pada baut berkekuatan tinggi, dan 0,75 untuk tumpu baut pada sisi lubang)

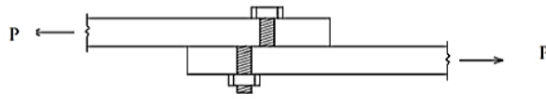
R_n = kekuatan satu penyambung

P_u = Beban terfaktor pada satu penyambung

- a. Kekuatan Geser Desain Untuk Baut

Kekuatan desain ϕR_n bila terdapat ulir pada bidang geser menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132) adalah :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b\end{aligned}$$



Gambar 2. 11 Kegagalan Geser baut

(Sumber : Akh.Taufik, Perencanaan struktur atas Jembatan Baja hal, 45)

b. Kekuatan Tumpuan Desain Untuk Baut

Kekuatan desain ϕR_n , berdasarkan kekuatan tumpu pada lubang baut menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 134) dibagi menjadi beberapa kategori :

1. Untuk kondisi baut biasa (lubang standar atau lubang beralur pendek, jarak ujung tidak kurang dari 1,5 D, dengan jarak baut dari pusat ke pusat tidak kurang dari 3 D, dengan dua atau lebih pada garis gaya), berlaku persamaan :

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

Dimana :

$\phi = 0,75$, harga untuk baut terhadap sisi lubang

d = diameter nominal baut (bukan pada bagian ulir)

t = ketebalan bagian yang disambung (misalnya pelat)

F_u = kekuatan tarik baja untuk membentuk bagian yang disambung

2. Untuk lubang beralur pendek yang tegak lurus terhadap arah transmisi beban, jarak ujung tidak kurang dari 1,5 D, dengan jarak baut dari pusat ke pusat tidak kurang dari 3 D, dengan dua atau lebih pada garis gaya, berlaku persamaan :

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) (2.69)$$

Dimana :

$\phi = 0,75$, harga untuk baut terhadap sisi lubang

3. Untuk baut yang paling berdekatan dengan pinggir dimana kondisi 1 dan 2 tidak terpenuhi, berlaku persamaan :

$$\phi R_n = \phi \cdot (L \cdot t \cdot F_u)$$

Dimana : $\phi = 0,75$, harga untuk baut terhadap sisi lubang

L = jarak ujung pada garis gaya, dari pusat suatu standar atau lubang berukuran lebih, atau dari pertengahan lebar lubang beralur pendek, sampai pinggiran bagian yang disambung

4. Bila perpanjangan lubang lebih besar dari 0,25 dapat dipergunakan persamaan :

$$\phi R_n = \phi \cdot (3,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

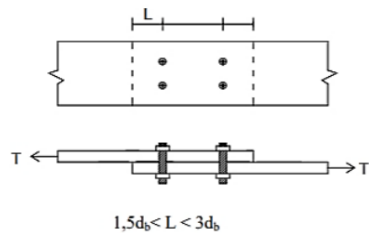
Dimana :

$\phi = 0,75$, harga untuk baut terhadap sisi lubang

c. Jarak minimum Baut Pada Garis Transmisi gaya

Untuk jarak minimum L dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 135) :

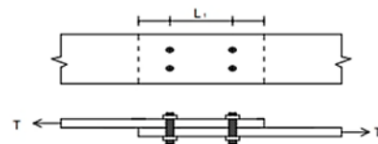
$$L \geq \frac{R_n}{F_{u,t}} \dots \dots \dots (2.32)$$



Gambar 2. 12 Jarak Baut dari pusat penyambung sampai ke pinggir luas berdekatan (Sumber : Akh.Taufik, Perencanaan struktur atas Jembatan Baja hal, 47)

Berikutnya, menambahkan setengah diameter baut ($d_b/2$) ke persamaan akan menghasilkan jarak minimum antara pusat lubang baut:

Jarak antara baut $\geq \frac{R_n}{F_{u,t}} + \frac{D_b}{2} \dots \dots \dots (2.33)$



Gambar 2. 13 Jarak baut dari pusat sampai ke pusat (Sumber : Akh.Taufik, Perencanaan struktur atas Jembatan Baja hal, 47)

1 Karena R_n pada persamaan ini merupakan kekuatan nominal yang disyaratkan, yang nilainya setara dengan beban factor P , yang bekerja pada satu baut dibagi dengan faktor resistensi ϕ , maka persamaan terdapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{Jarak antara baut} \geq \frac{R_n}{\phi F_{u,t}} + \frac{D_b}{2} \dots \dots \dots (2.33)$$

1 Dimana :

$\phi = 0,75$, harga untuk kegagalan tarik atau sisi lubang pada pelat

P = beban terfaktor yang bekerja pada satu baut

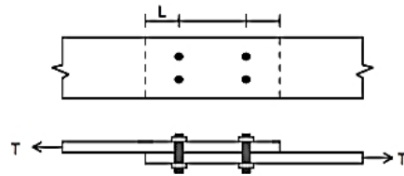
F_u = kekuatan tarik dari bahan pelat

D_b = diameter ludang baut Jarak minimum baut dalam satu garis lebih disukai sebesar 3 x diameter baut dan tidak boleh kurang dari 2 2 /3 x diameter baut

d. Jarak Ujung minimum pada Arah Transmisi Gaya

Jarak minimum L dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan :

$$L \geq \frac{R_n}{F_{u,t}} \dots \dots \dots (2.34)$$



Gambar 2. 14 Jarak dari pusat penyambung sampai Kepinggir Luas berdekatan

(Sumber : Akh.Taufik, Perencanaan struktur atas Jembatan Baja hal, 48)

1 Apabila kekuatan nominal yang disyaratkan merupakan beban terfaktor dibagi dengan faktor resistensi ϕ , maka persamaan tersebut dirumuskan sebagai berikut :

$$L \geq \frac{R_n}{\phi F_{u,t}} \dots \dots \dots (2.35)$$

1 Dimana :

$\phi = 0,75$, harga untuk kegagalan tarik atau sisi lubang pada pelat

P = beban terfaktor yang bekerja pada satu baut

F_u = kekuatan tarik dari bahan pelat

t = ketebalan pelat

e. Perhitungan Baut (n)

Dalam perencanaan sambungan, jumlah baut yang diperlukan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut : Jumlah baut untuk sambungan (n)

$$n = \frac{P_u}{\phi \cdot R} \dots \dots \dots (2.36)$$

n = jumlah baut

Pu= Beban terfaktor yang bekerja pada satu baut (kg)

R= kekuatan (geser dan tumpu desain baut akan diambil hasil dari persamaan kuat desain baut yang nialinya lebih kecil), (kg)

- f. Menentukan tebal plat simpul (t)

Untuk menghitung tebal plat simpul digunakan rumus :

$$t > \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L} \dots \dots \dots (2.37)$$

Dimana:

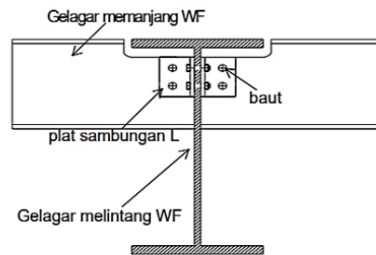
P = beban terfaktor (cm)

ϕ = factor retesistensi (0,75)

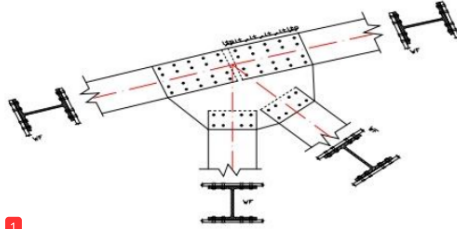
Fu = kekuatan tarik dari bahan pelat (kg/cm²)

L = jarak ujung minimum (cm)

t = tebal plat simpul (cm)



Gambar 2. 15 Sambungan Melintang dan Memanjang
(Sumber : Akh.Taufik, Perencanaan struktur atas Jembatan Baja hal, 43)



1 Gambar 2. 16 Sambungan Plat simpul gelagar induk

(Sumber : A.h.Taufik, Perencanaan struktur atas Jembatan Baja hal, 58)

2.4.5.2 Perencanaan Sambungan Las

Ukuran las tumpul penetrasi penuh untuk sambungan tipe - T atau sambungan sudut adalah tebal bagian yang menumpu pada bagian yang lain. Panjang efektif las tumpul adalah jumlah dari panjang las ukuran penuh. Sementara itu, luas efektif las tumpul adalah perkalian panjang efektif dengan tebal rencana leher. Las sudut yang memikul gaya rencana per satuan panjang las, V_w harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

$$v_w \leq \phi v_w \dots\dots\dots (2.38)$$

1 Gaya rencana per satuan panjang, V_w adalah jumlah vektor gaya rencana per satuan.

Kekuatan nominal las sudut per satuan panjang harus dihitung sebagai berikut:

$$V_w = 0,6 \cdot f_{uw} t_f k_r \dots\dots\dots (2.39)$$

Dimana:

ϕ = faktor reduksi kekuatan

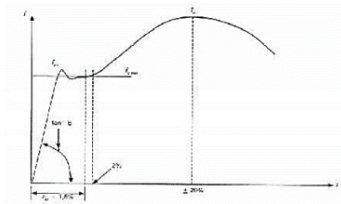
f_{uw} = kekuatan nominal las sudut per satuan panjang (MPa).

t_f = lebar rencana leher (mm)

k_r = faktor reduksi untuk memperhitungkan panjang hubungan lebih yang di las, L_w . Untuk semua jenis hubungan lain, $k_r = 1,0$

1 2.4.6 Desain Struktur dengan Metode LRFD **1**

Sifat mekanis baja memainkan peran krusial dalam desain konstruksi. Sifat-sifat ini ditentukan melalui uji tarik, yang melibatkan pemberian beban tarik pada sampel baja. Selama proses pengujian, besarnya beban dan perubahan panjang spesimen dicatat, yang memungkinkan adanya hubungan antara tegangan dan regangan material



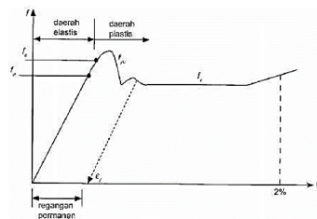
1

Gambar 2. 17 Kurva Hubungan Tegangan (f) vs Regangan (ϵ)

(Sumber : Perencanaan Struktur Baja dengan Menggunakan Metode LRFD (Agus Setiawan, hal 19)

Hasil uji tarik disajikan dalam bentuk diagram tegangan-regangan. Titik f_y atau titik batas proporsional pada diagram menunjukkan batas hubungan linear antara tegangan dan regangan. Selama beban tidak melebihi titik ini, baja tetap berada dalam keadaan elastis, artinya jika beban dihilangkan, material dapat kembali ke bentuk semula. Namun, jika beban melebihi titik ini, baja memasuki fase plastis, di mana sifat elastisnya hilang dan terjadi deformasi permanen, sehingga baja tidak dapat kembali ke kondisi semula sebelum dibebani.

Ada dua pendekatan utama yang digunakan dalam perencanaan struktur baja, yaitu metode perencanaan berdasarkan tegangan izin atau Allowable Stress Design (ASD), dan metode perencanaan berdasarkan batas kekuatan atau Load and Resistance Factor Design (LRFD).



Gambar 2. 18 Kurva Tegangan – Regangan

(sumber : Perencanaan Struktur Baja dengan menggunakan Metode LRFD (agusSetiawan, hal 19)

Berdasarkan grafik tersebut maka ada beberapa hal yang mendasari penulis menerapkan metode LRFD dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini, antara lain:

- Pendekatan rasional yang ditawarkan oleh metode LRFD sangat menarik karena menjanjikan pemanfaatan material yang lebih efisien dan optimal untuk berbagai

- 1 kombinasi beban dan konfigurasi struktural. Lebih lanjut, LRFD cenderung menghasilkan struktur yang lebih aman daripada metode ASD, terutama ketika menggabungkan beban mati dan beban hidup, yang ditangani secara konsisten.
- b. Metode LRFD memberikan fleksibilitas dalam mengakomodasi informasi baru mengenai jenis beban dan variabilitasnya ketika data tersebut tersedia. Mengingat keterbatasan pengetahuan terkini mengenai beban dan variabilitasnya, pemisahan kapasitas pembebanan dan resistansi dalam pendekatan LRFD memungkinkan perubahan pada satu aspek tanpa memengaruhi aspek lainnya.
 - c. Penyesuaian faktor beban lebih dan faktor resistansi dalam metode LRFD dapat dilakukan lebih mudah daripada perubahan nilai tegangan izin dalam metode ASD.
 - d. Metode LRFD memfasilitasi integrasi desain yang lebih konsisten di berbagai jenis material. Hal ini karena variabilitas beban tidak secara langsung bergantung pada jenis material yang digunakan dalam desain. Suatu desain struktur harus menyediakan cadangan kekuatan yang diperlukan untuk menanggung beban layanan yakni struktur harus memiliki kemampuan terhadap kemungkinan kelebihan beban (overload). Kelebihan beban dapat terjadi akibat perubahan fungsi struktur dan dapat juga terjadi akibat terlalu rendahnya taksiran atas efek- efek beban yang mungkin akan terjadi.

Selain itu, kemungkinan kekurangan kekuatan material juga harus diperhitungkan. Penyimpangan dimensi pada elemen struktural, sekecil apa pun, dapat mengakibatkan kekuatan yang lebih rendah daripada yang dirancang semula. Secara umum, persamaan yang mewakili persyaratan keselamatan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i \quad (2.40)$$

Dimana :

ϕ = faktor resistensi (faktor reduksi kekuatan)

R_n = kekuatan nominal (kekuatan)

4 Dalam persamaan ini, ruas kiri merepresentasikan kapasitas atau kekuatan suatu komponen atau sistem struktur, sementara ruas kanan menunjukkan total beban yang diperkirakan akan diterima oleh struktur. Pada sisi kapasitas, nilai kekuatan nominal (R_n) dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan (faktor resistansi) untuk mendapatkan nilai kekuatan desain. Sementara itu, pada sisi beban, berbagai faktor pengali beban

lebih diterapkan untuk mendapatkan total beban terfaktor ($\sum \gamma \cdot Q$). Mengingat struktur jembatan ini umumnya memikul gaya aksial pada elemen rangka dan gaya lentur pada balok lantai kendaraan, pembahasan lebih lanjut dapat dijelaskan sebagai berikut:

2.4.6.1 Batang Tarik

Persyaratan keamanan struktur yang diberikan dalam LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson, Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 95) adalah :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u \quad (2.41)$$

Dimana :

ϕ_t = faktor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tarik

T_u = beban terfaktor pada batang tarik

Kekuatan desain $\phi_t \cdot T_n$ menurut LRFD lebih kecil dibanding dengan yang didasarkan pada pelelehan pada penampang bruto sebagai berikut :

$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g = 0,90 \cdot F_y \cdot A_g$ (0,9 = Faktor reduksi kuat tarik leleh) Atau pada retakan pada penampang bersih :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_e = 0,75 \cdot F_u \cdot A_e$$
 (0,75 = Faktor reduksi kuat tarik fraktur)

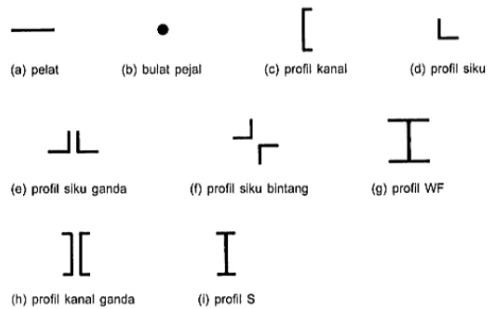
Dimana :

A_g = Luas Penampang kotor

A_e = Luas penampang bersih

F_y = Tegangan leleh material

F_u = Tegangan tarik putus



Gambar 2. 19 Penampang Batang-batang Tarik

(Sumber : Agus Setiawan, Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, 2008: 29)

2.4.6.2 Batang Tekan

Persyaratan kekuatan dalam desain factor dan resistensi menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 342) adalah:

$$\phi_c \cdot P_n \geq P_u \dots\dots\dots (2.42)$$

Dimana :

$\phi_c = 0,85$ (factor resistensi untuk batang tekan)

P_n = kekuatan nominal batang tekan

P_u = beban layan terfaktor

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

$$P_n = A_g \cdot F_{cr}$$

Dimana :

A_g = luas penampang bruto batang tekan

F_{cr} = tegangan kritis

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 342)

sebagai berikut :

a. Untuk $\lambda_c \leq 1,5$

$$F_{cr} = (0,658\lambda_c^2 c) f_y \dots\dots\dots (2.43)$$

b. Untuk $\lambda_c \geq 1,5$

$$F_{cr} = \frac{0,887}{\lambda_c^2 c} \dots\dots\dots (2.45)$$

Untuk memberikan keamanan batang dari bahaya tekuk maka LRFD memberikan

spesifikasi tersendiri untuk parameter kerampingan (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 340)

$$\lambda_c = \frac{K L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}} \dots\dots\dots (2.46)$$

Dimana:

$\frac{K L}{r}$ = rasio kerampingan efektif

K = factor panjang efektif

L = panjang batang

R = radius girasi $\sqrt{\frac{I}{A_g}}$

$$R_y = \text{radius girasi} \sqrt{\frac{I_y}{A_g}}$$

$$R_x = \text{radius girasi} \sqrt{\frac{I_x}{A_g}}$$

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja (210.000 Mpa)

2.4.6.3 Kuat Tekan Nominal Akibat Lentur

Tekuk lentur umumnya merupakan faktor penentu kekuatan elemen struktur yang dibebani beban tekan aksial murni. Hingga saat ini, pembahasan elemen struktur tekan sebagian besar berfokus pada perilaku struktur yang gagal akibat tekuk lentur. Fenomena tekuk ini menyebabkan defleksi terhadap sumbu lemah, yaitu sumbu dengan rasio kelangsingan tertinggi. Oleh karena itu, setiap elemen struktur tekan berpotensi mengalami kegagalan struktural akibat tekuk lentur. (Agus Setyawan, Perancangan Struktur Baja dengan Metode LRFD, 2008: hlm. 66).

Menurut RSNI T - 03 - 2005; halaman 19 Kuat tekan nominal akibat tekuk-lentur, N_n , dari komponen struktur tekan dengan elemen-elemen penampang mempunyai rasio lebar-tebal, λ_c , lebih kecil dari yang ditentukan sebagai berikut :

$$N_n = (0,66 \lambda_c^2) A_g f_y \dots \dots \dots (2.47)$$

$$N_n = \frac{0,88}{\lambda_c} A_g \cdot f_y \dots \dots \dots (2.48)$$

$$\lambda_c = \frac{l_k}{r_n} \sqrt{\frac{I_y}{E}} \dots \dots \dots (2.49)$$

$$l_k = k c L \dots \dots \dots (2.50)$$

Dimana :

A_g = luas penampang bruto, (mm)

f_y = tegangan leleh, (MPa)

λ_c = parameter kelangsingan

$k c$ = faktor panjang tekuk untuk komponen struktur jembatan rangka (mm).

E = modulus elastisitas bahan baja, (MPa)

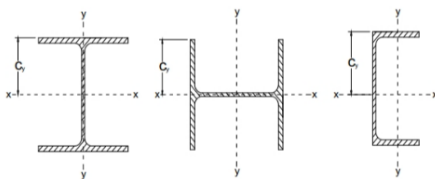
Garis putus menunjukkan posisi sistem pada saat lentur						
Rasio K desain	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
K desain	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Keterangan	jepit	sandi	rol tanpa rotasi	rol tanpa rotasi	rol tanpa rotasi	ujung bebas

Gambar 2. 20 Faktor Panjang efektif

(Sumber :Agus Setiawan, Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, 2008: 57)

2.4.6.4 Batang Lentur

Tegangan pada penampang umumnya dapat dihitung menggunakan rumus lentur sederhana, terutama ketika beban bekerja sejajar dengan salah satu sumbu utama penampang. Jika suatu penampang memiliki setidaknya satu sumbu simetri dan dibebani melalui pusat gesernya, yang mengakibatkan momen lentur dalam arah acak, maka komponen momen lentur terhadap sumbu utama, yaitu M_{xx} dan M_{yy} , dapat ditentukan. Dengan demikian, tegangan pada penampang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:



Gambar 2. 21 Penampang batang lentur

(sumber : Agus Setiawan, Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, 2008: 82)

$$f = \frac{M_x c_y}{I_x} + \frac{M_y c_x}{I_y} \dots\dots\dots (2.51)$$

Dimana :

f = tegangan lentur

M_x, M_y = Momen Lentur Arah x dan y

S_x, S_y = Modulus Penampang Arah x dan y

I_x, I_y = Momen Inersia arah x dan y

C_x, C_y = Jarak dari titik berat ke tepi serat arah x dan y

2.5 Perencanaan Struktur Bawah

Struktur bawah (*sub structure*) yang berupa pondasi, merupakan struktur yang berfungsi untuk meneruskan beban-beban dari struktur atas ke dalam lapisan tanah. Dalam menentukan jenis pondasi yang sesuai kita perlu mempertimbangkan beberapa hal sebagai berikut :

- Keadaan tanah, seperti parameter tanah, daya dukung tanah, dll
- Jenis struktur atas (fungsi bangunan)
- Anggaran biaya yang dibutuhkan
- Waktu pelaksanaan yang direncanakan

2.5.1 Parameter tanah

Sebelum menentukan jenis pondasi yang akan digunakan, terlebih dahulu harus diketahui kondisi tanah tempat bangunan akan didirikan. Untuk keperluan tersebut, maka dilakukan penyelidikan tanah (*soil investigation*). Penyelidikan yang dilakukan terdiri dari penyelidikan lapangan (*field test*) dan penyelidikan laboratorium (*laboratory test*).

Penyelidikan tanah dimaksudkan untuk mengetahui kondisi geoteknik, baik keadaan, jenis dan sifat-sifat yang menjadi parameter dari tanah pondasi rencana. Yang dimaksud dengan kondisi geoteknik adalah :

- Struktur dan penyebaran tanah serta batuan
- Sifat fisis tanah
- Sifat teknis tanah/batuan
- Kapasitas dukung tanah terhadap pondasi yang diperbolehkan sesuai dengan tipe pondasi yang akan digunakan.

2.5.2 Analisis Daya Dukung tanah

Perhitungan daya dukung tanah sangat diperlukan guna mengetahui kemampuan tanah sebagai perletakan/pemakaian struktur pondasi. Daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah dalam mendukung beban baik berat sendiri struktur pondasi maupun beban struktur atas secara keseluruhan tanpa terjadinya keruntuhan. Nilai daya dukung tersebut dibatasi oleh suatu daya dukung batas (*ultimate bearing capacity*), yang merupakan keadaan saat mulai terjadi keruntuhan.

Sebelum kita menentukan jenis pondasi yang akan digunakan, kita harus menentukan daya dukung ijin (q_u) yang merupakan hasil bagi dari daya dukung batas (q_{ult}) dengan safety factor.

2.5.3 Pemilihan Tipe Pondasi

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah di lokasi perencanaan yang telah dilakukan dimana jembatan ini akan dibangun, telah ditemukan bahwa lapisan tanah keras terletak pada kedalaman tertentu. Sehingga dalam hal ini diputuskan untuk menggunakan jenis pondasi tiang pancang.

Analisa daya dukung tiang tunggal ditentukan berdasarkan dibawah ini

Kekuatan karakteristik beton

$$\sigma_b = 0.33 \times f'_c : f'_c = \text{kekuatan karakteristik beton}$$

$$P_{tiang} = \sigma_b \times A_{tiang}$$

Dimana :

$$P_{tiang} = \text{Kekuatan pikul tiang yang diijinkan}$$

$$\sigma_b = \text{Tegangan tekan tiang terhadap penumbukan}$$

$$A_{tiang} = \text{Luas penampang tiang pancang}$$

Kekuatan karakteristik beton

Perhitungan Pall untuk tiang bor diambil dari rumus Pall tiang pancang dengan reduksi sebesar 30% karena kehilangan keseimbangan tekanan tanah sewaktu dilakukan pengeboran yang mengakibatkan berkurangnya daya dukung. Pada perhitungan akan ditinjau dalam tiga rumus perhitungan daya dukung tanah

Perhitungan tiang pancang didasarkan pada tahanan ujung dan hambatan pelek, persamaan daya dukung yang diijinkan adalah :

$$Q_{tiang} = \frac{A_{tiang} \times q_c}{3} + \frac{0 \times f_c}{5} \dots \dots \dots (2.52)$$

a. Tahanan Ujung (*End Bearing*)

$$Q_{tiang1} = \frac{q_c \times A}{f_{k1}} \dots \dots \dots (2.53)$$

Dimana :

$$q_c = \text{Conus resistance}$$

$$A = \text{Luas penampang tiang pancang}$$

$$f_{k1} = \text{Faktor keamanan} = 3$$

b. Tahanan Batang (*Friction File*)

$$Q_{tiang2} = \frac{fc \times Keliling}{fk_2} \dots\dots\dots(2.54)$$

Dimana :

fc =Total Friction

O =Keliling tiang pancang

fk_2 =Faktor keamanan = 5

c. Daya Dukung Total

$$Q_{tiang} = Q_{tiang1} + Q_{tiang2} \dots\dots\dots(2.55)$$

Dimana :

Q_{tiang} = Daya dukung total

Q_{tiang1} = Daya dukung tahanan ujung

Q_{tiang2} = Daya dukung tahanan batang

3 1. Data $N-SPT$

Berdasarkan daya dukung tiang yang diijinkan (R_a) dapat diperoleh rumus sebagai berikut :

$$R_a = \frac{1}{SF} \cdot Ru = \frac{1}{SF} (Rp + Rf) \dots\dots\dots(2.56)$$

dimana :

SF = ¹³ *Safety Factor* (angka keamanan) = 3,0

R_u = daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)

R_p = daya dukung terpusat tiang (ton)

R_f = gaya geser pada dinding tiang (ton)

$$Ru = qd \cdot A + O \sum li \cdot fi \dots\dots\dots(2.57)$$

dimana :

qd = daya dukung terpusat tiang (ton)

A = luas penampang tiang (cm²) = 30*30 = 900 cm²

O = keliling penampang tiang (cm) = 4*30 = 120 cm

Li = tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

Fi = besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m²)

Dari ke 3 hasil analisa diatas yang akan dipakai adalah nilai yang terkecil.

2.5.4 Perencanaan Pile cap pada Abutmen

Menentukan jumlah tiang pancang jumlah tiang pancang yang dibutuhkan untuk menahan beban dihitung sebagai berikut :

$$Kebutuhan\ tiang = \frac{Nu}{Daya\ dukung\ tiang\ tunggal} \dots\dots\dots(2.58)$$

dimana :

Nu = Gaya normal yang dialami satu titik pondasi yang telah ditentukan (Ton)

Menghitung efisiensi kelompok tiang

Efisiensi kelompok tiang dalam satu pile cap dihitung sebagai berikut :

$$Eff = 1 - \frac{\varphi}{90} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \times n} \right] \dots\dots\dots(2.59)$$

dimana :

m = Jumlah baris

n = Jumlah tiang

φ = Arc tan (d/s), dalam derajat

d = Diameter tiang

s = Jarak antar tiang

Syarat jarak tiang as - as :

$$2,5 D \leq S \leq 3 D \text{ atau } S \leq \frac{1,57 \times d \times m \times n}{m+n-2} \dots\dots\dots(2.60)$$

Syarat jarak tiang ke tepi : $S \geq 1,25 D$

Perhitungan Beban Maksimum untuk Kelompok Tiang yang Menerima Beban

Eksentris (Beban Normal Sentris dan Momen)

$$P_{max} = \frac{\sum Pv}{n} \pm \frac{Mx \cdot Y_{max}}{n_y \sum y^2} \pm \frac{My \cdot X_{max}}{n_x \sum x^2} \dots\dots\dots(2.61)$$

dimana :

P_{max} = Beban maksimum yang diterima 1 tiang pancang

$\sum Pv$ = Jumlah beban vertikal

n = Banyaknya tiang pancang

Mx = Momen arah X

My = Momen arah Y

X_{max} = absis maksimum (jarak terjauh) tiang ke pusat berat kelompok tiang

y_{max} = Ordinat maksimum (jarak terjauh) tiang ke pusat berat

kelompok tiang

N_x = banyak tiang dalam satu baris arah x

N_y = banyak tiang dalam satu baris arah y

$\sum y^2$ = Jumlah kuadrat jarak jauh arah Y (absis – absis) tiang

$\sum x^2$ = Jumlah kuadrat jarak jauh arah X (ordinat – ordinat) tiang

P_{max} didapat dari hasil output SAP2000, dibandingkan P_{eff}

2.6 Penelitian Terhadulu

Beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai perencanaan jembatan yaitu sebagai berikut:

Afufik Hidayat (2016) melakukan penelitian tentang perencanaan struktur atas jembatan rangka baja tipe K-truss dengan metode LRFD pada Jembatan Kalilanang yang terletak di Kelurahan Pandanrejo, Kecamatan Bumianji, Kota Baru. Tujuan penelitian adalah untuk menentukan tebal pelat lantai kendaraan dan pelat trotoar, dimensi baja WF yang digunakan, dan jumlah baut pada setiap titik sambungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tebal pelat lantai kendaraan sebesar 250 mm, sedangkan tebal pelat trotoar mencapai 550 mm. Dimensi baja WF yang digunakan untuk gelagar memanjang sebesar 300x150x6,5x9 mm, untuk gelagar melintang 400x300x10x16 mm, dan untuk gelagar utama 400x400x13x21 mm. Selanjutnya, kapasitas desain struktur jembatan rangka baja K-truss mencapai 726.537,803 kg, nilai tertinggi berdasarkan perhitungan: $P_n = A_g \times F_c r$

Santi Yatnikasari (2021) melakukan penelitian “Alternatif Perencanaan Jembatan Rangka Baja dengan Metode LRFD di jembatan gelatik Kota Samarinda” Berdasarkan hasil analisa dari data dan perencanaan yang penulis lakukan, maka dapat disimpulkan bahwa dimensi plat dan tulangan yang dipakai pada lantai kendaraan dan trotoir pada perencanaan jembatan rangka baja adalah: A. Plat Lantai Trotoir : Panjang lantai kendaraan = 39 m Lebar lantai kendaraan = 0,5 m Jumlah trotoir rencana = 2 Dipakai tulangan pokok = 18–100 mm Dipakai tulangan bagi = 8 – 100 mm B. Plat Lantai Kendaraan : Panjang lantai kendaraan = 39 m Lebar lantai kendaraan = 7 m Dipakai plat beton = 0,2 m Dipakai tulangan pokok = 18–100 mm Dipakai tulangan bagi = 8 – 100 mm C. Dimensi profil baja (WF) yang dipakai dalam perencanaan gelagar memanjang, gelagar melintang, dan gelagar induk : a. Dimensi Gelagar Memanjang : WF 12 x 31 b. Dimensi Gelagar Melintang : WF 27 x 145 c. Dimensi Gelagar Induk : WF 300 x 300 x

12 x 12 D. Dimensi perencanaan profil ikatan angin pada jembatan rangka : a. Dimensi Ikatan Angin Atas Diagonal : L 75 x 75 x 10 b. Dimensi Ikatan Angin Vertikal : WF 5 x 16 c. Dimensi Ikatan Angin Bawah : L 90 x 90 x 11 E. Dimensi baut yang dipakai dalam perencanaan sambungan : a. Sambungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang : Dipakai baut dengan dimensi = 19 mm Tebal Plat simpul = 10 mm b. Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk : Dipakai baut dengan dimensi = 19 mm Tebal Plat simpul = 10 mm c. Sambungan Batang Gelagar Induk : Dipakai baut dengan dimensi = 22,23 mm Tebal Plat simpul = 10 mm d. Sambungan Ikatan Angin Atas dan Bawah : Dipakai baut dengan dimensi = d19 mm

Risky Amaliya Putri melakukan penelitian “Perencanaan Jembatan Rangka Baja bentang 50m”⁵ Proses pengolahan data dari perencanaan jembatan guna mendapatkan hasil perhitungan struktur dari jembatan itu sendiri dapat dijelaskan sebagai berikut : 1. Dari data spesifikasi jembatan mulai dilakukan perhitungan struktur dari bangun atas jembatan yang memiliki urutan perhitungan sebagai berikut : a. Perhitungan sandaran. b. Perhitungan trotoar c. Perhitungan pelat lantai kendaraan d. Perhitungan gelagar membujur e. Perhitungan gelagar melintang sebelum komposit f. Perhitungan gelagar melintang setelah komposit g. Perhitungan ikatan angin h. Perhitungan rangka induk 2. Setelah perhitungan struktur bangunan atas telah selesai dan dikontrol hasilnya maka perhitungan dilanjutkan pada perhitungan struktur bangunan bawah jembatan dengan urutan perhitungan sebagai berikut : a. Perhitungan pelat injak b. Perhitungan abutment c. Perhitungan pondasi 3. Selanjutnya setelah perhitungan stuktur telah selesai maka dilanjutkan dengan pembuatan gambar perencanaan dari jembatan tersebut. 4. Lalu pembuatan persyaratan teknis yang digunakan. 5. Kemudian dilakukan perhitungan engineering estimate jembatan dan pembuatan kurva s. Adapun hasil dari penelitian tersebut⁵ 1. Pada perencanaan ini digunakan gelagar melintang dengan perfl WF 800 x 300 x 16 x30 dan gelagar membujur menggunakan profil WF 350 x350 x 13 x 13, sedangkan rangka induk menggunakan profil WF 400 x 400 x 20 x 35. 2. Pada perencanaan akhir didapat lendutan rangka induk sebesar 7,41 cm dimana lebih kecil dari pada lendutan yang diijinkan sebesar 10 cm. 3. Untuk perencanaan bangunan bawah jembatan didapatkan pondasi mini pile sebagai pondasi dengan kedalam 5 meter, dimana pada tiap abutmentnya terdapt mini pile sejumlah 55 buah. 4. Anggaran biaya

yang direncanakan dalam perhitungan ini adalah sebesar Rp 5.543.070.300, dengan durasi pengerjaan selama 172 hari.

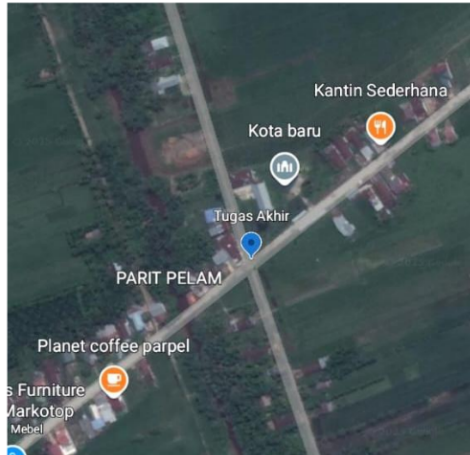
M Denial Fahmi (2016) melakukan penelitian “*Perencanaan Abutment dan Timbunan di belakang Abutmen Serta Perbaikan Tanah pada Jembatan Kereta api Jalur Ganda Di Kali Lamong*”¹⁰ Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah merencanakan abutment jembatan dan timbunan di belakang abutmen yang stabil dan tidak longsor, serta sistem pengamanan jembatan lama agar tidak terpengaruh saat pelaksanaan konstruksi jembatan baru.¹⁰ Dalam perencanaan Tugas Akhir ini dapat diperoleh kesimpulan yaitu: 1. Tinggi awal timbunan (Hinitial) yang harus diletakkan sebelum pemampatan terjadi adalah 4,3m. 2. Total Settlement (Sc) yang harus dihilangkan adalah sebesar 1,755 m. Untuk menghilangkan 90% dari total settlement ($U\% = 90\%$) diperlukan waktu 12 minggu. Metode perbaikan tanah yang digunakan untuk mempercepat pemampatan adalah dengan cara pola pemasangan PVD segi tiga, jarak pemasangan 1 m.¹⁰ Dari perhitungan daya dukung tanah dengan metode Luciano de Court didapat kedalaman tiang untuk menahan beban yang ada sedalam 29 m dengan memakai tiang pancang berdiameter 50 cm sebanyak 15 tiang pancang.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Desa Seberang Pembenaan, Kecamatan Keritang, Kab.Indragiri Hilir. Jembatan yang akan didesain jembatan Parit Pelam yang berlokasi di Desa Sebrang Pembenaan yang menyambungkan Desa Kota Baru–Desa Seberang Pembenaan dengan bentang jembatan ± 40 meter.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian

(Sumber : [PARIT PELAM – Goglee Earth](#) tanggal :15 Februari 2025)

3.2 Tahap Pekerjaan

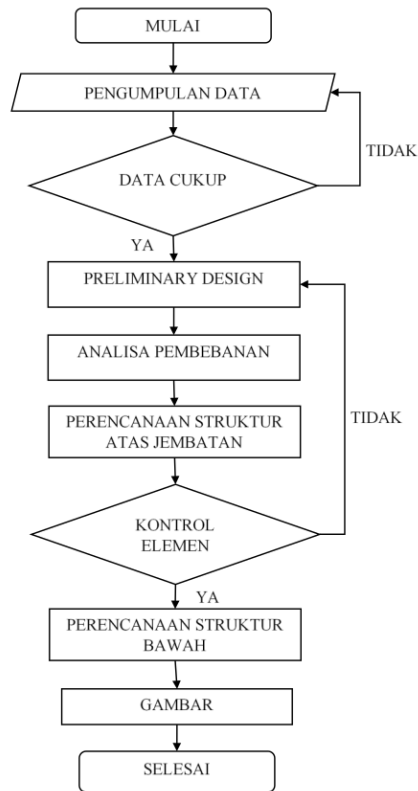
Langkah-langkah yang dilakukan dalam menganalisa suatu permasalahan dalam perencanaan ini serta pertimbangan batasan-batasan dan ruang lingkup perencanaan, maka pembuatan pekerjaan ini mengikuti bagan alir (*flowchat*) seperti gambar 3.2. Rencana pekerjaan tersusun atas tahapan pekerjaan sebagai berikut :

- a. Survey lapangan ;
- b. Tahap pengumpulan data;
- c. Perhitungan

3.3 Diagram Alir Perencanaan

Suatu penelitian harus mengikuti proses tertentu supaya hasil penelitian yang diperoleh memenuhi kaidah-kaidah ilmiah. Penelitian dapat di rencanakan untuk menguji suatu hipotesis.

Langkah alur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada bagan penelitian (*flow chat*) pada gambar 3,2 berikut ini :



Gambar 3. 2 Flow Chat

3.3.1 Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam Perencanaan Struktur Jembatan rangka Baja Tipe Warren sebagai berikut :

3.3.1.1 Data Primer

Merupakan data didapat dari hasil peninjauan dan pengamatan langsung di lapangan yaitu berupa Survey lokasi jembatan, pengukuran bentang jembatan.

3.3.1.2 Data Sekunder

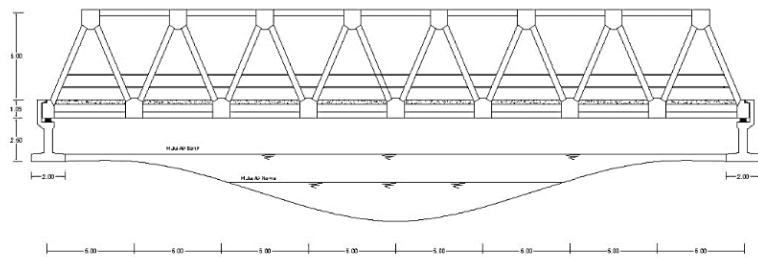
Data pendukung yang digunakan dalam tugas akhir ini berasal dari sumber lapangan, hasil uji laboratorium, dan berbagai literatur terkait. Data ini tidak dapat langsung digunakan sebagai sumber primer tanpa terlebih dahulu diolah dan dianalisis untuk memastikan kegunaannya. Data sekunder yang digunakan sebagai referensi dalam laporan ini meliputi:

- a. Literatur-literatur penunjang (Pedoman Pembebanan Untuk Jembatan (SNI 1725-2016), Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja (RSNI-03-2005), Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019, dan lain-lain)
- b. Data Tekniks adalah data yang berhubungan langsung dengan perencanaan struktur Jembatan Rangka Baja yang meliputi data tanah berdasarkan penyelidikan tanah, Data Hidrogi untuk mengetahui tinggi muka air normal dan banjir

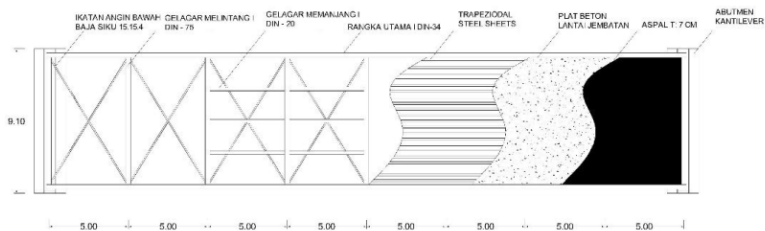
3.3.2 Preliminary Design

Kelas Jembatan	: 2 (dua)
Panjang Jembatan	: 40 m
Lebar Jembatan	: 8 m
Lebar Lantai Kendaraan	: 7 m
Lebar Trotoar	: 2 x 0,5 m
Tipe Jembatan	: Rangka Baja tipe Werren
Jarak antar Gelagar Melintang	: 5 m
Jarak antar Gelagar Memanjang	: 1,75 m
Tebal Plat Beton Lantai Kendaraan	: 0,3 m
Tebal Trotoar	: 0,5 m
Mutu Beton (f_c')	: 31,2 Mpa K-350
Mutu Tulangan (f_y)	: 420 Mpa
Mutu Baja	: BJ55($f_u'=550$ Mpa dan $f_y'=410$ Mpa)
Pipa Sandaran	: 3"
Pipa Utilitas	: 3"
Jenis Abutment	: Abutment Gravitasi
Tinggi Abutment	: 3,05 m

Lebar Abutment : 4,5 m
 Panjang Abutment : 9 m



Gambar 3. 3 Tampak Jembatan Tipe Werren



Gambar 3. 4 Denah Rencana Jembatan

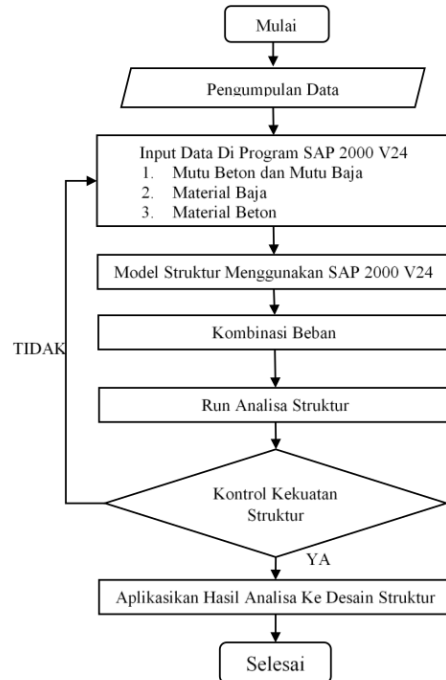
3.3.3 Analisa Pembebanan

Analisa pembebanan pada struktur jembatan yang ditinjau meliputi beban vertikal dan beban horizontal, adapun macam pembebanan adalah sebagai berikut :

- a. Beban Vertikal
 1. Beban mati
 2. Beban hidup
- b. Beban Horizontal
 1. Beban angin

3.3.4 Analisa Struktur

Analisa gaya-gaya dalam pada struktur jembatan rangka baja yang dianalisa akibat pembebanan menggunakan pendekatan aplikasi SAP 2000 V24. Langkah alur aplikasi SAP 2000 V24 sebagai berikut :



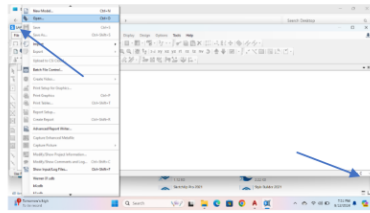
Gambar 3. 5 Flow Chat SAP 2000 V24

3.3.5 Langkah Langkah Dalam Program SAP 2000

Berikut adalah panduan langkah-langkah dalam penginputan program SAP2000 V24 untuk analisis dan desain struktur. Langkah-langkah ini akan mencakup pembuatan model, pengaturan material dan penampang, pemberian beban, dan analisis struktur.

3.3.5.1 Membuat Proyek Baru

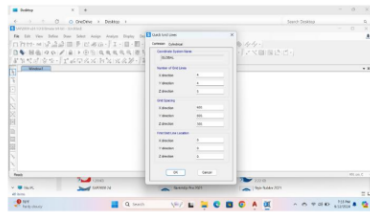
Buka SAP 2000 dan pilih File kemudian "New Model" untuk memulai proyek baru. Pilih unit yang sesuai (misalnya, kN-m, N-mm).



Gambar 3. 6 New Model dan Unit Satuan

3.3.5.2 Membuat Grid dan Grid Line

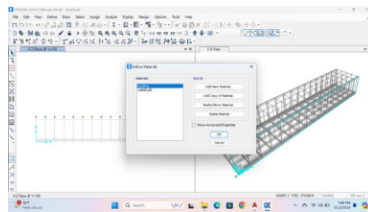
Atur grid only sesuai dengan dimensi bangunan yang akan dianalisis. Tentukan jarak antar grid line di sumbu X,Y dan Z untuk mempermudah penempatan elemen struktur.



Gambar 3. 7Grid Only

3.3.5.3 Mengatur Material

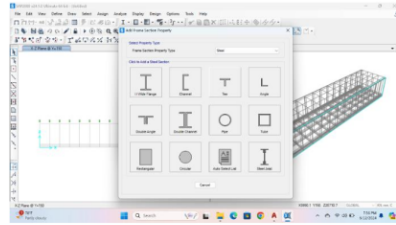
Masuk ke menu "Define" dan pilih "Materials". Tambahkan material baru atau gunakan material yang tersedia. Pastikan untuk mengatur properti material seperti modulus elastisitas, berat jenis, dan kekuatan tekan.



Gambar 3. 8 Define Materials

3.3.5.4 Membuat dan Mengatur Penampang (Sections)

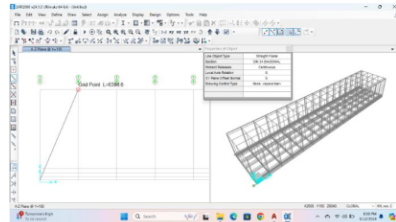
Kemudian pilih menu “Define” lalu pilih “Section Properties” dan Frame properties.



Gambar 3. 9 Add Frame Section Property

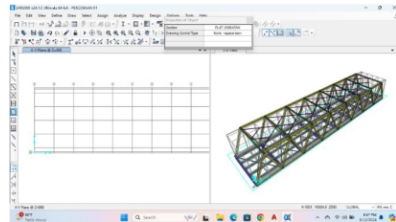
3.3.5.5 Menggambar Elemen Struktur

Gunakan toolbar atau menu “Draw Fream” untuk menggambar elemen-elemen struktur jembatan rangka baja.



Gambar 3. 10 Menggambar Elemen Struktur

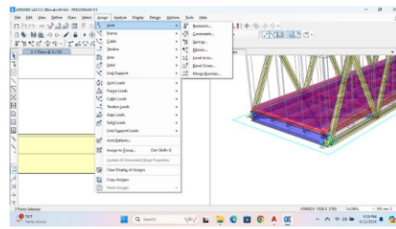
Gunakan toolbar atau menu “Draw Poly Area” untuk menggambar plat lantai dan trotoar.



Gambar 3. 11 Draw Poly Area

3.3.5.6 Menambahkan Tumpuan

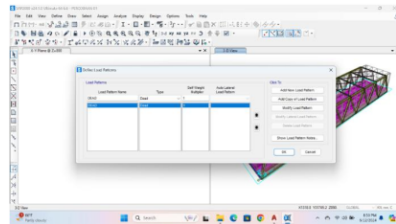
Pilih elemen yang akan diberi tumpuan, kemudian atur jenis tumpuan (tumpuan roll dan sendi). Atur kondisi tumpuan di menu "Assign" > "Joint/Point" > "Restraints".



Gambar 3. 12 Menambahkan Tumpuan

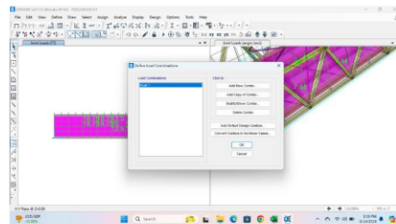
3.3.5.7 Merapkan Pembebanan

Masuk ke menu "Define" dan pilih "Load Patterns" untuk mendefinisikan jenis beban (misalnya, beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa).



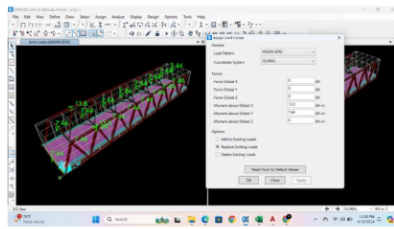
Gambar 3. 13 Load Patterns

Masuk ke menu "Define" dan pilih "Load Combinations" untuk mendefinisikan jenis Kuat I, Kuat II, Kuat III, Kuat IV, Kuat V, Eskream I dan Eskream II.



Gambar 3. 14 Load Combinations

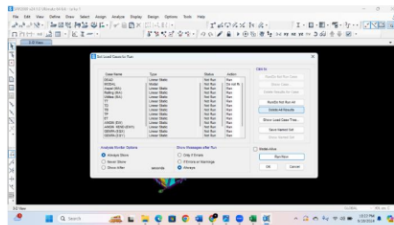
Gunakan "Assign" untuk menerapkan beban ke elemen-elemen struktur, baik beban titik, beban garis, atau beban area.



Gambar 3. 15 Input Pembebanan

3.3.5.8 Menganalisis Struktur

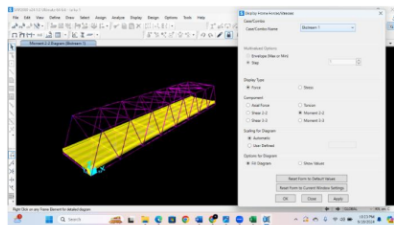
Setelah semua elemen, tumpuan, dan beban diatur, pilih "Analyze" > "Run Analysis". Tunggu hingga analisis selesai, dan pastikan tidak ada kesalahan atau peringatan yang muncul.



Gambar 3. 16 Run Analysis

3.3.5.9 Meninjau Hasil Analisis

Buka menu "Display" untuk meninjau hasil analisis, seperti deformasi, gaya dalam, dan reaksi tumpuan. Pastikan hasil analisis memenuhi kriteria desain yang telah ditetapkan.

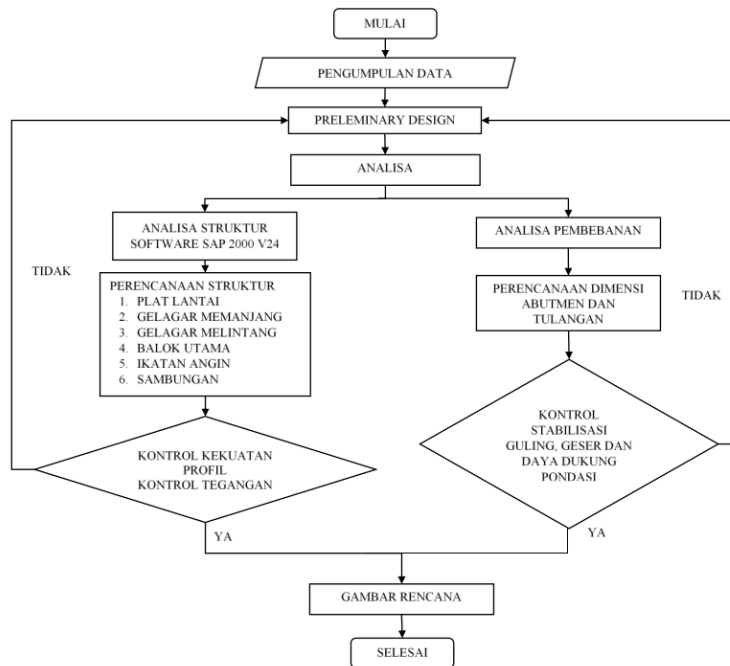


Gambar 3. 17 Meninjau Hasil Analisis

3.3.6 Perencanaan Struktur Atas

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. Dalam

perencanaan jembatan pelengkung rangka baja ini, struktur yang akan dihitung yaitu plat lantai jembatan, gelagar memanjang dan gelagar melintang serta rangka utama baja



Gambar 3. 18 Flow Chat Perencanaan Struktur

3.3.7 Kontrol Elemen

Hasil perhitungan struktur pada jembatan rangka baja, maka hasil dimensi penampang struktur baja harus di bandingkan dengan tegangan lentur, tegangan geser dan lendutan

3.3.8 Perencanaan Sambungan

Sambungan yang digunakan pada studi ini adalah sambungan baut tipe friksi dan sambungan las.

3.3.9 Perencanaan Struktur Bawah

Perencanaan Struktur Bawah pada jembatan ini yaitu pondasi dan abutmen.

3.3.10 Hasil

Hasil dari analisa akan dituangkan dalam gambar design struktur atas dan bawah jembatan, dimana dalam penggambaran ini menggunakan program Autocad versi 2020.

BAB 4

PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Struktur Atas

Struktur atas jembatan merupakan elemen konstruksi yang secara langsung menopang beban, termasuk beban lalu lintas kendaraan, beban pejalan kaki, dan beban mati. Beban-beban ini kemudian disalurkan ke struktur bawah, yang selanjutnya disalurkan ke fondasi. Dalam perancangan jembatan lengkung dengan sistem rangka baja ini, elemen-elemen struktur yang dianalisis meliputi pelat lantai jembatan, gelagar memanjang, gelagar melintang, rangka baja utama, dan sambungan baut. Tahapan perencanaan struktur atas adalah sebagai berikut:

4.2 DATA JEMBATAN

Kelas Jembatan	: 2 (dua)
Panjang Jembatan	: 40 m
Lebar Jembatan	: 8 m
Lebar Lantai Kendaraan	: 7 m
Lebar Trotoar	: 2 x 0,5 m
Tipe Jembatan	: Rangka Baja tipe Werren
Jarak antar Gelagar Melintang	: 5 m
Jarak antar Gelagar Memanjang	: 1,75 m
Tebal Plat Beton Lantai Kendaraan	: 0,3 m
Tebal Trotoar	: 0,5 m
Mutu Beton (f_c')	: 31,2 Mpa K-350
Mutu Tulangan (f_y)	: 420 Mpa
Diameter Tulangan	: D24-200mm dan D16-350mm
Mutu Baja	: BJ55($f_u'=550$ Mpa dan $f_y'=410$ Mpa) Baja DIN 20, DIN 20 , DIN 25,DIN 34, Dan DIN 75
Pipa Besi Sandaran	: 3"
Pipa Besi Utilitas	: 3"

4.3 ANALISA PEMBEBANAN

4.3.1 BEBAN MATI TAMBAHAN (MA)

Ralling	: 5,09 x 2	: 10,18 kg/m ¹ : 0,1018 kN/m ¹
Ultilitas	: 5,09 kg/m ¹	: 0,0509 kN/m ¹

4.3.2 Beban Lajur D (TD)

$$q : 9,0 \quad \text{kPa untuk } L \leq 30 \text{ M}$$

$$q : 9,0 \times (0,5 + 15 / L) \quad \text{kPa untuk } L < 30 \text{ M}$$

Untuk panjang bentang, L: 40 m

$$q : 9,0 \times (0,5 + 15/L) : 7,88 \text{ kPa}$$

$$Q_{TD} : q : 7,88 \text{ kN/m}^2$$

4.3.3 Gaya Rem (TB)

$$PTB : 5 \% \times PTT + QTD$$

$$: 5 \% \times (100 + 7,88)$$

$$: 5,39 \text{ kN}$$

4.3.4 Pejalan Kaki (TP)

$$\text{Untuk } A \leq 10 \text{ m}^2 : q : 5 \text{ kPa}$$

$$\text{Untuk } 10 \text{ m}^2 < A \leq 100 \text{ m}^2 : q : 5 - 0,033 \times (A - 10)$$

$$\text{Untuk } A > 100 \text{ m}^2 : q : 2 \text{ kPa}$$

$$\text{Luas bidang trotoar } A : 5 \times 0,5 : 2,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Beban merata } Q_{TP} : 5 - 0,033 \times (A - 10) : 5,2475 \text{ kPa}$$

$$P_{TP} : A \times Q_{TD} : 13,118 \text{ kN}$$

4.3.5 Gaya Angin (EW_s)

Gaya akibat angin yg meniup bidang samping jembatan dihitung dengan rumus:

$$TEW_1 = 0,0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

Dimana :

C_w = koefisien seret (1,25)

V_w = kecepatan angin rencana m/det (30)

A_b = luas bidang samping jembatan (m²)

$$L_a : 40 \text{ m} \quad h : 5 \text{ m}$$

$$L_b : 35 \text{ m} \quad l : 8 \text{ m}$$

$$A_{b1} : (L_a + L_b) / 2 \times h : 187,5 \text{ m}^2$$

$$T_{ew1} : 0,0006 \times C_w \times V_w^2 \times A_{b1} : 126,56 \text{ kN}$$

$$PT_{ew1} : 126,56 / 17 \text{ (titik)} : 7,44 \text{ kN}$$

4.3.6 Gaya Angin Kendaraan (EW_L)

Beban angin tambahan yang meniup bidang samping kendaraan :

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 : 1,35 \text{ kN/m}$$

Beban vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi h : 3 m diatas lantai jembatan, jarak antara roda kendaraan x : 1,75 m.

Gaya akibat tranfer beban angin kelantai jembatan,

$$P_{EW} : 2 \cdot [1/2 \cdot h/x \cdot T_{EW}] : 2,31 \text{ kN}$$

4.3.7 Beban gempa (EQ)

$$EQ : (C_{sm}/R) \times W_t$$

Dimana :

EQ : Gaya gempa horizontal (kN)

C_{sm} : Koefisien respons gempa elastik

R : Faktor modifikasi respons

W_t : Berat struktur atas (MA+MS)

Jenis Tanah Sedang

Menentukan parameter percepatan gempa

PGA : 0,092 g (Lini Bina Marga)

S_s : 0,172 g (Lini Bina Marga)

S_1 : 0,1131 d (Lini Bina Marga)

Gempa Statik Ekuivalen

A_s : 0,147

SDS : 0,275

SD1 : 0,275

Waktu getas alami struktur (T)

T_s : 0,275

T : 0,275

T_0 : 0,275

C_{am} : 0,17

R : 1,5 (SNI 2833:2016 hal 19)

W_t : 2.951,7 Kn

$$EQ : (C_{sm}/R) \times W_t : 334,5 \text{ kN}$$

4.4 Perencanaan Plat lantai

4.4.1 Data Plat Lantai

Tebal Trotoar : 0,5 m

Tebal plat lantai Kendaraan : 0,3

Berat jenis beton	: 2.500 kg/m ³ (SNI 1725-2016)
Faktor beban	: 1,3 ((SNI 1725-2016))
Tebal air hujan	: 0,05 m
Berat jenis air	: 1.000 kg/m ³ (SNI 1725-2016)
Faktor beban	: 2
1 Tebal steel deck union	: 0,8 m
Berat jenis steel deck	: 10,86 kg/m ³
Faktor beban	: 1,1 (SNI 1725-2016)

4.4.2 Pembenan Palat Lantai **1** Plat Lantai Jembatan di tinjau **1 m**

Beban mati (qd)

Berat sendiri lantai jembatan	: $0,3 \times 1 \times 2.500 \times 1,3$	: 975	kg/m
Berat Steel deck	: $0,008 \times 1 \times 10,86 \times 1,1$	: 0,0956	kg/m
1 Berat air hujan	: $0,05 \times 1 \times 1000 \times 2$	: 100	kg/m
		Qd1	: 1.075 kg/m

Beban Hidup

Beban "PTT" rencana	: 10 T : 100 kN
Gaya Rem	: 5,394 kN
EW1	: 2,31 kN

Trotoar

Beban Mati (qd)

Beban lantai trotoar	: $0,5 \times 1 \times 2.400 \times 1,3$	: 1.625	kg/m
Berat Steel deck	: $0,008 \times 1 \times 10,86 \times 1,1$	: 0,0956	kg/m
Berat air hujan	: $0,05 \times 1 \times 1.000 \times 2$	: 100	kg/m
		Qd 2	: 1.725 kg/m

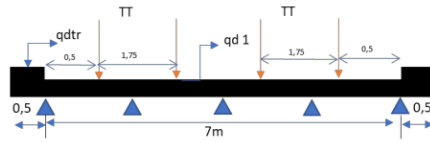
Beban Hidup Trotoar

Ptp	: 13,11 kN
-----	------------

4.4.3 Perhitungan Statika

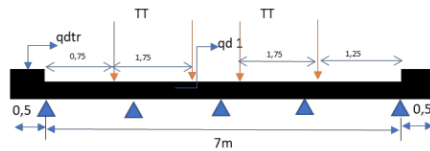
Perhitungan statika menggunakan program aplikasi sap 2000 dengan berbagai rekayasa kondisi sebagai berikut:

Kondisi I



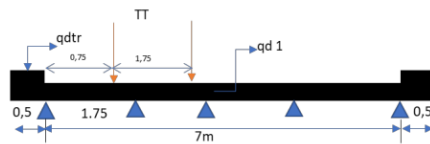
Gambar 4. 1 Statika Kondisi I

Kondisi II



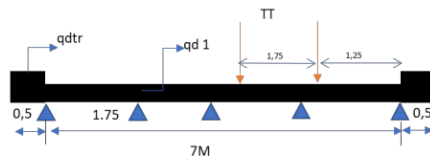
Gambar 4. 2 Statika Kondisi II

Kondisi III



Gambar 4. 3 Statika Kondisi III

Kondisi IV



Gambar 4. 4 Statika Kondisi IV

Gaya Dalam		K1	K2	K3	K4
Momen	Maks	9,917	11,19	11,189	10,6572
(kN.m)	Min	-9,23	-8,49	-7,961	-8,493
Lintang	Maks	20,83	22,82	22,817	10,8707
(kN)	Min	-20,8	-20,8	-1087	-20,8262

4.4.4 Penulangan Plat Lantai jembatan dan Trotoar

Momen negatif

$$M_{\max} : 9,234 \text{ kN.m} \quad 9.233.700 \text{ N.mm}$$

$$D \text{ tulangan} : 24 \text{ mm} - 15 \text{ cm}$$

$$h : 300 \text{ mm}$$

$$d : h - \text{selimut beton} - d/2$$

$$: 300 - 25 - (24/2)$$

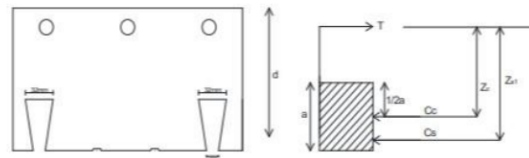
$$: 263 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil Jarak } 150 \text{ mm}$$

$$As : (1/4 \times 3,14 \times d^2 \times b) / \text{jarak rencana}$$

$$: 0,25 \times 3,14 \times 24^2 \times 1.000 / 150$$

$$: 3.014,4 \text{ mm}^2$$



Syaarat keseimbangan :

$$Cc : T$$

$$Cs : 0$$

$$\text{Jadi } Cc:T$$

$$\text{Direncanakan } D24-150$$

$$T : 0,25 \times 3,14 \times d^2 \times s \times fy$$

$$: 0,25 \times 3,14 \times 576 \times 1.000/150 \times 420$$

$$: 1.266.048 \text{ N}$$

$$T : Cc$$

$$Cc : a \times fc \times 1.000$$

$$a \times 31,2 \times 1.000 : 1.266.048$$

$$a : 40,578 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{2} a : 20,289 \text{ mm}$$

$$Zc : \text{tebal plat} - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \times d - \frac{1}{2} a$$

$$: 300 - 25 - 0,50 \times 24 - 20,29$$

$$: 242,71 \text{ mm}$$

$$Mn : Z1 \times T$$

$$\begin{aligned}
 &: 242,71 \times 1.266.048 \\
 &: 30.728.384 \text{ N.mm} \\
 &: 0,85 \times 30.728.384 \\
 &: 261.190.961,4 \text{ N.mm} > 9.233.700 \text{ N.mm} \text{ Aman}
 \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan **D24-150 mm**

$$A_s \text{ bagi} : 20\% \times A_s \text{ Perlu}$$

$$: 0,2 \times 3.014,4$$

$$: 602,88 \text{ mm}^2$$

$$A_s : 0,25 \times 3,14 \times 16^2$$

$$: 200,96 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan

$$n : A_s \text{ perlu} / A_s : 602,88/200,96 : 3 \text{ batang} = 5 \text{ batang}$$

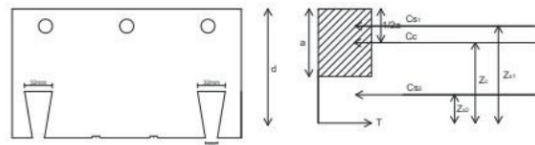
Jarak tulangan

$$s : b/n : 1.000/5 : 200 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan **D16-200 mm**

Perhitungan penulangan momen positive

$$M \text{ max} : 11,19 \text{ kN.m} \quad 11.188.800 \text{ N.mm}$$



Syarat keseimbangan :

$$C_c + C_{s1} + C_{s2} : T$$

Direncanakan D24-200 tulangan tarik

$$T : A_s \text{ stell deck} \times f_y \text{ steel deck}$$

$$: 1.314 \times 410$$

$$: 538.744,1 \text{ N}$$

$$C_{s1} : A_s \times 1.000/200 \times f_y \text{ tulangan}$$

$$: 452,16 \times 5 \times 420$$

$$: 949.536 \text{ N}$$

$$C_{s2} : A_s \times 1.000/200 \times f_y \text{ tulangan}$$

$$: 452,16 \times 5 \times 420$$

T :Cc + Cs1 + Cs2
Cc : 538.744,1 – 949.536-949.536
: -1.360.327,9 N

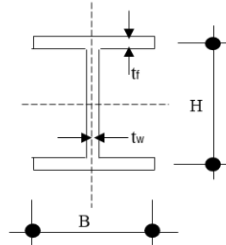
4.5 Perencanaan Gelagar Memanjang

Hasil dari SAP 2000 di dapatkan Momen maksimum dan Lintang Maksimum adalah

Mu : 37,82 kN.m : 3.782,92 kg.m

Vu : 34,02 kN : 3402 kg

Profil DIN – 25



H	:	250 mm	I _x	:	13.300 cm ⁴
B	:	250 mm	I _y	:	4.690 cm ⁴
tf	:	18 mm	i _x	:	10,7 cm
tw	:	11 mm	i _y	:	6,4 cm
A	:	116 cm ²	W _x	:	1.060 cm ³
G	:	91,1 Kg/m'	W _y	:	375 cm ³
S _x	:	597 cm ³			

Desain struktur sebelum komposit :

ØMn>Mu

dengan Ø : 0,9

Mu Profil : 0,125 x G x L² x 1,2

: 0,125 x 91,1 x 5² x 1,2

: 341,625 kg.m

Mu Tot : M Ø : 341,625 + 3782,92

: 4.124,545 kg.m

Kontron kelaNgsingan dan kekompakan penampang

$$\lambda_f : B/(2 \times t_f) : 250/36 : 6,94 \leq \lambda_p : 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} : 8,6001 \dots \text{OK}$$

$$\lambda_w : B/(2 \times t_w) : 250/22 : 11,36 \leq \lambda_{fp} : 1,76 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} : 39,832 \dots \text{OK}$$

Kontrol penampang kompak

$$Z_x : B \times t_f (h - t_f) + 0,25 \times t_w (h - 2t_f)^2$$
$$: 1.169.939 \text{ mm}^2$$

$$M_n : Z_x \times f_y$$

$$: 1.169.939 \times 410$$

$$: 479.674.990 \text{ N.mm}$$

$$: 47.967.499 \text{ kg.m}$$

$$M_n \phi : 47.967.499 \times 0,9$$

$$: 43.170.7491 \text{ kg.m}$$

$$M_n \phi > \phi M_u \quad 47.967.499 \text{ kg.m} > 4.124.545 \text{ kg.m} \quad \dots \text{OK}$$

Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} : 1/240 \times L$$

$$: 1/240 \times 500$$

$$: 2,0833 \text{ cm}$$

$$f_{ada} : \frac{5 \times m \times L^2}{48 \times E \times I_x}$$

$$: \frac{5 \times 34162,5 \times 500^2}{48 \times 2100000 \times 13300}$$

$$: 0,03185 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} > f_{ada}$$

$$2,0833 > 0,03185 \quad \dots \text{OK}$$

Desaian Balok sesudah Komposit

Perhitungan beff

$$beff < 1/4 \times L$$

$$< 1/4 \times 500$$

$$< 125$$

$$beff < s \quad s : 175 \text{ cm (jarak antar gelagar melintang)}$$

$$beff < \frac{1}{2} \times 175 + \frac{1}{2} \times 175$$

$$< 175$$

Jadi, beff di ambil sebesar 175 cm

Misalkan sumbu netral plastis jatuh di plat beton, maka tinggi tegangan tekan pada balok beton adalah :

$$a : \frac{A \times f_y}{0,85 \times f_c \times b \times e_{eff}}$$

$$: \frac{11600 \times 410}{0,85 \times 31,2 \times 1750}$$

$$: 102,478 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

Karena nilai $a <$ tebal plat maka plat beton mampu mengimbangi gaya tarik As.fs yang ditimbulkan tegangan tekan pada seret beton.

$$C_c : 0,85 \times f_c \times A \times b_{eff}$$

$$: 0,85 \times 31,2 \times 102,478 \times 175$$

$$: 475.600 \text{ N}$$

Tegangan Tarik pada seret baja

$$T : A \times f_y$$

$$: 11.600 \times 410$$

$$: 4.756.000 \text{ N}$$

Menghitung kuat lentur nominal balok komposit

$$M_n : T(d/2 + t - a/2)$$

$$: 4.756.000 (125 + 300 - 51,239)$$

$$: 1.777.607.520 \text{ N.mm}$$

$$: 177.760,752 \text{ kg.m}$$

$$M_n \phi : 177.760,752 \times 0,85$$

$$: 151.096,6392 \text{ kg.m} > 4.124,545 \text{ kg.m} \quad \dots \text{OK}$$

Kontrol geser

$$V_{tot} : 3.402 \text{ kg}$$

Kapasitas geser penampang

$$V_y : 0,55 \times d \times t_w \times f_y$$

$$: 0,55 \times 25 \times 1,1 \times 4100$$

$$: 62.012,5 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$V_y > V_{tot}$$

$$62.012,5 \text{ kg} > 3.402 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}$$

Perhitungan Jumlah Stud

Karena kuat lentur balok komposit cukup besar dibandingkan momen lentur akibat beban, maka akan lebih menguntungkan jika digunakan aksi komposit pasial.

Terlebih dahulu di hitung jumlah penghubung geser yang di perlukan untuk menimbulkan aksi komposit penuh.

Untuk komposit penuh :

$$C: V_h:T : 4.756.000 \text{ N}$$

Dipakai Stud

$$D : 22 \text{ mm}$$

$$A_{sc} : 3,79 \text{ cm}^2$$

$$f_u : 350 \text{ mpa}$$

$$E_c : 4.700 \times \sqrt{f_c}$$

$$: 26.252,8 \text{ Mpa}$$

Q_n : Kekuatan geser 1 stud

$$: 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f_c \times E_c}$$

$$: 171.504 \text{ N}$$

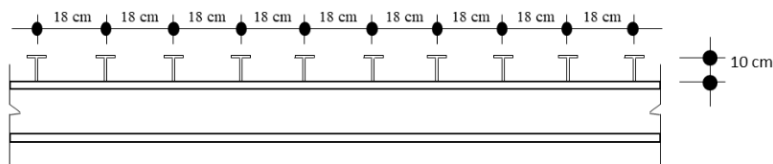
Jumlah Stud

$$n : \frac{V_h}{Q_n} : \frac{4756000}{171503,9} : 27,7 : 28 \text{ buah}$$

Jarak antara stud arah memanjang, Untuk keseluruhan bentang dipasang 28 buah stud,

jika penampang melintang di pasang 2 buah stud maka jarak stud :

$$S : L/n : 500/28 : 18 \text{ cm}$$



Gambar 4. 5 Stud Gelagar Memanjang

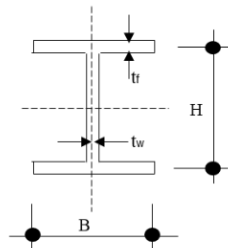
4.6 Perencanaan Gelagar Melintang

Hasil dari SAP 2000 di dapatkan Momen maksimum dan Lintang Maksimum adalah

$$M_u : 6.183,764 \text{ kN.m} : 18.376,45 \text{ kg.m}$$

$$V_u : 169,805 \text{ kN} : 16.980,5 \text{ kg}$$

Profil DIN – 75



H	:	750 mm	I _x	:	15.350 cm ⁴
B	:	300 mm	I _y	:	15.350 cm ⁴
tf	:	34 mm	i _x	:	630,8 cm
tw	:	18 mm	i _y	:	6,79 cm
A	:	333 cm ²	W _x	:	8.430 cm ³
G	:	261 Kg/m'	W _y	:	1.020 cm ³
S _x	:	4.800 cm ³			

Desain struktur sebelum komposit :

ØMn>Mu

dengan Ø :0,9

Mu Profil : 0,125 x G x L² x 1,2

: 0,125 x 261 x 8² x 1,2

: 2.505,6 kg.m

Mu Tot : M Ø : 2.505,6 + 18.376,45

: 20.882,05 kg.m

Kontron kela gsingan dan kekompakan penampang

λ_f : B/2 x tf : 300/68 : 4,411 ≤ λ_p : 0,38 x $\sqrt{\frac{E}{f_y}}$: 8,6001 ...OK

λ_w : B/2 x tw : 300/666 : 0,450 ≤ λ_{fp} : 1,76 x $\sqrt{\frac{E}{f_y}}$: 39,832 ...OK

Kontrol penampang kompak

Z_x : B x tf (h - tf) + 0,25 x tw (h-2tf)²

: 9.396.258 mm²

Mn : Z_x x f_y

: 9.396.258 x 410

$$: 3.852.465.780 \text{ N.mm}$$

$$: 385.246,578 \text{ kg.m}$$

$$\text{MnØ} : 385.246,578 \times 0,9$$

$$: 346.721,9202 \text{ kg.m}$$

$$\text{MnØ} > \text{ØMu} \quad 385.246,578 \text{ kg.m} > 20.882,05 \text{ kg.m} \quad \dots \text{OK}$$

Kontrol Lendutan

$$f_{\text{ijin}} : 1/240 \times L$$

$$: 1/240 \times 800$$

$$: 3,33 \text{ cm}$$

$$f_{\text{ada}} : \frac{5 \times m \times L^2}{48 \times E \times Ix}$$

$$: \frac{5 \times 45375 \times 800^2}{48 \times 2100000 \times 316260}$$

$$: 0,0252 \text{ cm}$$

$$f_{\text{ijin}} > f_{\text{ada}}$$

$$3,33 > 0,0252 \quad \dots \text{OK}$$

Desaian Balok sesudah Komposit

Perhitungan beff

$$\text{beff} < 1/4 \times L$$

$$< 1/4 \times 800$$

$$< 200$$

$$\text{beff} < s \quad s : 500 \text{ cm (jarak antar gelagar melintang)}$$

$$\text{beff} < \frac{1}{2} \times 500 + \frac{1}{2} \times 500$$

$$< 500$$

Jadi, beff di ambil sebesar 500 cm

Misalkan sumbu netral plastis jatuh di plat beton, maka tinggi tegangan tekan pada balok beton adalah :

$$a : \frac{A \times f_y}{0,85 \times f_c \times \text{beff}}$$

$$: \frac{33300 \times 410}{0,85 \times 31,2 \times 5000}$$

$$: 102,964 < 300$$

Karena nilai a < tebal plat maka plat beton mampu mengimbangi gaya tarik As.fs yang ditimbulkan tegangan tekan pada seret beton.

$$\text{Cc} : 0,85 \times f_c \times A \times \text{beff}$$

$$: 0,85 \times 31,2 \times 136,058 \times 102,96 \times 500$$

$$: 1.365.300 \text{ N}$$

Tegangan Tarik pada seret baja

$$T : A \times f_y$$

$$: 33.300 \times 410$$

$$: 13.653.000 \text{ N}$$

Menghitung kuat lentur nominal balok komposit

$$M_n : T(H/2 + t - a/2)$$

$$: 13.653.000 (375 + 300 - 51,482)$$

$$: 8.512.892.613 \text{ N.mm}$$

$$: 851.289,2613 \text{ kg.m}$$

$$M_n \phi : 851.289,2613 \times 0,85$$

$$: 723.595,8721 \text{ kg.m} > 20.882,05 \text{ kg.m} \quad \dots \text{OK}$$

Kontrol geser

$$V_{tot} : 16.980,5 \text{ kg}$$

Kapasitas geser penampang

$$V_y : 0,55 \times d \times t_w \times f_y$$

$$: 0,55 \times 30 \times 1,8 \times 4100$$

$$: 121.770 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$V_y > V_{tot}$$

$$121.770 \text{ kg} > 16.980,5 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}$$

Perhitungan Jumlah Stud

Karena kuat lentur balok komposit cukup besar dibandingkan momen lentur akibat beban, maka akan lebih menguntungkan jika digunakan aksi komposit pasial. Terlebih dahulu di hitung jumlah penghubung geser yang di perlukan untuk menimbulkan aksi komposit penuh.

Untuk komposit penuh :

$$C: V_h : T : 13.653.000 \text{ N}$$

Dipakai Stud

$$D : 22 \text{ mm}$$

$$A_{sc} : 3,79 \text{ cm}^2$$

$$f_u : 350 \text{ mpa}$$

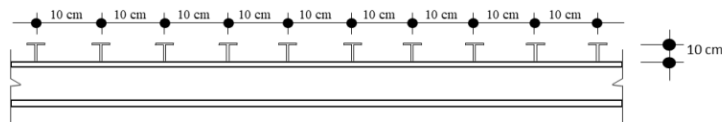
$$\begin{aligned}
 E_c &: 4.700 \times \sqrt{f_c} \\
 &: 26.252,8 \text{ Mpa} \\
 Q_n &: \text{Kekuatan geser 1 stud} \\
 &: 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f_c \times E_c} \\
 &: 171.503,93 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Jumlah Stud

$$n : \frac{v_h}{Q_n} : \frac{13653000}{171503,9} : 79,6 : 80 \text{ buah}$$

Jarak antara stud arah memanjang, Untuk keseluruhan bentang dipasang 80 buah stud, jika penampang melintang di pasang 2 buah stud maka jarak stud :

$$S : L/n : 800/80 : 10,049 \text{ cm}$$



Gambar 4. 6 Stud Gelagar Melintang

4.7 Perencanaan Balok Induk

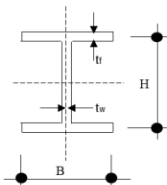
4.7.1 Perencanaan Dimensi Profil Batang Atas

Hasil dari Analisa SAP 2000 di dapat gaya aksial sebagai berikut:

Pu maks : 312.925,20 kg Batang Tekan

LK : 500 cm

Dicoba Profil DIN-34



H	:	340	mm	I _x	:	36.940	cm ⁴
B	:	300	mm	I _y	:	9.910	cm ⁴
tf	:	22	mm	i _x	:	14,6	cm
tw	:	13	mm	i _y	:	7,54	cm

$$\begin{aligned} A &: 174 \text{ cm}^2 & W_x &: 2.170 \text{ cm}^3 \\ G &: 137 \text{ Kg/m} & W_y &: 661 \text{ cm}^3 \\ S_x &: 1.210 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

1

Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

ϕ_c : 0,85 (Faktor resistensi untuk batang tekan)

P_n : Kekuatan nominal batang tekan

P_u : Beban layanan terfaktor

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

P_n : $A_g \times F_{cr}$

Dimana :

A_g : Luas penampang

f_{cr} : tegangan kritis

Nilai f_{cr} tergantung pada parameter λ_c

Menghitung radius girasi (r)

$$r_x : \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} : \sqrt{\frac{36940}{174}} : 14,57 \text{ cm}$$

$$r_y : \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} : \sqrt{\frac{9910}{174}} : 7,546 \text{ cm}$$

Menghitung parameter kerampingan

$$\lambda_c : \frac{K \times L}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 \times E_s}} : \frac{1 \times 500}{7,546} \sqrt{\frac{4100}{3,14^2 \times 2100000}} : 0,935 \text{ cm}$$

K : Faktor Panjang sendi-sendi 1

L : Panjang batang

f_y : 4.100 kg/cm²

E_s : Modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶ kg/cm²

1

Menghitung tegangan kritis penampang (F_{cr}) (plastis)

Untuk $\lambda_c \leq 1,5$ $f_{cr} : (0,658^{\lambda_c}) f_y$

$$f_{cr} : 0,658^{0,935} \times 4.100$$

$$: 2.771,8681 \text{ kg/cm}^2$$

Maka : $\phi_c \cdot P_n > P_u$

$$\phi \times f_{cr} \times A_g \geq P_u$$

$$0,85 \times 2.771,8681 \times 174 \geq 312.925,20 \text{ kg}$$

$$409.959,297 \text{ kg} \geq 312.925,20 \text{ kg} \quad \dots \text{Profil Aman}$$

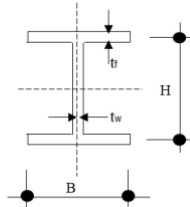
4.7.2 Perencanaan Dimensi Profil Batang Bawah

Hasil dari Analisa SAP 2000 di dapat gaya aksial sebagai berikut:

Pu maks : 188556,80 kg Batang Tarik

LK : 500 cm

Dicoba Profil DIN-34



H	:	340	mm	I _x	:	36.940	cm ⁴
B	:	300	mm	I _y	:	9.910	cm ⁴
tf	:	22	mm	i _x	:	14,6	cm
tw	:	13	mm	i _y	:	7,54	cm
A	:	174	cm ²	W _x	:	2.170	cm ³
G	:	137	Kg/m'	W _y	:	661	cm ³
S _x	:	1.210	cm ³				

1 Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarka LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, 1992 : 342)

2 Lebar lubang baut : 1,9 + 0,1 : 2 cm

Cek rasio kerampingan

$\frac{L}{r} < 300$ (CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 92)

$500/7,546 : 66,253 < 300$

1 Menghitung luas nominal

An : $A_g - 4 \cdot (\text{Lebar Lubang Baut} \times \text{tebal flens})$
: $174 - 4 \times 2 \times 2$
: 158 cm^2

Perencanaan Desain kekuatan bahan terdiri atas 2 kreteria, yaitu :

Didasarkan pada pelelehan penampang bruto:

$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g$ (CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95)

Dimana :

Φ_t : 0,85 faktor risitensi (untuk keadaan batas leleh)

F_y : 4.100 kg/cm²

A_g : Luas Penampang

$\phi_t \cdot T_n$: $\Phi_t \times f_y \times A_g$
: 0,85 x 4.100 x 174
: 606.390 kg

Didasarkan pada retakan penampang bersih:

$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_e$ (CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95)

Dimana :

Φ_t : 0,85 faktor risitensi (untuk keadaan batas leleh)

F_y : 4.100 kg/cm²

A_e : Luas efektif penampang (0,85 x A_n)

$\phi_t \cdot T_n$: $\Phi_t \times f_y \times A_e$
: 0,85 x 4.100 x 0,85 x 158
: 468.035,5 kg

Dari hasil kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu :

$\phi_t \cdot T_n$: 468.035,5 kg

Maka :

$\phi_t \cdot T_n \geq P_u$

468.035,5 kg $\geq$ 188.556,80 kg**Profil Aman**

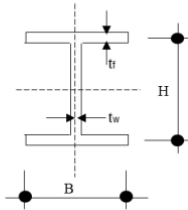
4.7.3 Perencanaan Dimensi Profil Diagonal Tekan

Hasil dari Analisa SAP 2000 di dapat gaya aksial sebagai berikut:

P_u maks : 174.662,30 kg Batang Tekan

LK : 586 cm

Dicoba Profil DIN-34



H	:	340	mm	I _x	:	36.940	cm ⁴
B	:	300	mm	I _y	:	9.910	cm ⁴
tf	:	22	mm	i _x	:	14,6	cm
tw	:	13	mm	i _y	:	7,54	cm
A	:	174	cm ²	W _x	:	2170	cm ³
G	:	137	Kg/m'	W _y	:	661	cm ³
S _x	:	1.210	cm ³				

1 Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

ϕ_c : 0,85 (Faktor resistensi untuk batang tekan)

P_n : Kekuatan nominal batang tekan

P_u : Beban layanan terfaktor

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

P_n : $A_g \times F_{cr}$

Dimana :

A_g : Luas penampang

f_{cr} : tegangan kritis

Nilai f_{cr} tergantung pada parameter λ_c

Menghitung radius girasi (r)

$$r_x : \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} : \sqrt{\frac{36940}{174}} : 14,57 \text{ cm}$$

$$r_y : \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} : \sqrt{\frac{9910}{174}} : 7,546 \text{ cm}$$

Menghitung parameter kerampingan

$$\lambda_c : \frac{K \times L}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 \times E_s}} : \frac{1 \times 586}{7,546} \sqrt{\frac{4100}{3,14^2 \times 2100000}} : 1,093 \text{ cm}$$

K : Faktor Panjang sendi-sendi 1

L : Panjang batang

f_y : 4.100 kg/cm²

E_s : Modulus elastisitas baja $2,1 \times 10^6$ kg/cm²

Menghitung tegangan kritis penampang (F_{cr}) (plastis)

Untuk $\lambda_c \leq 1,5$ $f_{cr} : (0,658^{\lambda_c}) f_y$

$f_{cr} : 0,658^{1,093} \times 4.100$

: 2.595,166 kg/cm²

Maka : $\phi_c \cdot P_n > P_u$

$\phi_x f_{cr} \times A_g \geq P_u$

$0,85 \times 2.595,1663 \times 174 \geq 174.662,30$ kg

383.825,0924 kg $\geq 174.662,30$ kgProfil Aman

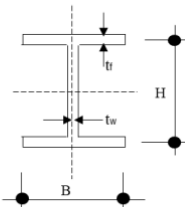
4.7.4 Perencanaan Dimensi Profil Diaognal Tarik

Hasil dari Analisa SAP 2000 di dapat gaya aksial sebagai berikut:

P_u maks : 161.159,40 kg Batang Tarik

LK : 586 cm

Dicoba Profil DIN-34



H	:	340	mm	I_x	:	36.940	cm ⁴
B	:	300	mm	I_y	:	9.910	cm ⁴
tf	:	22	mm	i_x	:	14,6	cm
tw	:	13	mm	i_y	:	7,54	cm
A	:	174	cm ²	W_x	:	2.170	cm ³
G	:	137	Kg/m ¹	W_y	:	661	cm ³
S_x	:	1.210	cm ³				

1 Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, 1992 : 342)

1 Lebar lubang baut : $1,9 + 0,1$: 2 cm

Cek rasio kerampingan

$\frac{L}{r} < 300$ (CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 92)

586/7,546 : 77,64 < 300

1 Menghitung luas nominal

An : $A_g - 4$ (Lebar Lubang Baut x tebal flens)

: $174 - 4 \times 2 \times 2$

: 158 cm²

Perencanaan Desain kekuatan bahan terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

Didasarkan pada pelemahan penampang bruto:

$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g$ (CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95)

Dimana :

Φ_t : 0,85 faktor risitensi (untuk keadaan batas leleh)

F_y : 4.100 kg/cm²

A_g : Luas Penampang

$\phi_t \cdot T_n$: $\Phi_t \times f_y \times A_g$

: $0,85 \times 4.100 \times 174$

: 606390 kg

1 Didasarkan pada retakan penampang bersih:

$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_e$ (CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95)

Dimana :

Φ_t : 0,85 faktor risitensi (untuk keadaan batas leleh)

F_y : 4.100 kg/cm²

A_e : Luas efektif penampang ($0,85 \times A_n$)

$\phi_t \cdot T_n$: $\Phi_t \times f_y \times A_e$

: $0,85 \times 4.100 \times 0,85 \times 158$

: 468.035,5 kg

Dari hasil kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu :

$\phi_t \cdot T_n$: 468.035,5 kg

Maka :

$\phi_t \cdot T_n \geq P_u$

468.035,5 kg $\geq$ 161.159,40 kg**Profil Aman**

4.8 Perencanaan Ikatan Angin

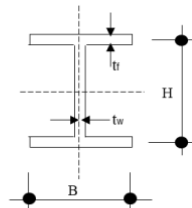
4.8.1 Perencanaan Dimensi DIN 20

Hasil dari Analisa SAP 2000 di dapat gaya aksial sebagai berikut:

P_u maks : 3.0061,3 kg Batang Tarik

LK : 800 cm

Dicoba Profil DIN-20



H	:	200	mm	I_x	:	5.950	cm ⁴
B	:	200	mm	I_y	:	2.140	cm ⁴
tf	:	16	mm	i_x	:	8,48	cm
tw	:	10	mm	i_y	:	5,1	cm
A	:	82,7	cm ²	W_x	:	595	cm ³
G	:	64,9	Kg/m'	W_y	:	214	cm ³
S_x	:	337	cm ³				

Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarka LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, 1992 : 342)

Lebar lubang baut : 1,9 + 0,1 : 2 cm

Cek rasio kerampingan

$\frac{L}{r} < 300$ (CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal.

92)

800/5,742 : 139,31 < 300

Menghitung luas nominal

A_n : $A_g - 4 \text{ (Lebar Lubang Baut x tebal flens)}$

: $82,7 - 4 \times 2 \times 2$

: $66,7 \text{ cm}^2$

Perencanaan Desain kekuatan bahan terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

Didasarkan pada pelelehan penampang bruto:

$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g$ (CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95)

Dimana :

Φ_t : 0,85 faktor risitensi (untuk keadaan batas leleh)

F_y : 4.100 kg/cm^2

A_g : Luas Penampang

$\phi_t \cdot T_n$: $\Phi_t \times f_y \times A_g$

: $0,85 \times 4100 \times 82,7$

: $288.209,5 \text{ kg}$

Didasarkan pada retakan penampang bersih:

$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_e$ (CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95)

Dimana :

Φ_t : 0,85 faktor risitensi (untuk keadaan batas leleh)

F_y : 4.100 kg/cm^2

A_e : Luas efektif penampang ($0,85 \times A_n$)

$\phi_t \cdot T_n$: $\Phi_t \times f_y \times A_e$

: $0,85 \times 4.100 \times 0,85 \times 66,7$

: $197.582,1 \text{ kg}$

Dari hasil kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu :

$\phi_t \cdot T_n$ $197.582,1 \text{ kg}$

Maka :

$\phi_t \cdot T_n \geq P_u$

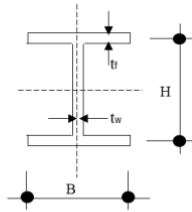
$197.582,1 \text{ kg} \geq 30.061,3 \text{ kg} \text{Profil Aman}$

4.8.2 Perencanaan Ikatan Angin Diagonal Tekan

Hasil dari Analisa SAP 2000 di dapat gaya aksial sebagai berikut:

P_u maks : 20.045 kg Batang Tekan

Dicoba Profil DIN-20



H	:	200	mm	I_x	:	5.950	cm^4
B	:	200	mm	I_y	:	2.140	cm^4
tf	:	16	mm	i_x	:	8,48	cm
tw	:	10	mm	i_y	:	5,1	cm
A	:	82,7	cm^2	W_x	:	595	cm^3
G	:	64,9	Kg/m'	W_y	:	214	cm^3
S_x	:	337	cm^3				

Syarat kekakuan nominal batang tekan berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

ϕ_c : 0,85 (Faktor resistensi untuk batang tekan)

P_n : Kekuatan nominal batang tekan

P_u : Beban layanan terfaktor

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

P_n : $A_g \times F_{cr}$

Dimana :

A_g : Luas penampang

f_{cr} : tegangan kritis

Nilai f_{cr} tergantung pada parameter λ_c

Menghitung radius girasi (r)

$$r_x : \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} : \sqrt{\frac{5950}{64,9}} : 9,57 \text{ cm}$$

$$r_y : \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} : \sqrt{\frac{2140}{64,9}} : 5,74 \text{ cm}$$

Menghitung parameter kerampingan

$$\lambda_c : \frac{K \times L}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 \times E_s}} : \frac{1 \times 943}{5,74} \sqrt{\frac{4100}{3,14^2 \times 2100000}} : 2,318 \text{ cm}$$

K : Faktor Panjang sendi-sendi 1

L : Panjang batang

$f_y : 4.100 \text{ kg/cm}^2$

$E_s : \text{Modulus elastisitas baja } 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

Menghitung tegangan kritis penampang (F_{cr}) (plastis)

Untuk $\lambda_c \leq 1,5$ $f_{cr} : (0,658^{\lambda_c}) f_y$

$f_{cr} : 0,658^{2,318} \times 4100$

$: 1.553,8 \text{ kg/cm}^2$

Maka : $\phi_c \cdot P_n > P_u$

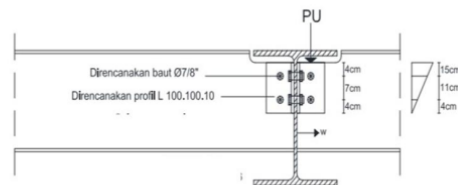
$\phi \times f_{cr} \times A_g \geq P_u$

$0,85 \times 1.553,8 \times 64,9 \geq 20.044,9 \text{ kg}$

$85.712,65 \text{ kg} \geq 20.044,9 \text{ kg} \dots \text{Profil Aman}$

4.9 Perencanaan Sambungan

4.9.1 Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang



Gambar 4. 7 Sambungan Gelagar Memanjang

Dipencanakan menggunakan baut ϕ

ϕ baut $5/8''$: 1,9 cm

ϕ Lubang (db)+0,2 : 2,1 cm

Tebal Plat : 2 cm

F_{ub} (kuat Tarik) : 10.555 kg/cm^2

F_u : 550 mpa

V_u gelagar memanjang : 3.402 kg

Luas A_b : $0,25 \times 3,14 \times db^2$: $2,833 \text{ cm}^2$

ϕ : 0,75

Sambungan irisan tunggal

Kekuatan Tarik desian

$\phi \cdot R_n$: $\phi \times (0,75 \times f_{ub}) \times A_b$

$: 0,75 \times (0,75 \times 10.555) \times 2,833$

$: 16.825,657 \text{ Kg}$

1
Kuat geser desain

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal

m : 1

Ø : 0,65

Ø.Rn : Ø x (0,60 x Fub) x m x Ab

: 0,65 x 0,60 x 10.555 x 1 x 2,833

: 11.665,789 kg

Kekuatan tumpuan desain

Perhitungan kekuatan tumpuan desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang di sambung. Dalam hal ini ketebalan plat t_w yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar memanjang yaitu $t_w = 11 \text{ mm} = 1,1 \text{ cm}$

Ø.Rn : Ø x (2,4 x d x t x Fu)

: 0,75 x 2,4 x 1,9 x 1,1 x 5.500

: 20.691 kg

11
Kuat Nominal

Tn : 0,6 x fy x Aug

: 0,6 x 4.100 x (1,8 x (25-1,1))

: 105.829,2 kg

> 3.402 kg ...OK

Momen Ultimate

w : 2,52 (titik perlemahan)

Mu : Pu x w

: 3.402 x 2,52

: 8.573,040 kg.m

Jumlah Baut

P : 3 x D : 5,7 : 6 cm jarak minimum sumbu baut

n : $\sqrt{\frac{6 \times Mu}{R \times P}}$; $\sqrt{\frac{6 \times 8573,040}{11665,789 \times 6}}$: 5,143 = 6 Baut

1
Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

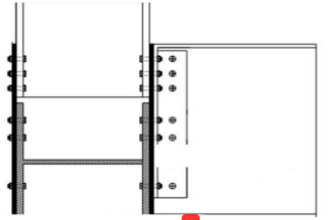
Ø.Rn > Rut

Rut : Pu / n

: 3.402 / 6

: 8.567 kg < 11.665,79 kg ..OK

4.9.2 Sambungan Gelagar dan Balok Induk



Gambar 4. 8 Sambungan Gelagar Melintang

Direncanakan menggunakan baut $\emptyset$

$\emptyset$ baut 5/8" : 1,9 cm

$\emptyset$ Lubang (db)+0,2 : 2,1 cm

Tebal plat : 2 cm

Fub (kuat Tarik) : 10.555 kg/cm²

Fu : 550 mpa

Vu gelagar melintang : 16.980,5 kg

Luas Ab : 0,25 x 3,14 x db² : 2,833 cm²

$\emptyset$: 0,75

Sambungan irisan tunggal

Kekuatan Tarik desain

$$\emptyset.Rn : \emptyset \times (0,75 \times fub) \times Ab$$

$$: 0,75 \times (0,75 \times 10.555) \times 2,833$$

$$: 16.825,657 \text{ Kg}$$

Kuat geser desain

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal

m : 1

$\emptyset$: 0,65

$$\emptyset.Rn : \emptyset \times (0,60 \times Fub) \times m \times Ab$$

$$: 0,65 \times 0,60 \times 10.555 \times 1 \times 2,833$$

$$: 11.665,789 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpuan desain

Perhitungan kekuatan tumpuan desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang di sambung. Dalam hal ini ketebalan plat t_w yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar melintang yaitu $t_w = 18 \text{ mm} = 1,8 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}\phi R_n &: \phi \times (2,4 \times d \times t_w \times F_u) \\ &: 0,75 \times 2,4 \times 1,9 \times 1,8 \times 5.500 \\ &: 33.858 \text{ kg}\end{aligned}$$

11
Kuat Nominal

$$\begin{aligned}T_n &: 0,6 \times f_y \times A_g \\ &: 0,6 \times 4.100 \times (3,4 \times (75-1,8)) \\ &: 612.244,8 \text{ kg} > 16.980,5 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}\end{aligned}$$

Momen Ultimate

$$\begin{aligned}w &: 2,52 \text{ (titik perlemahan)} \\ M_u &: P_u \times w \\ &: 16.980,5 \times 2,52 \\ &: 42.790,860 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$\begin{aligned}P &: 6 \text{ cm jarak minimum sumbu baut} \\ n &: \sqrt{\frac{6 \times M_u}{R \times P}}; \sqrt{\frac{6 \times 42790,860}{11430,547 \times 6}}; 11,49 = 12 \text{ Baut}\end{aligned}$$

Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

$\phi R_n > R_{ut}$

$$\begin{aligned}R_{ut} &: P_u / n \\ &: 16980,5 / 12 \\ &: 1.061,28125 \text{ kg} < 11.665,789 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}\end{aligned}$$

9.3 Sambungan Ikatan Angin Din 20

Direncanakan menggunakan baut ϕ

$$\begin{aligned}\phi \text{ baut } 5/8'' &: 1,9 \text{ cm} \\ \phi \text{ Lubang (db)+0,2} &: 2,1 \text{ cm} \\ \text{Tebal plat} &: 2 \text{ cm} \\ F_{ub} \text{ (kuat Tarik)} &: 10.555 \text{ kg/cm}^2 \\ F_u &: 550 \text{ mpa} \\ P_u \text{ max DIN 20} &: 30.061,30 \text{ kg} \\ \text{Luas } A_b : 0,25 \times 3,14 \times db^2 &: 2,833 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\emptyset : 0,75$$

Sambungan irisan tunggal

Kekuatan Tarik desain

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &: \emptyset \times (0,75 \times fub) \times Ab \\ &: 0,75 \times (0,75 \times 10.555) \times 2,833 \\ &: 16.825,657 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Kuat geser desain

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal

$$m : 1$$

$$\emptyset : 0,65$$

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &: \emptyset \times (0,60 \times Fub) \times m \times Ab \\ &: 0,65 \times 0,60 \times 10.555 \times 1 \times 2,833 \\ &: 11.665,789 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kekuatan tumpuan desain

Perhitungan kekuatan tumpuan desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang di sambung. Dalam hal ini ketebalan plat t_w yang diperhitungkan adalah ketebalan DIN 20 yaitu $t_w = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &: \emptyset \times (2,4 \times d \times t \times Fu) \\ &: 0,75 \times 2,4 \times 1,9 \times 1 \times 5.500 \\ &: 18.810 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat Nominal

$$\begin{aligned}Tn &: 0,6 \times fy \times Aug \\ &: 0,6 \times 4.100 \times (1,6 \times (20-1)) \\ &: 74.784 \text{ kg} > 30.061,3 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}\end{aligned}$$

Momen Ultimate

$$w : 2,52 \text{ (titik perlemahan)}$$

$$\begin{aligned}Mu &: Pu \times w \\ &: 30.061,3 \times 2,52 \\ &: 75.754,476 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$P : 4 \text{ cm jarak minimum sumbu baut}$$

$$n : \sqrt{\frac{6 \times Mu}{R \times P}} : \sqrt{\frac{6 \times 75754,476}{11430,547 \times 4}} : 12,48 = 13 \text{ Baut}$$

1 Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

$$\phi.Rn > R_{ut}$$

$$\begin{aligned} R_{ut} &: Pu / n \\ &: 30.061,3 / 13 \\ &: 2.312,407 \text{ kg} < 11.665,79 \text{ kg} \text{ ..OK} \end{aligned}$$

9.4 Sambungan Ikatan Angin Atas Diagonal

Direncanakan menggunakan baut ϕ

$$\phi \text{ baut } 5/8'' : 1,9 \text{ cm}$$

$$\phi \text{ Lubang (db)+0,2} : 2,1 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal Plat} : 2 \text{ cm}$$

$$F_{ub} \text{ (kuat Tarik)} : 10.555 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u : 550 \text{ mpa}$$

$$P_u \text{ Ikatan angin DIN 20} : 20.044,9 \text{ kg}$$

$$\text{Luas } A_b : 0,25 \times 3,14 \times db^2 : 2,833 \text{ cm}^2$$

$$\phi : 0,75$$

Sambungan irisan tunggal

Kekuatan Tarik desain

$$\begin{aligned} \phi.Rn &: \phi \times (0,75 \times f_{ub}) \times A_b \\ &: 0,75 \times (0,75 \times 10555) \times 2,833 \\ &: 16.825,657 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kuat geser desain

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal

$$m : 1$$

$$\phi : 0,65$$

$$\begin{aligned} \phi.Rn &: \phi \times (0,60 \times F_{ub}) \times m \times A_b \\ &: 0,65 \times 0,60 \times 10.555 \times 1 \times 2,833 \\ &: 11.665,789 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kekuatan tumpuan desain

Perhitungan kekuatan tumpuan desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang di sambung. Dalam hal ini ketebalan plat t_w yang diperhitungkan adalah ketebalan ikatan angin diagonal yaitu $t_w = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}\phi R_n &: \phi \times (2,4 \times d \times t \times F_u) \\ &: 0,75 \times 2,4 \times 1,9 \times 1 \times 5500 \\ &: 18.810 \text{ kg} \\ \text{Kuat Nominal} \\ T_n &: 0,6 \times f_y \times A_g \\ &: 0,6 \times 4.100 \times (1,6 \times (20-1)) \\ &: 74.784 \text{ kg} > 20.044,9 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}\end{aligned}$$

Momen Ultimate

$$\begin{aligned}w &: 2,52 \text{ (titik perlemahan)} \\ \mu &: P_u \times w \\ &: 20.044,9 \times 2,52 \\ &: 50.513,148 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$\begin{aligned}P &: 4 \text{ cm jarak minimum sumbu baut} \\ n &: \sqrt{\frac{6 \times \mu}{R \times P}} : \sqrt{\frac{6 \times 50513,148}{11430,547 \times 4}} : 10,19 = 11 \text{ Baut}\end{aligned}$$

Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

$\phi R_n > R_{ut}$

$$\begin{aligned}R_{ut} &: P_u / n \\ &: 20.044,9 / 11 \\ &: 1.822,263 \text{ kg} < 11.665,79 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}\end{aligned}$$

4.9.5 Sambungan Balok Induk

Direncanakan menggunakan baut ϕ

$$\begin{aligned}\phi \text{ baut } 7/8'' &: 1,9 \text{ cm} \\ T \text{ tebal plat} &: 2 \text{ cm} \\ \phi \text{ Lubang (db)+0,2} &: 2,1 \text{ cm} \\ F_{ub} \text{ (kuat Tarik)} &: 10.555 \text{ kg/cm}^2 \\ F_u &: 550 \text{ mpa} \\ P_u \text{ Batang 1} &: 174.654,6 \text{ kg} \\ \text{Luas } A_b : 0,25 \times 3,14 \times db^2 &: 2,833 \text{ cm}^2 \\ \phi &: 0,75\end{aligned}$$

Sambungan irisan tunggal

Kekuatan Tarik desain

$$\phi R_n : \phi \times (0,75 \times f_{ub}) \times A_b$$

$$: 0,75 \times (0,75 \times 10.555) \times 2,833$$

$$: 16.825,657 \text{ Kg}$$

Kuat geser desain

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal

$$m : 1$$

$$\emptyset : 0,65$$

$$\emptyset.Rn : \emptyset \times (0,60 \times Fub) \times m \times Ab$$

$$: 0,65 \times 0,60 \times 10.555 \times 1 \times 2,833$$

$$: 11.665,789 \text{ kg}$$

Kekuatan tumpuan desain

Perhitungan kekuatan tumpuan desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang di sambung. Dalam hal ini ketebalan plat t_w yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar memanjang yaitu $t_w = 13 \text{ mm} = 1,3 \text{ cm}$

$$\emptyset.Rn : \emptyset \times (2,4 \times d \times t \times Fu)$$

$$: 0,75 \times 2,4 \times 1,9 \times 1,3 \times 5.500$$

$$: 24.453 \text{ kg}$$

Kuat Nominal

$$Tn : 0,6 \times f_y \times A_{ug}$$

$$: 0,6 \times 4.100 \times (2,2 \times (34-1,3))$$

$$: 176.972,4 \text{ kg}$$

Momen Ultimate

$$w : 2,52 \text{ (titik perlemahan)}$$

$$Mu : Pu \times w$$

$$: 174.654,6 \times 2,52$$

$$: 440.129,592 \text{ kg.m}$$

Jumlah Baut

$$n : \frac{Pu \text{ batang}}{Rn} : \frac{174654,6}{11665,789} : 15 \text{ baut}$$

Jarak Baut

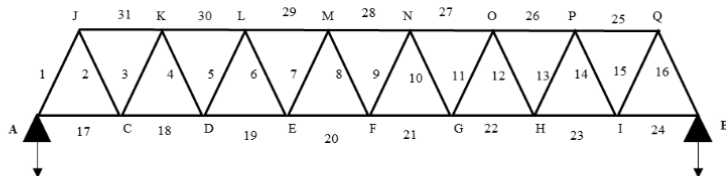
$$s : d \times 3$$

$$: 1,9 \times 3$$

$$: 5,7 = 6 \text{ cm}$$

Tabel 4. 1 Rekap Sambungan Balok Induk

Batang		Gaya Batang (Kg)		Ø.Rn	Mu	Jumlah Baut	Jarak Baut	Tebal Plat
				kg	Kg.m		Cm	Cm
D i a g o n a l	1	174654,6	Tekan	11665,789	440129,592	15,000	6,00	2,00
	2	161155,1	Tarik	11665,789	406110,852	14,000	6,00	2,00
	3	130619,7	Tekan	11665,789	329161,644	11,000	6,00	2,00
	4	111934,7	Tarik	11665,789	282075,444	10,000	6,00	2,00
	5	83121,6	Tekan	11665,789	209466,432	7,000	6,00	2,00
	6	64723,2	Tarik	11665,789	163102,464	6,000	6,00	2,00
	7	35568,5	Tekan	11665,789	89632,62	3,000	6,00	2,00
	8	17129,5	Tarik	11665,789	43166,34	1,000	6,00	2,00
	9	17129,7	Tarik	11665,789	43166,844	1,000	6,00	2,00
	10	35568,7	Tekan	11665,789	89633,124	3,000	6,00	2,00
	11	64725,6	Tarik	11665,789	163108,512	6,000	6,00	2,00
	12	83124,4	Tekan	11665,789	209473,488	7,000	6,00	2,00
	13	111926,3	Tarik	11665,789	282054,276	10,000	6,00	2,00
	14	130608,7	Tekan	11665,789	329133,924	11,000	6,00	2,00
	15	161159,4	Tarik	11665,789	406121,688	14,000	6,00	2,00
	16	174662,3	Tekan	11665,789	440148,996	15,000	6,00	2,00
B a w a h	17	44011,7	Tarik	11665,789	110909,484	4,000	6,00	2,00
	18	118800	Tarik	11665,789	299376	10,000	6,00	2,00
	19	165715,5	Tarik	11665,789	417603,06	14,000	6,00	2,00
	20	188545,7	Tarik	11665,789	475135,164	16,000	6,00	2,00
	21	188556,8	Tarik	11665,789	475163,136	16,000	6,00	2,00
	22	165752,7	Tarik	11665,789	417696,804	14,000	6,00	2,00
	23	118887	Tarik	11665,789	299595,24	10,000	6,00	2,00
	24	44137,2	Tarik	11665,789	111225,744	4,000	6,00	2,00
A t a s	25	136511,8	Tekan	11665,789	344009,736	12,000	6,00	2,00
	26	234393,4	Tekan	11665,789	590671,368	20,000	6,00	2,00
	27	293325,1	Tekan	11665,789	739179,252	25,000	6,00	2,00
	28	312925,2	Tekan	11665,789	788571,504	27,000	6,00	2,00
	29	293326,4	Tekan	11665,789	739182,528	25,000	6,00	2,00
	30	234389,2	Tekan	11665,789	590660,784	20,000	6,00	2,00
	31	136515,7	Tekan	11665,789	344019,564	12,000	6,00	2,00



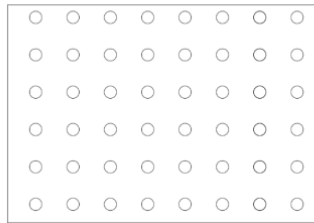
Gambar 4. 9 Notasi Gaya Batang Jembatan

4.10 Perencanaan Struktur Bawah

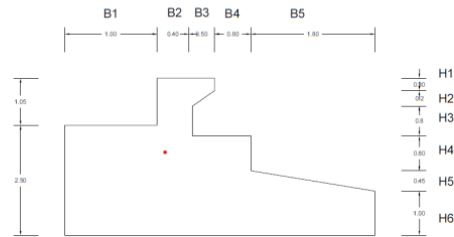
Bangunan bawah jembatan merupakan bagian struktur jembatan yang menahan atau memikul beban dari beban mati dan beban hidup konstruksi bangunan atasnya, kemudian menyalurkan beban-beban tersebut ke tanah dasar.

4.10.1 Data Struktur Bawah

Panjang Abutmen	By	: 9 m
Lebar Abutment	Bx	: 4,5 m
	B1	: 1 m
	B2	: 0,4 m
	B3	: 0,5 m
	B4	: 0,8 m
Tinggi Abutmen	B5	: 1,8 m
	H	: 3,55 m
	H1	: 0,3 m
	H2	: 0,2 m
	H3	: 0,8 m
	H4	: 0,8 m
	H5	: 0,45 m
	H6	: 1 m
	H7	: 2,5 m
	H8	: 1,05 m
Diameter Tiang Pancang		: 0,4 m
Mutu Beton		: K-350
Mutu Baja Tulangan		: 420 Mpa
Tanah Timbunan		
Berat Volume, W_s		: 17,2 kN/m ³
Sudut Gesek		: 35
Kohesi	c	: 0 kPa
Tanah Asli (Didasar Pile Cap)		
Berat Volume, w_s		: 18 kN/m ³
Sudut gesek		: 28
Kohesi	c	: 15 kpa



Gambar 4. 10 Denah Rencanana Abutmen



Gambar 4. 11 Tampak Samping Abutment

4.11 Analisa Pembebanan

4.11.1 Berat Sendiri

4.11.1.1 Beban Sendiri Struktur Atas

Slab	: 7 x 0,3 x 40 x 1 x 2500	: 210.000	kg
Trotoar	: 0,5 x 0,5 x 40 x 2 x 2500	: 50.000	kg
Gelagar Memanjang	: 5 x 40 x 91,1	: 18.220	Kg
Gelagar melintang	: 8 x 9 x 261	: 18.792	kg
Balok Induk Bawah	: 5 x 16 x 137	: 10.960	kg
Balok Induk Atas	: 5 x 14 x 137	: 9.590	kg
Balok Induk Diagonal	: 5,86 x 32 x 137	: 25.690,24	kg
Ikatan Angin Atas A	: 8 x 8 x 64,9	: 4.153,6	kg
Ikatan Angin Atas B	: 9,69 x 14 x 64,9	: 8.804,334	kg
Total berat sendiri struktur atas	Wms	: 356.210,174	kg
Beban pada abutment akibat berat sendiri struktur atas			

$$P_{MS} : 1/2 \cdot W_{MS} : 178.105,087 \text{ kg}$$

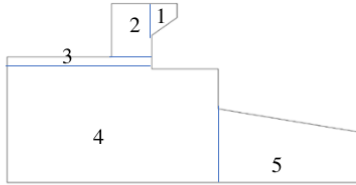
Eksentrisitas beban terhadap pondasi,

$$e : (-bx/2) + b1 + b2 + ((b3 + b4)/2) : -0,2 \text{ m}$$

Momen pada pondasi akibat berat sendiri struktur atas,

$$M_{MS} : P_{ms} \times e : -35.621,017 \text{ kg.m}$$

4.11.1.2 Berat Sendiri Struktur Bawah



Bagian 1	: $0,5 \times ((0,3+0,2)/2) \times 9 \times 2.500$	: 2.812,5	kg
Bagian 2	: $0,4 \times 1,05 \times 9 \times 2.500$	: 9.450	kg
Bagian 3	: $1,4 \times 0,25 \times 9 \times 2.500$	: 7.875	kg
Bagian 4	: $2,7 \times 2,25 \times 9 \times 2.500$	: 136.687,5	kg
Bagian 5	: $1,8 \times ((0,45+1)/2) \times 9 \times 2.500$	: 29.362,5	kg
Bagian 6	: $1 \times 1,05 \times 9 \times 17,2 \times 100$	: 16.254	kg
		$P_{ms} : 179.599,4$	kg
Bagian 1	: $1 \times 0,25 \times 2.812,5$	: 703,125	kg.m
Bagian 2	: $1 \times 0,525 \times 9.450$	: 4.961,25	kg.m
Bagian 3	: $1 \times 0,125 \times 7.875$	: 984,375	kg.m
Bagian 4	: $1 \times 1,125 \times 136.687,5$	: 153.773,4	kg.m
Bagian 5	: $1 \times 0,725 \times 29.362,5$	: 5.321,953	kg.m
Bagian 6	: $1 \times 0,525 \times 16.254$	: 8.533,35	kg.m
		$M_{ms} : 179.599,4$	kg.m

Total beban akibat berat sendiri

$$P_{ms \text{ tot}} : P_{ms} \text{ Struktur Atas} + P_{ms} \text{ Struktur Bawah} : 380.546,587 \text{ kg} : 3.805,465 \text{ kN}$$

$$M_{ms \text{ tot}} : M_{ms} \text{ Struktur atas} + M_{ms} \text{ Struktur Bawah} : 143.978,4 \text{ kg.m} : 1.439,784 \text{ kN.m}$$

4.11.2 Beban Mati Tambahan (MA)

Ralling	: $40 \times 4 \times 5,09$	: 814,4	kg
Utilitas	: $40 \times 2 \times 5,09$	: 407,2	kg

$$W_{MA} : 1.221,6 \text{ kg}$$

Beban pada abutment akibat berat sendiri struktur tambahan

$$P_{MA} : 1/2 \times W_{MA} : 610,8 \text{ kg} : 6,108 \text{ kN}$$

Eksentrisitas beban terhadap pondasi,

$e : (-bx/2) + b1 + b2 + ((b3 + b4)/2) : -0,2 \text{ m}$
Momen pada pondasi akibat berat sendiri struktur tambahan

$M_{MA} : P_{MA} \times e : -122,16 \text{ kg.m} : -1,22 \text{ kN.m}$

4.11.3 Tekanan Tanah

Pada bagian tanah di belakang dinding abutment yang dibebani lalu-lintas, harus diperhitungkan adanya beban tambahan yang setara dengan tanah setebal 0,60 m yang berupa beban merata ekuivalen beban kendaraan pada bagian tersebut. Tekanan tanah lateral dihitung berdasarkan harga nominal dari berat tanah (w s), sudut gesek dalam (ϕ) dan kohesi (c) dengan :

$W_s' : W_s$

$\Phi' : \tan^{-1}(K_{\phi}^R \cdot \tan \Phi)$ dengan faktor reduksi untuk $\Phi' K_{\phi}^R : 0,7$

$C' : K_c^R \cdot c$ dengan faktor reduksi untuk $c' K_c^R : 1$

koefisien tekanan tanah aktif $K_a : \tan^2(45^\circ - \Phi'/2)$

berat tanah $ws : 17,2 \text{ kn/m}^3$

sudut gesek dalam $\Phi : 35^\circ$

kohesi $c : 0 \text{ kPa}$

Tinggi total abutment $H : 3,55 \text{ m}$

Lebar abutment $B_y : 9 \text{ m}$

Beban merata akibat berat timbunan tanah setinggi 0.60 m yang merupakan ekuivalen beban kendaraan :

$0.60 \cdot w_s : 10,32 \text{ kpa}$

$\Phi' : \tan^{-1}(K_{\phi}^R \cdot \tan \Phi) : 0,32025 \text{ rad} : 18,3491^\circ$

$K_a : \tan^2(45^\circ - \Phi'/2) : 0,521136$

NO	GAYA AKIBAT TEKANAN TANAH	T_{TA} (kN)	LENGAN thd. O	y (m)	M_{TA} (kNm)
1	$T_{TA} = (0.60 \cdot W_s) \cdot H \cdot K_a \cdot B_y$	171,83	$y = h/2$	1,775	305,000
2	$T_{TA} = 1/2 \cdot H^2 \cdot W_s \cdot K_a \cdot B_y$	508,33	$y = h/3$	1,183	601,528
T_{ta}		680,16	M_{TA}		906,528

4.11.4 Beban Lajur "D" (TD)

$q : 9,0 \text{ kPa}$ untuk $L \leq 30 \text{ M}$

$q : 9,0 \times (0.5 + 15/L) \text{ kPa}$ untuk $L < 30 \text{ M}$

Untuk panjang bentang, $L : 40 \text{ m}$

$q : 9,0 \times (0.5 + 15/L) : 7,88 \text{ kPa}$

KEL mempunyai intensitas, $P : 50 \text{ kN/m}$

s : 1,75 m (jarak gelagar memanjang)

Faktor beban dinamis (dynamic load allowance) untuk KEL diambil sebagai berikut :

DLA : 0,4 Untuk $L \leq 50$

DLA : $0,4 - 0,0025 \times (L - 50)$ Untuk $50 < L < 90$ m

DLA : 0,3 Untuk $L \geq 90$ m

L : 40 m

B (lebar lajur) : 7 m

Besar beban lajur "D":

$W_{TD} : q \times L \times (5,5 + b) / 2 + p \times DLA \times (5,5 + b) / 2 : 2.093,73 \text{ kn}$

Beban pada abutment akibat beban lajur

$P_{TD} : 1/2 \times W_{TD} : 1.046,875 \text{ kN}$

Eksentrisitas beban terhadap pondasi,

$e : (-bx / 2) + b1 + b2 + ((b3 + b4) / 2) : -0,2 \text{ m}$

Momen pada pondasi akibat beban lajur

$M_{TD} : P_{TD} \times e : -209,375 \text{ kn.m}$

4.11.5 Beban Pejalan Kaki (TP)

Untuk $A \leq 10 \text{ m}^2$: q: 5 kPa

Untuk $10 \text{ m}^2 < A \leq 100 \text{ m}^2$ q: $5 - 0,033 \times (A - 10)$

Untuk $A > 100 \text{ m}^2$ q: 2 kPa

L : 40 m

B2 : 0,5 m

n : 2

Luas bidang trotoar A : $b2 \times L / 2 \times n : 20 \text{ m}^2$

Beban merata $Q_{TP} : 5 - 0,033 \times (A - 10) : 4,67 \text{ kPa}$

Beban pada abutment akibat beban pejalan kaki

$P_{TP} : A \times Q_{TP} : 93,4 \text{ Kn}$

Eksentrisitas beban terhadap pondasi,

$e : (-bx / 2) + b1 + b2 + ((b3 + b4) / 2) : -0,2 \text{ m}$

Momen pada pondasi akibat beban lajur

$M_{TP} : P_{TP} \times e : -18,68 \text{ kg.m}$

4.11.6 Gaya Rem (TB)

Gaya rem : 5,393 kn

Lengan terhadap pondasi

$Y_{tb:H}$: 3,55 M

Momen pada pondasi akibat gaya rem

$M_{TB}: P_{TB} \times Y_{TB}$: 19,14 kn.m

4.11.7 Pengaruh Temperatur (EU)

Temperatur maksimum rata rata T_{max} : 40 °C

Temperatur minimum rata rata T_{min} : 15 °C

$\Delta T : (T_{max} - T_{min})/2$: 12,5 °C

Koefesien muai panjang untuk beton α : 0,00001 °C

Kekakuan geser untuk tumpuan berupa elatomerik, k: 1.500 kN/m

Panjang bentang jembatan L: 40 m

Jumlah tumpuan elatomerik n: 2 Buah

Gaya akibat pengaruh temperature

$P_{ET} : \alpha \cdot \Delta T \cdot k \cdot L/2 \cdot n$: 7,5 kN

Lengan terhadap pondasi

$Y_{ET} : H_5 + H_6$: 1,45 m

momen pada pondasi akibat temperatur

$M_{ET} : T_{ET} \cdot Y_{ET}$: 10,875

4.11.8 Beban Angin (EW)

4.11.8.1 Angin yang meniup bidang samping jembatan

Gaya akibat angin yg meniup bidang samping jembatan dihitung dengan rumus:

$$TEW_1 = 0.0006 \cdot C_W \cdot (V_W)^2 \cdot A_b$$

Dimana :

C_W = koefesien seret (1,25)

V_W = kecepatan angin rencana m/det (30)

A_b = luas bidang samping jembatan (m²)

L_a : 40 m h : 5 m

L_b : 35 m l : 8 m

$A_{b1} : ((L_a + L_b)/2 \cdot h)/2$: 93,75 m²

$Tew_1 : 0,0006 \times C_w \times V_w^2 \times A_{b1}$: 63,281 kN

Lengan terhadap pondasi:

$Y_{EW1} : (h_4 + h_5 + h_6) + H_a/2$: 5,475 m

Momen pada pondasi akibat beban angin

$$M_{EW1} : T_{EW1} * Y_{EW1} : 346,464 \text{ knm}$$

11.8.2 Transfer Beban Angin ke lantai Jembatan

Beban angin tambahan yang meniup bidang samping kendaraan :

$$T_{EW} = 0.0012 * C_w * (V_w)^2 : 1,35 \text{ kN/m}$$

Beban vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi h

: 3 m diatas lantai jembatan, jarak antara roda kendaraan x : 1,75 m.

Gaya akibat tranfer beban angin kelantai jembatan,

$$P_{EW} : 2 * [1/2 * h/x * T_{EW}] * L / 2 : 46,286 \text{ kN}$$

Eksentrisitas beban terhadap pondasi,

$$e : (-bx / 2) + b1 + b2 + ((b3 + b4) / 2) : -0,2 \text{ m}$$

Momen pada pondasi akibat beban lajur

$$M_{EW} : P_{EW} * e : -9,257 \text{ kn.m}$$

4.11.9 Beban Gempa (EQ)

4.11.9.1 Beban Gempa Statik Ekivalen

Beban gempa rencana dihirung dengan rumus : $T_{EQ} = K_h * I * W_t$

dengan,

T_{EQ} : Gaya geser dasar total pada arah yang ditinjau (kN)

K_h : koefisien beban gempa horizontal

I : faktor kepentingan (1)

W_t : Berat toatal jembatan yang berupa berat sendiri dan beban mati jembatan

C : Koefisien geser dasar untuk wilayah gempa, waktu getar, dan kondisi tanah

S : Faktor tipe struktur yang berhubungan dengan kapasitas penyerapan energi gempa (daktilitas) dari struktur jembatan

Waktu getar struktur dihitung dengan rumus :

$$T : 2 * \pi * \sqrt{[W_{TP} / (g * K_P)]}$$

g : percepatan grafitasi (9.8 m/det²)

KP : Kekakuan struktur yang merupakan gaya horizontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan (kN/m)

$$W_{TP} : P_{MS} (\text{str atas}) + 1/2 * P_{MS} (\text{str bawah})$$

Beban Gempa Arah Memanjang Jembatan (arah x)

Tinggi breast wall	$L_b = h_4 =$	0,8	m
Ukuran penampang breast wall	$b = B_y =$	9,0	m
	$h = b_4 + h_5 + h_6 =$	2,3	m
Inersia penampang breast wall	$I_c = 1/12 * b * h^3$	8,543	m ⁴
Mutu beton K -350	$f_c' = 0,9 * K / 10 =$	31,50	Mpa
Modulus elastis beton	$E_c = 4700 * \sqrt{f_c'}$	26378,7	Mpa
	$E_c =$	26378685	kPa
Nilai kekakuan	$K_p = 3 * E_c * I_c / L_b^3 =$	1320423504	kn/m
Percepatan gravitasi	$g =$	9,8	m/det ²
Berat sendiri struktur atas	$P_{MS (str atas)} =$	1781,051	kn
Berat sendiri struktur bawah	$P_{MS (str bawah)} =$	2024,415	kn
Berat total struktur	$W_{TP} = P_{MS (str atas)} + 1/2 * P_{MS (str bawah)} =$	2793,258	kn
Waktu getar alami struktur	$T = 2 * \pi * \sqrt{W_{TP} / (g * K_p)} =$	0,002918	detik

kondisi tanah dasar termasuk tanah sedang . Lokasi diwilayah gempa 2 koefisien geser dasar, $C : 0,147$

Untuk struktur jembatan dengan daerah sendi palstis beton bertulang, maka faktor jenis struktur

$S : 1 \times F$ $F : 1,25 - 0,025 \times n$ dan F harus diambil > 1

Dengan ,

F : factor kerangkaan

n : jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral (2 Sendi)

Maka :

$F : 1,25 - 0,025 * n$: 1,2

$S : 1,0 * F$: 1,2

Koefisien beban gempa horizontal,

$K_h : C * S$: 0,1764

Untuk jembatan yang memuat > 2000 kendaraan / hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri dan jembatan dimana terdapat route alternatif, maka diambil faktor kepentingan.

Gaya Gempa

$T_{EQ} : K_h * I * W_t$: 0,1764 x W_t

No	Berat W_i (kN)	T_{EQ} (Kn) Kh x I x W_t	8 Uraian lengan terhadap titik O	Besar y (m)	M_{EQ} (kNm) $T_{EQ} \times y$
STRUKTUR ATAS					
P_{MS}	1781,051	314,177	$y = H$	3,55	1115,330
P_{MA}	6,108	1,077	$y = H$	3,55	3,825
ABUTMENT					
1	28	4,96125	$y_1 = h_6+h_5+h_4+h_3+(h_2*1/3)+(h_1/2)$	3,27	16,207
2	95	16,6698	$y_2 = h_7+(h_8/2)$	3,025	50,426
3	79	13,8915	$y_3 = h_7-0,25+(0,25/2)$	2,375	32,992
4	1367	241,11675	$y_4 = (h_7-0,25)/2$	1,125	271,256
5	294	51,79545	$y_5 = h_6/2+(h_5*1/3)$	0,65	33,667
Tanah					
6	162,54	28,672056	$y_6=h_7+h_8/2$	3,025	86,733
T_{EQ}		672,362	M_{EQ}		1610,436

3
Letak titik tangkap gaya horizontal gempa

Y_{EQ} : M_{EQ}/T_{EQ} : 2,395 m

Beban Gempa Arah Melintang Jembatan (arah Y)

Inersia penampang breast wall,

I_c : $1/12 \times h \times b^3$: 136,687 m⁴

Nilai kekakuan

K_p : $3 \times E_c \times I_c/L_0^3$: 21.126.776.063 kN/m

Waktu getar alami struktur

T : $2 \times \pi \times \sqrt{W_{TP}/(g \times K_p)}$: 0,0026692 Detik

Koefisien geser dasar C : 0,147

faktor tipe struktur

S : $1.3 \times F$: 1,56

Koefisien beban gempa horizontal

K_h : $C \times S$: 0,22932

Faktor kepentingan I : 1

8
Beban mati total

W_t : $P_{MS} + P_{MA}$: 3.811,574 kN

Beban gempa arah melintang jembatan

T_{EQ} : $K_h \times I \times W_t$: 874,070 kN

Momen pada pondasi akibat beban gempa

M_{EQ} : $T_{EQ} \times Y_{EQ}$: 2.093,567 kN.m

4.11.9.2 Tekanan Tanah Dinamis Akibat Gempa

Gaya gempa arah lateral akibat tekanan tanah dinamis dihitung dengan menggunakan koefisien tekanan tanah dinamis (LK_{aG}) sebagai berikut :

$$\Phi : \tan^{-1} (kh)$$

$$K_{aG} : \cos^2 (\Phi' - \Theta) / [\cos^2 \Theta \times \{ 1 + \sqrt{(\sin \Phi' \times \sin(\Phi' - \Theta)) / \cos \Theta} \}]$$

$$\Delta K_{aG} : K_{aG} - K_a$$

Tekanan tanah dinamis

$$P : H_w \times W_s \times \Delta k_{ag}$$

$$H : 3,55 \text{ m}$$

$$B_y : 9 \text{ m}$$

$$K_h : 0,22932$$

$$\Phi' : 0,32025 \text{ rad}$$

$$K_a : 0,52114$$

$$W_s : 17,2 \text{ kN/m}^3$$

$$\Theta : \tan^{-1} (K_h) : 0,225$$

$$\cos^2 (\Phi' - \Theta) : 0,991$$

$$\cos^2 \Theta \times \{ 1 + \sqrt{(\sin \Phi' \times \sin(\Phi' - \Theta)) / \cos \Theta} \} : 1,183$$

$$K_{aG} : \cos^2 (\Phi' - \Theta) / [\cos^2 \Theta \times \{ 1 + \sqrt{(\sin \Phi' \times \sin(\Phi' - \Theta)) / \cos \Theta} \}] : 0,8862$$

$$\Delta K_{aG} : K_{aG} - K_a : 0,36504$$

Gaya gempa lateral,

$$T_{EQ} : 1/2 \times H^2 \times w_s \times \Delta K_{aG} \times B_y : 356,075 \text{ kN}$$

Lengan terhadap pondasi

$$Y_{EQ} : 2/3 \times H : 2,3667 \text{ m}$$

Momen akibat gempa

$$M_{EQ} : T_{EQ} \times Y_{EQ} : 842,71 \text{ kn.m}$$

4.12 Kombinasi Beban Kerja

Tabel 4. 2 Rekap Beban

Rekap Beban		Vertikal (kN)	Horizontal (kN)		Momen (kN.m)	
No	Beban	P	T _x	T _y	M _x	M _y
1	MS	3.805,466			1.439,78	
2	MA	6,108			-1,22	
3	TA		680,16		906,53	
4	TD	1.046,875			-209,375	
5	TP	93,4			-18,68	

6	<i>TB</i>		5,393		19,147	
7	<i>EU_n</i>		874,070		10,875	
8	<i>EW</i>	46,285		63,281	-9,257	346,464
9	<i>EQ</i>		672,362	874,070	1.610,44	2.093,567
10	<i>EQ Tanah</i>		356,074		842,710	

Tabel 4. 3 Rekab Beban

Kuat 1		Faktor Beban	Vertikal (kN)	Horizontal (kN)		Momen (kN.m)	
No	Beban		P	Tx	Ty	Mx	My
1	<i>MS</i>	1,1	4.186,012			1.583,76	
2	<i>MA</i>	2	12,216			-2,44	
3	<i>TA</i>	1,25		850,21		1.133,16	
4	<i>TD</i>	1,8	1.046,875			-376,88	
5	<i>TP</i>	1,8	93,4			-33,62	
6	<i>TB</i>	1,8		9,708		34,47	
7	<i>EU_n</i>	0,416		364,195		4,531	
8	<i>EW</i>						
9	<i>EQ</i>						
10	<i>EQ Tanah</i>						
Jumlah			5.338,503	850,21	0,00	2.303,98	0

Tabel 4. 4 Kuat 2

Kuat 2		Faktor Beban	Vertikal (kN)	Horizontal (kN)		Momen (kN.m)	
No	Beban		P	Tx	Ty	Mx	My
1	<i>MS</i>	1,1	4.186,012			1.583,76	4.186,012
2	<i>MA</i>	1	6,108			-2,44	6,108
3	<i>TA</i>	1,25		680,16		1.133,16	
4	<i>TD</i>	1,4	1.046,875			-293,13	1.046,875
5	<i>TP</i>	1,4	93,4			-26,15	93,4
6	<i>TB</i>	1,4		5,39375		26,81	
7	<i>EU_n</i>	0,4167		364,195		4,53	
8	<i>EW</i>						
9	<i>EQ</i>						
10	<i>EQ Tanah</i>						
Jumlah			5.332,395	1.049,75	0	2.426,54	0

Tabel 4. 5 Kuat 3

Kuat 3		Faktor Beban	Vertikal (kN)	Horizontal (kN)		Momen (kN.m)	
No	Beban		P	Tx	Ty	Mx	My
1	<i>MS</i>	1,1	4.186,012			1.583,763	
2	<i>MA</i>	2	6,108			-2,443	
3	<i>TA</i>	1,25		680,165		1.133,160	
4	<i>TD</i>						
5	<i>TP</i>						
6	<i>TB</i>						

7	EU_n	0,4167		364,195		4,53	
8	EW	1,4	64,800		88,593	-12,96	485,050
9	EQ						
10	$EQ Tanah$						
Jumlah			4.256,92	1.044,36	88,59	2.706,05	485,05

Tabel 4. 6 Kuat 4

Kuat 4		Faktor Beban	Vertikal (kN)	Horizontal (kN)		Momen (kN.m)	
No	Beban		P	Tx	Ty	Mx	My
1	MS	1,1	4186,012			1583,763	
2	MA	2	6,108			-2,443	
3	TA	1,25		680,165		1133,160	
4	TD						
5	TP						
6	TB						
7	EU_n	0,4167		364,195		4,53	
8	EW	0,4	18,5142857		25,3125	-3,7028	138,585
9	EQ						
10	$EQ Tanah$						
Jumlah			4210,63	1044,36	25,31	2715,31	138,59

Tabel 4. 7 Kuat 5

Kuat 5		Faktor Beban	Vertikal (kN)	Horizontal (kN)		Momen (kN.m)	
No	Beban		P	Tx	Ty	Mx	My
1	MS	1,1	4186,012			1583,763	
2	MA	2	6,108			-2,443	
3	TA	1,25		680,165		1133,160	
4	TD						
5	TP						
6	TB						
7	EU_n	0,4167		364,1958833		4,53125	
8	EW						
9	EQ						
10	$EQ Tanah$						
Jumlah			4192,120	1044,361	0,000	2719,011	0

Tabel 4. 8 Ekstream I

Ekstream I		Faktor Beban	Vertikal (kN)	Horizontal (kN)		Momen (kN.m)	
No	Beban		P	Tx	Ty	Mx	My
1	MS	1,1	4186,012			1583,763	
2	MA	2	6,108			-2,443	
3	TA	1,25		680,165		1133,160	
4	TD	0,3	314,0625			-62,8125	
5	TP	0,3	28,02			-5,604	
6	TB	0,3		1,618125		5,744344	

7	EU_n						
8	EW						
9	EQ	1		672,3616307	874,0701	1610,436	2093,57
10	$EQ Tanah$	1		356,0747372		842,7102	
Jumlah			4534,203	1710,219	874,070	5104,954	2093,57

Tabel 4. 9 Ekstream II

Ekstream II		Faktor Beban	Vertikal (kN)	Horizontal (kN)		Momen (kN.m)	
No	Beban		P	Tx	Ty	Mx	My
1	MS	1,1	4.186,012			1.583,763	
2	MA	2	6,108			-2,443	
3	TA	1,25		680,165		1.133,160	
4	TD	0,5	523,4375			-104,688	
5	TP	0,5	46,7			-9,34	
6	TB	0,5		2,696875		9,573906	
7	EU_n						
8	EW						
9	EQ						
10	$EQ Tanah$						
Jumlah			4.762,258	682,861	0,000	2.610,026	0

⁸
Tabel 4. 10 Rekap Kombinasi Beban Untuk Perencanaan Tegangan Kerja

No	Beban	Tegangan	P	Tx	Ty	Mx	My
1	Kuat 1	0%	5.338,503	850,21	0,00	2.303,981	0,00
2	Kaut 2	10%	5.332,395	1.049,75	0	2.426,541	0
3	Kuat 3	20%	4.256,920	1.044,36	88,5938	2.706,051	485,050
4	Kuat 4	25%	4.210,635	1.044,36	25,3125	2.715,308	138,585
5	Kuat 5	30%	4.192,120	1.044,361	0,000	2.719,011	0
6	Ekstream I	40%	4.534,203	1.710,219	874,070	5.104,954	2.093,567
7	Ekstream II	50%	4.762,258	682,861	0,000	2.610,026	0

4.13 Kontrol Stabilitas Guling

4.13.1 Stabilitas Guling Arah X

Fondasi bore pile tidak diperhitungkan dalam analisis stabilitas terhadap guling, sehingga angka aman (SF) terhadap guling cukup diambil = 2,2. Letak titik guling A (ujung fondasi) thd. pusat fondasi :

$B_x/2$: 2,25 m

k : persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_x : Momen penyebab guling arah x

Momen penahan guling : $M_{px} = P (B_x/2) \times (1+k)$

Angka aman terhadap guling : $SF = M_{px}/M_x$ Harus $\geq 2,2$

No	Beban	Tegangan	P	Mx	Mpx	Sf	Ket
1	Kuat 1	0%	5.338,503	2.303,98	12.011,63	5,21343	OK
2	Kaut 2	10%	5.332,395	2.426,54	13.197,68	5,43889	OK
3	Kuat 3	20%	4.256,920	2.706,05	11.493,69	4,2474	OK
4	Kuat 4	25%	4.210,635	2.715,31	11.842,41	4,36135	OK
5	Kuat 5	30%	4.192,120	2.719,01	12.261,95	4,50971	OK
6	Ekstream I	40%	4.534,203	5.104,95	14.282,74	2,79782	OK
7	Ekstream II	50%	4.762,258	2.610,03	16.072,62	6,15803	OK

4.13.2 Stabilitas Guling Arah Y

Fondasi bore pile tidak diperhitungkan dalam analisis stabilitas terhadap guling, sehingga angka aman (SF) terhadap guling cukup diambil = 2.2. Letak titik guling A (ujung fondasi) thd. pusat fondasi :

$B_y/2$: 5 m

k : persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

M_x : Momen penyebab guling arah x

Momen penahan guling : $M_{py} = P (B_y/2) \times (1+k)$

angka aman terhadap guling : $SF = M_{py}/M_y$ Harus $\geq 2,2$

No	Beban	Tegangan	P	My	Mpy	Sf	Ket
1	Kuat 1	0%	5.338,503	0,000	24.023,27		
2	Kaut 2	10%	5.332,395	0,000	26.395,36		
3	Kuat 3	20%	4.256,920	485,051	22.987,37	47,3917	OK
4	Kuat 4	25%	4.210,635	138,586	23.684,82	170,903	OK
5	Kuat 5	30%	4.192,120	0,000	24.523,9		
6	Ekstream I	40%	4.534,203	2.093,567	28.565,48	13,6444	OK
7	Ekstream II	50%	4.762,258	0,000	32.145,24		

4.14 Kontrol Stabilitas Geser

4.14.1 Stabilitas Geser arah x

Parameter tanda dasar pile-cap :

Sudut geser Φ : 28

Kohesi c : 15 kPa

Ukuran dasar pile-cap

B_x : 7 m

B_y : 10 m

k : persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

T_x : gaya penyebab geser

Gaya penahan geser :

$$H : (C \times B_x \times B_y + P \times \tan \Phi) \times (1 + k) \quad \text{harus} \geq 1,1$$

No	Beban	Tegangan	P	T _x	H	Sf	Ket
1	Kuat 1	0%	850,206	5.338,503	3.446,033	4,053	OK
2	Kaut 2	10%	1.049,754	5.332,395	3.786,246	3,607	OK
3	Kuat 3	20%	1.044,361	4.256,920	3.435,791	3,290	OK
4	Kuat 4	25%	1.044,361	4.210,635	3.555,818	3,405	OK
5	Kuat 5	30%	1.044,361	4.192,120	3.698,198	3,541	OK
6	Ekstream I	40%	1.710,219	4.534,203	4.305,506	2,518	OK
7	Ekstream II	50%	682,861	4.762,258	4.895,456	7,169	OK

4.14.2 Stabilitas Geser arah Y

Parameter tanda dasar pile-cap :

Suduk geser Φ : 28

Kohesi c : 15 kPa

Ukuran dasar pile-cap

B_x : 7 m

B_y : 10 m

k : persen kelebihan beban yang diijinkan (%)

T_x : gaya penyebab geser

Gaya penahan geser :

$$H : (C \times B_x \times B_y + P \times \tan \Phi) \times (1 + k) \quad \text{harus} \geq 1,1$$

No	Beban	Tegangan	P	T _y	H	Sf	Ket
1	Kuat 1	0%	0,000	5.338,503	3.446,033		
2	Kaut 2	10%	0,000	5.332,395	3.786,246		
3	Kuat 3	20%	88,594	4.256,920	3.435,791	38,781	OK
4	Kuat 4	25%	25,313	4.210,635	3.555,818	140,477	OK
5	Kuat 5	30%	0,000	4.192,120	3.698,198		
6	Ekstream I	40%	874,070	4.534,203	4.305,506	4,926	OK
7	Ekstream II	50%	0,000	4.762,258	4.895,456		

4.15 Perhitungan Daya Dukung Pondasi

Perhitungan daya dukung pondasi untuk mendesain pondasi sebagai berikut :

Data Tanah (Kedalaman 25 m)

Nilai Konis (q_c) : 40 kg/cm²

Nilai shear Resistance (f_s) : 344 kg/cm

Diameter Tiang Pancang Ø40 cm

Luas tiang (A) $\frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2$: 1256 cm²

Keliling (Kil) $2 \times 3,14 \times r$: 125,6 cm

Angka Keamanan Pondasi (SF)

Untuk daya dukung Ujung (qc) SF1 : 3

Untuk daya dukung selimut (sf) SF2 : 5

Daya dukung 1 tiang pancang (Qa)

$$Qa : \frac{qc \times A}{SF1} + \frac{fs \times Kil}{SF2} \text{ (Sumber buku mektan, Ir.Sunggono kh, Nova hal.218)}$$

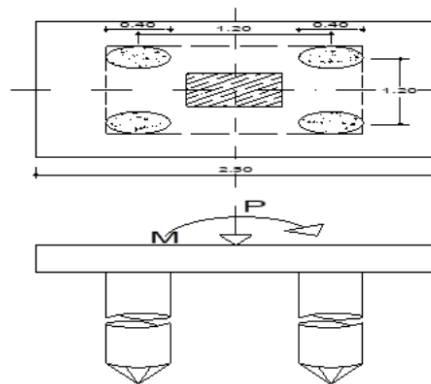
$$Qa : \frac{40 \times 1256}{3} + \frac{344 \times 125,6}{5} : 25387,95 \text{ kg}$$

Kontrol daya dukung izin (Qa) terhadap beban struktur

Jarak antara tiang pancang

Dalam perencanaan inni perencanaan menggunakan jarak 3 Ø antara as-as tiang pancang.

$$3 \text{ Ø} : 3 \times 40 : 120 \text{ cm}$$



Gambar 4. 12 Posisi tiang Pancang

Kontrol Qa

Beban P ,M dan nilai reaksi perletakan (RAV)diambil nilai yang terbesar dari rekap kombinasi beban untuk mendesain pondasi.

$$P : 533.850,3457 \text{ kg}$$

$$RAV : 170.952 \text{ kg}$$

$$P_{tot} : 533.850,3457 + 170.952 : 704.802,3 \text{ kg}$$

$$M_x : 510.495,397 \text{ kg.m}$$

$$M_y : 209.356,70 \text{ kg.m}$$

$$P_{\max} : \frac{V}{n} + \frac{M_x}{\sum X^2} + \frac{M_y \cdot X \cdot Y}{\sum Y^2} \text{ (Sumber dari buku pondasi tiang pancang jilid 2, Ir. Sardjono HS) dimana:}$$

$$\sum X^2 : 2 \times 2 \times (\frac{1}{2} \times 120)^2 : 14.400 \text{ cm}^2$$

$$\sum Y^2 : 2 \times 2 \times (\frac{1}{2} \times 120)^2 : 14.400 \text{ cm}^2$$

$$P_{\max} : \frac{V}{n} + \frac{M_x \cdot X \cdot X}{\sum X^2} + \frac{M_y \cdot X \cdot Y}{\sum Y^2}$$

$$P_{\max} = \frac{704802,3}{32} + \frac{510495,3966 \times 60,0}{14400} + \frac{209356,7048 \times 60,0}{14400}$$

$$: 25.024,46 \text{ kg} < Q_a : 25.387,95 \text{ Kg} \dots\dots \text{Aman}$$

4.16 Perencanaan Poer (PILE CAP)

4.16.1 Penulangan Pile Cap

Berat Poer : Bagian 1 + Bagian 2 + Bagian 3 + Bagian 4 + Bagian 5

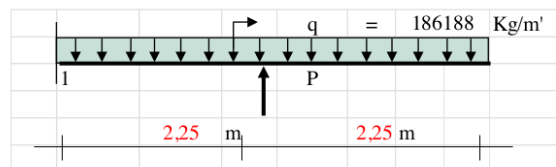
$$: 186.188 \text{ kg}$$

$$\text{Momen 1-1} : (P \times 0,3 \times \frac{2}{4}) \times (0,5 \times 186.188 \times 4,5)$$

$$: 80.077,551 \times 418.921,9$$

$$: -338.844,3231 \text{ kg.m}$$

Dari Potongan 1-1 dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4. 13 beban q dan p

Data data Penulangan Pile Cap

$$M_{xz} : M_u : -338.844,32 \text{ kg.m} : -3.388.443.231 \text{ Nmm}$$

$$\text{Dimensi Pile cap} \quad B_x : 4.500 \text{ mm}$$

$$B_y : 9.000 \text{ mm}$$

$$H : 1.000 \text{ mm}$$

$$b : 4.500 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton (d')} : 50 \text{ mm}$$

Mutu beton (fc')	: 31,2 Mpa K-350
Mutu Baja (fy)	: 420 Mpa
Tul.Pok dan bagi Ø24	: 24 mm
Tebal Efektif (d)	: 914 mm
dimana ; d = h - (d' + 0,5 Ø19 + Ø19)	
Faktor Reduksi	: 0,2
Faktor δ (tulangan tekan)	: 0,5

4.16.2 Analisa Penulangan

-Mu : -1504251374 N.mm

-k : $\frac{Mu}{\Phi . b . d^2} ; \frac{-3388443231}{639077940} : -5,302 \text{ N/mm}^2$

k : fc . ω (1 - 0,59 ω)

-6,674 : 31,2 x ω x (1 - 0,59 x ω)

18,408 x ω² - 31,2 x ω - 5,302 : 0

Untuk mendapatkan nilai ω1 dan ω2 maka digunakan rumusan ABC untuk mendapatkan nilai dari ω1 dan ω2 adalah :

Rumus :

$$\omega_{1,2} : \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a . c}}{2 . a}$$

Dimana

a : 18,408

b : -31,2

c : -5,302

ω 1 : $\frac{31,2+36,9302}{36,816} : 1,8506$

ω 2 : $\frac{31,2-36,9302}{36,816} : -0,1556$

Diambil nilai terkecil yaitu -0,1556

-ρ : ω . fc' / fy

: -0,1556 x 31,2 / 420

: -0,0116

$$\rho_{\min} : 1,4 / f_y$$

$$: 1,4 / 420$$

$$: 0,0033$$

$$\rho_b : 0,85 \times 0,85 \times (31,2 / 420) \times (600 / 600 \times 320)$$

$$: 0,0350$$

$$\rho_{\max} : 0,75 \times 0,0350$$

$$: 0,0263$$

Maka didapat $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$

Penulangan yang digunakan

$$A_s : \rho \times b \times d$$

$$: 0,0033 \times 4.500 \times 914$$

$$: 13.710,00 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan tulangan Ø 24 mm, maka jumlah tulangan yang digunakan adalah :

$$n : A_s / (0,25 \times \pi \times d^2)$$

$$: 13.710,00 / (0,25 \times 3,14 \times 24^2)$$

$$: 30,3 \approx 31 \text{ batang}$$

Menentukan Jarak antar tulangan (S)

$$S : b / n$$

$$: 4.500 / 31$$

$$: 145 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perencanaan jembatan rangka baja dengan tipe Werren pada bab sebelumnya, maka penulis dapat mengambil kesimpulan:

1. Dimensi Plat lantai kendaraan dan trotoar yang dipakai untuk perencanaan jembatan rangka baja tipe werren di Desa Seberang Pembenaan Kec. Keritang Kab. Indragiri

Hilir sebagai berikut :

Tebal plat beton	: 30 cm
Tebal trotoar	: 50 cm
Tulangan Pokok	: D24 -200
Tulangan Bagi	: D16-150

Dimensi profil baja yang di gunakan pada struktur atas jembatan sebagai berikut:

Gelagar Melintang	: DIN 75 (750 x 300 x 18 x 34)
Gelagar Memanjang	: DIN 25 (250 x 250 x 12 x 20)
Balok Induk	: DIN 34 (340 x 300 x 13 x 22)
Ikatan Angin Atas	: DIN 20 (200 x 200 x 10 x 16)

Jumlah baut yang di perlukan untuk sambungan pada struktur baja tipe Werren sebagai berikut:

a. Sambungan gelagar melintang

Ukuran baut	: 1,9 cm = 5/8"
Jumlah titik simpul	: 18
Jumlah baut tipa simpul	: 12 buah
Jumlah baut	: 12 x 18 : 216 buah

b. Sambungan gelagar memanjang

Ukuran baut	: 1,9 cm = 5/8"
Jumlah titik simpul	: 45
Jumlah baut tipa simpul	: 6 buah
Jumlah baut	: 6 x 45 : 270 buah

c. Sambungan Ikatan Angin Atas DIN 20

Ukuran baut	: 1,9 cm = 5/8"
Jumlah titik simpul	: 16
Jumlah baut tipa simpul	: 13 buah

Jumlah baut : $16 \times 13 : 208$ buah

d. Sambungan Ikatan Angin Atas Diagonal

Ukuran baut : $1,9 \text{ cm} = 5/8''$

Jumlah titik simpul : 84

Jumlah baut tipe simpul : 11 buah

Jumlah baut : $11 \times 84 : 924$ buah

2. Kontruksi struktur bawah jembatan sebagai berikut :

Diameter tiang pancang : 40 cm

Jarak as-as taing pancang : 120 cm

Kedalamam tiang pancang : 25 m

Mutu beton : K-350

Lebar abutment : 4,5 m

Panjang abutment : 9 m

Tinggi abutment : 3,55 m

Tulangan abutment : D24- 150 cm

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, Adapun saran yang dapat diambil yaitu:

1. Untuk menentukan jenis jembatan yang akan digunakan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kondisi daerah tersebut.
2. Dan juga diperlukan penelitian lebih mendalam terhadap pengaruh angin dan gempa yang dapat menyebabkan kegagalan struktur jembatan rangka baja agar dapat tahan terhadap pengaruh angin dan gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus,S. (2008). "*Perencanaan Struktur Jembatan Dengan Metode LRFD*". Erlangga : Jakarta.
- Ardiyanto.P. (2010). "Perencanaan Jembatan Banjir Kanal Timur Gayamsari Kota Malang" Tugas Akhir Mahasiswa, universitas Diponogoro.
- Bambang,S. (2007). "Jembatan". Betta Offset.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). "*Standar Pembebanan Untuk Jembatan*". Bandung Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Bridge Magement System. (1992). "*Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan*". Departemen PU Bina Marga.
- Dary,J. (2018). "*Modifikasi Perencanaan Jembatan Sipait Pekalongan Dengan Menggunakan Sistem Jembatan Busur Rangka Baja*", Tugas Akhir Mahasiswa,Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Feldi,K. (2020). "*Analisa Lendutan Rangka Batang Akibat Beban Tetap Dan Sementara Terhadap Jembatan Rangka*",Tugas Akhir Mahasiswa,Universitas Islam Riau.
- Hardiyatmo,H.C. (2011). "*Analisis Dan Perencanaan Pondasi I*". Universitas Gajah Mada : Yogyakarta.
- Hardiyatmo,H.C. (2011). "*Analisis Dan Perencanaan Pondasi II*". Universitas Gajah Mada : Yogyakarta.
- Ilham,F. (2019). "*Analisis Struktur Jembatan Sungai Kampung Tengah Kecamatan Pelayangan Kota Jambi*", Tugas Akhir Mahasiswa,Universitas Batanghari.
- Puji,A. (2010). "*Perencanaan Jembatan Banjir Kanal Timur Gayamsari Kota Malang*", Tugas Akhir Mahasiswa, Universitas Diponegoro.
- RSNI T-02. (2005). "*Pedoman Pembebanan Untuk Jembatan*".
- SNI 1725.(2016). "*Pedoman Pembebanan Untuk Jembatan*".
- RSNI-03. (2005). "*Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja*".
- Rochman,A. (2015). "Buku Ajar Dasar-Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Atas Jembatan Pelengkung Rangka Baja". Universitas Islam Sultan Agung : Semarang.
- Salmon,CG. (1992). "*Struktur Baja Desain Dan Perilaku*". Jilid III. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.
- Sardjono,HS. (1988). "*Pondasi Tiang Pancang Jilid I*". Sinar Wijaya : Surabaya.
- Sardjono,HS. (1988). "*Pondasi Tiang Pancang Jilid II*". Sinar Wijaya : Surabaya.

- Sonnica,S. (2018). "*Efek Gempa Dua Arah Dan Tiga Arah Terhadap Kapasitas Struktur Jembatan Werren*". Tugas Akhir Mahasiswa, Universitas Brawijaya.
- Struyk,HJ., et all. (1995). "*Jembatan (Terjemahan Soemargono)*". PT Pradnya Paramita : Jakarta.
- Utari,H. (2021). "*Perencanaan Struktur Bangunan Atas Jembatan Pelengkung Rangka Baja*",Tugas Akhir Mahasiswa,Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Vega,A. (2014). "*Perencanaan Ulang Bangunan Atas Jembatan Rangka Baja Tipe Parker Truss Dengan Metode LRFD Di Jembatan Trisula Tulungagung*", Tugas Akhir Mahasiswa, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Wahyudi,H. (2013). "*Daya Dukung Pondasi Dalam*",Tugas Akhir Mahasiswa,Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

1.TA Abd Rahman Firdaus Ok (1).pdf

ORIGINALITY REPORT

31 %

SIMILARITY INDEX

31 %

INTERNET SOURCES

3 %

PUBLICATIONS

8 %

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	eprints.itn.ac.id Internet Source	18 %
2	simantu.pu.go.id Internet Source	3 %
3	adoc.pub Internet Source	3 %
4	jurnal.umsb.ac.id Internet Source	1 %
5	prokons.polinema.ac.id Internet Source	1 %
6	repository.ukitoraja.ac.id Internet Source	1 %
7	www.scribd.com Internet Source	1 %
8	library.polmed.ac.id Internet Source	1 %
9	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	1 %
10	repository.its.ac.id Internet Source	1 %
11	repository.uir.ac.id Internet Source	1 %
12	Submitted to State Islamic University of Alauddin Makassar Student Paper	1 %

13

vdocuments.mx

Internet Source

1 %

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 1%